



# TENDÊNCIAS E ESTRATÉGIAS PARA A AGROINDÚSTRIA DO FUTURO

## VOL. 01

ACENINI LIMA BALIEIRO (ORG.)  
ANA PAULA COSTA CÂMARA (ORG.)  
ANNY KELLY VASCONCELOS DE OLIVEIRA LIMA (ORG.)  
ERICK VIANA DA SILVA (ORG.)  
IRIS BARBOSA DE SOUZA (ORG.)  
JOÃO PEDRO FERREIRA (ORG.)  
KRAUSE GONÇALVES SILVEIRA ALBUQUERQUE (ORG.)



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Tendências e estratégias para a agroindústria do futuro [livro eletrônico] : volume 02 / organização Acenini Lima Balieiro...[et al.].  
-- Recife, PE : Instituto Internacional Despertando Vocações, 2022.  
PDF

Vários autores.

Outros organizadores: Ana Paula Costa Câmara, Anny Kelly Vasconcelos de Oliveira Lima, Erick Viana da Silva, Iris Barbosa de Souza, João Pedro Ferreira, Krause Gonçalves Silveira Albuquerque.

Bibliografia.

ISBN 978-65-88970-26-3

DOI <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3>

1. Agroindústria 2. Biotecnologia 3. Inovação tecnológica I. Balieiro, Acenini Lima. II. Câmara, Ana Paula Costa. III. Lima, Anny Kelly Vasconcelos de Oliveira. IV. Silva, Erick Viana da. V. Souza, Iris Barbosa de. VI. Ferreira, João Pedro. VII. Albuquerque, Krause Gonçalves Silveira.

22-132650

CDD-338.1

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Agroindústria : Gestão 338.1

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

## CONSELHO EDITORIAL

### PRESIDÊNCIA

**Dr.ª Kilma da Silva Lima Viana** - Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) e Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV)

### CONSELHEIROS

**Dr. Airton José Vinholi Júnior** - Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS)

**Dr. Alexander Patrick Chaves de Sena** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

**Dr.ª Ana Patrícia Siqueira Tavares Falcão** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

**Dr. Arquimedes José de Araújo Paschoal** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

**Dr. Dewson Rocha Pereira** – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

**Dr. Edílio Raimundo Silva** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

**Dr.ª Francisca da Rocha Barros Batista** – Instituto Federal do Piauí (IFPI)

**Dr.ª Iraneide Pereira da Silva** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

**Dr. Jaime Patrício Leiva Nuñez** – Universidad de Playa Ancha (UPLA)

**Dr. Jeymesson Raphael Cardoso Vieira** – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

**Dr. José Ângelo Peixoto da Costa** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

**Dr. José Ayron Lira dos Anjos** – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

**Dr. Jose Cuauhtemoc Ibarra Gamez** – Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón (ITSON)

**Dr.ª Lastenia Ugalde Meza** – Universidad de Playa Ancha (UPLA)

**Dr.ª Renata Cristine de Sá Pedrosa Dantas** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

**Dr. Roberto Gómez Fernández** – Ministério da Educação de Luxemburgo

**Dr.ª Suzana Pedroza da Silva** – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

**Dr.ª María Trinidad Pacherrez Velasco** – Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN)

**Dr. Thales Ramon de Queiroz Bezerra** - Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

**Dr.ª Viviane da Silva Medeiros** – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

## COORDENAÇÃO EXECUTIVA

**Dr. Erick Viana da Silva** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) e Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV)

## COORDENAÇÃO ADMINISTRATIVA

**MSc. Ayrton Matheus da Silva Nascimento** – Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV)

**Mariana Almeida Ferreira Lima** – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV)

## COORDENAÇÃO TÉCNICA EDITORIAL

**Vinícius de Barros Monteiro** – Instituto Federal de Pernambuco (IFPE)

# **TENDÊNCIAS E ESTRATÉGIAS PARA A AGROINDÚSTRIA DO FUTURO**

## **VOLUME 02**

### **ORGANIZADORES**

ACENINI LIMA BALIEIRO

ANA PAULA COSTA CÂMARA

ANNY KELLY VASCONCELOS DE OLIVEIRA LIMA

ERICK VIANA DA SILVA

IRIS BARBOSA DE SOUZA

JOÃO PEDRO FERREIRA

KRAUSE GONÇALVES SILVEIRA ALBUQUERQUE

### **PREFÁCIO**

ANNY KELLY VASCONCELOS DE OLIVEIRA LIMA

### **EDITORAÇÃO E DIAGRAMAÇÃO**

MARIANA ALMEIDA FERREIRA LIMA

### **ISBN**

978-65-88970-26-3

### **DOI**

<https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3>

### **EDITORA**

INSTITUTO INTERNACIONAL DESPERTANDO VOCAÇÕES (IIDV)

## SUMÁRIO

**FORMULAÇÃO DE TABELAS NUTRICIONAIS PARA PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL COMERCIALIZADOS NA AGROFEIRA EM GARANHUNS – PE** 10

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.10-25>

**GRADUANDOS EM AGROINDÚSTRIA E SUAS PERCEPÇÕES SOBRE RESPONSABILIDADE TÉCNICA EM INDÚSTRIA DE ALIMENTOS** 26

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.26-43>

**APLICAÇÃO DE CERA DE ABELHA EM DIFERENTES TECIDOS PARA ELABORAÇÃO DE EMBALAGENS ALIMENTÍCIAS** 44

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.44-61>

**ANÁLISE DOS AMBIENTES DE CONSUMO DE PRODUTOS DE GELATERIAS/ SORVETERIAS DO MUNICÍPIO DE PARANAÍBA-MS DURANTE O PERÍODO DE PANDEMIA COVID-19** 62

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.62-78>

**DIAGNOSIS OF GOOD MANUFACTURING PRACTICES (GMP) IN ARTISANAL COALHO CHEESE PRODUCING ESTABLISHMENTS FROM SERTÃO SERGIPANO** 79

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.79-96>

**APLICAÇÃO DE CHECKLIST PARA VERIFICAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO (BPF) EM UMA INDÚSTRIA DE POLPAS DE FRUTAS LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE MANACAPURU-AM** 97

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.97-111>

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS DE PESCADOS COMERCIALIZADOS EM FEIRAS LIVRES DE GARANHUNS - PE** 112

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.112>

**GERAÇÃO DE IMAGENS SINTÉTICAS PARA A SEGMENTAÇÃO DE FOLHAS DE CAFÉ USANDO APRENDIZADO PROFUNDO** 114

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.114-131>

**FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS À BASE DE RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DE CARVÃO E DA AGROINDÚSTRIA: UMA ANÁLISE PRELIMINAR** 132

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.132-151>

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: TENDÊNCIAS EM EMBALAGENS ATIVAS PARA ALIMENTOS** 152

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.152-164>

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: LECTINAS – ASPECTOS GERAIS E SEUS BENEFÍCIOS À AGROINDÚSTRIA** 165

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.165-182>

**CARACTERIZAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA REGIÃO DO VALE DO IVINHEMA-MS UTILIZANDO A PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE** 183

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.183-196>

**INFLUÊNCIA DO GRID AMOSTRAL PARA RECOMENDAÇÃO DA NECESSIDADE DE CALAGEM EM SOLOS DO CERRADO SUL-MATOGROSSENSE** 197

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.197-211>

**TRATAMENTO DE EFLUENTES NA INDÚSTRIA DE CERVEJA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES** 212

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.212-230>

**VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO CARVÃO PARA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES E DE SOLO SUPERFICIAL: UMA REVISÃO NA PERSPECTIVA DA ECONOMIA CIRCULAR** 231

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.231-250>

**POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DOS SUBPRODUTOS ORIUNDOS DA INDÚSTRIA AVÍCOLA E SUAS APLICAÇÕES: UMA MINI-REVISÃO** 251

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.251-263>

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, SENSORIAIS E MICROBIOLÓGICAS DE QUEIJO FRESCO DE VACA COM ALGA ULVA RIGIDA** 264

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.264-284>

**ESTERIFICAÇÃO DO (-)- $\alpha$ -BISABOLOL VIA CATALISE QUÍMICA E CARACTERIZAÇÃO POR CG-EM** 285

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.285>

**SUSTENTABILIDADE E ALIMENTOS: PERCEPÇÕES DOS ALUNOS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS EM UM CAMPUS DO SEMIÁRIDO SERGIPANO** 287

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.287-300>

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE PLANTAS DANINHAS EM ÁREA DE PLANTIO DIRETO NO MUNICÍPIO DE NOVA ANDRADINA-MS** 301

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.301-315>

**APLICAÇÃO DE ADSORVENTES NA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES ORIUNDOS DE PRÁTICAS AGRÍCOLAS** 316

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.316-332>

**ECONOMIA CIRCULAR E SUSTENTABILIDADE NA AGROINDÚSTRIA: UMA REVISÃO SOBRE O USO DE CINZAS DE BIOMASSA EM MATERIAIS GEOPOLIMÉRICOS** 333

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.333-346>

**PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE HIDRÓLISE BIOLÓGICA DE RESÍDUOS DE PENAS DE FRANGO** 347

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.347-360>

**MICROPLÁSTICOS NO SOLO: UMA VISÃO GERAL** 361

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.361-375>

**A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO PARA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL: UM ESTUDO DE CASO COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO** 376

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.376-389>

**EVALUATION OF HYGIENIC AND SANITARY HABITS IN FOOD HANDLING BY CONSUMERS IN NOSSA SENHORA DA GLÓRIA – SERGIPE** 390

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.390-407>

**RELATO DE EXPERIÊNCIA DO PROJETO DE EXTENÇÃO “LEITE DE CAIXINHA: MAGIA, FEITIÇARIA OU TECNOLOGIA?”** 408

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.408-411>

## PREFÁCIO

O Congresso Internacional da Agroindústria - CIAGRO é um evento internacional, concebido no âmbito das atividades desenvolvidas no Programa Internacional Despertando Vocações para as Ciências Agrárias (PDVAgro) e realizado pelo Instituto Internacional Despertando Vocações (IIDV) que tem compromisso com a democratização do conhecimento e com uma educação de qualidade. Este evento foi idealizado e conduzido de forma online através de plataforma digital, e foi desenvolvido para um público-alvo de estudantes de cursos técnicos, de graduação e pós graduação, professores e pesquisadores, empresas, profissionais e comunidade, em geral, da área e interessados no tema.

O CIAGRO 2022 trouxe como tema principal “Tendências e Estratégias para a Agroindústria do Futuro”, e através deste tema norteador teve-se a oportunidade de acompanhar vários caminhos da cadeia produtiva do alimento no cenário nacional e internacional, para hoje e também inovações para o futuro, com divulgação de conteúdos e resultados de pesquisas; estabelecendo trocas de experiências entre indivíduos do Brasil, de diferentes instituições, e do exterior; estimulando a geração de novas redes de cooperação multicêntricas entre a indústria e a área acadêmica, contribuindo com o enriquecimento na formação de estudantes e profissionais, que atuam nos diferentes setores da agroindústria em diferentes países.

O e-book do CIAGRO 2022, está dividido em capítulos, que enfatiza os diversos elos da agroindústria, evidenciando as Inovações e tecnologias emergentes, Análises de alimentos, Gestão da Agroindústria, Biotecnologia na produção de alimentos, Produção sustentável e Segurança Alimentar e Formulação e Processamento de Alimentos. São, portanto, trabalhos que trazem informações e metodologias do mais expressivo conteúdo sobre temáticas de grande importância na agroindústria mundial.

**Drª. Anny Kelly Vasconcelos de Oliveira Lima**

**Congresso Internacional da Agroindústria – CIAGRO 2022**

**EIXO**

# **GESTÃO DA AGROINDÚSTRIA**

## FORMULAÇÃO DE TABELAS NUTRICIONAIS PARA PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL COMERCIALIZADOS NA AGROFEIRA EM GARANHUNS – PE

## FORMULACIÓN DE TABLAS NUTRICIONALES PARA PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL VENDIDOS EN AGROFEIRA EN GARANHUNS - PE

## FORMULATION OF NUTRITIONAL TABLES FOR PRODUCTS OF ANIMAL ORIGIN SOLD AT AGROFEIRA IN GARANHUNS - PE

Januacele Dos Santos Vieira<sup>1</sup>; Emiliiana Souza Claudino<sup>2</sup>; Sarah Cordeiro da Silva<sup>3</sup> Glêce Milene Santana Gomes<sup>4</sup>; Iris Barbosa de Souza<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.10-25>

### RESUMO

A Feira Territorial de Agroecologia e Agricultura Familiar (Agrofeira) é promovida pela Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE). Essa feira reúne pequenos produtores de cidades ao redor de Garanhuns que comercializam alimentos frescos (leguminosas, tubérculos, folhosos, frutas) e processados derivados de trigo, mandioca, leite de vaca e cabra. O objetivo desse trabalho foi implementar as tabelas nutricionais para os produtos de origem animal, comercializados na Agrofeira. No planejamento da pesquisa de campo foram realizadas visitas a Agrofeira a cada 15 dias para selecionar os produtos de origem animal e registrar os ingredientes de cada receita para realização das tabelas nutricionais. Os produtos selecionados foram pesados em três dias diferentes e em triplicata para padronização de cada ingrediente das formulações. Os ingredientes quantificados de acordo com as receitas de cada produto e a porção foram usadas na elaboração das tabelas nutricionais dos produtos de origem animal seguindo as Resoluções da Diretoria Colegiada 359 e 360 de 2003, a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) e a Tabela de composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil (IBGE, 2008/2009). As tabelas nutricionais foram feitas para queijo de leite de cabra maturado em vinho ou aroeira e queijo de leite de vaca com recheio (goiabada ou tomate seco com manjericão) ou condimentado (orégano, pimenta calabresa) determinando o valor energético, carboidratos, proteínas, gordura total, gordura saturada e sódio dos respectivos produtos. Ao final, as tabelas nutricionais foram apresentadas aos produtores e eles demonstraram satisfação com o resultado do trabalho e enfatizaram a importância do vínculo com a universidade. Para maior confiabilidade das informações nutricionais, sugeriu-se realizar análises laboratoriais dos produtos para quantificação mais precisa dos nutrientes, além de monitorar a produção artesanal.

**Palavras-Chave:** Feira livre, Produtos de origem animal, Tabela nutricional, Rotulagem.

### RESUMEN

La Feria Territorial de Agroecología y Agricultura Familiar (Agrofeira) es promovida por la Universidad Federal de Agreste de Pernambuco. Esta feria reúne a pequeños productores de ciudades de los alrededores de Garanhuns que venden alimentos frescos y procesados como legumbres, verduras de hoja, productos de trigo, yuca, leche de vaca y de cabra. El objetivo de este trabajo fue contribuir a la implementación de etiquetas, a través de la formulación de tablas nutricionales de productos derivados de origen animal, comercializados en Agrofeira. Se realizó una encuesta sobre los productos de origen animal comercializados en la Agrofeira. En cuanto a los productos artesanales, se pidió información sobre los ingredientes y las medidas utilizadas en las recetas. Finalmente, los productos se pesaron en tres días diferentes y por triplicado. Las tablas nutricionales fueron elaboradas de acuerdo a las Resoluciones de la Dirección Colegiada 360 de 2003 y 359 del mismo año. También se consultó la Tabla

<sup>1</sup> Engenharia de Alimentos, UFAPE, [januacelevieira@hotmail.com](mailto:januacelevieira@hotmail.com)

<sup>2</sup> Engenharia de Alimentos, UFAPE, [emilianasouzaclau@hotmail.com](mailto:emilianasouzaclau@hotmail.com)

<sup>3</sup> Engenharia de Alimentos, UFAPE, [sarahcoordeiro@gmail.com](mailto:sarahcoordeiro@gmail.com)

<sup>4</sup> Dra, UFAPE, [milene.gomes@ufape.edu.br](mailto:milene.gomes@ufape.edu.br)

<sup>5</sup> Dra, UFAPE, [iris.barbosa@ufape.edu.br](mailto:iris.barbosa@ufape.edu.br)

Brasileña de Composición de Alimentos (TACO) y la tabla de composición nutricional de los alimentos consumidos en Brasil (IBGE, 2008/2009). Las tablas nutricionales se hicieron para el queso de cabra semicurado en vino, madurado en vino durante 30 y 90 días, madurado en lentisco durante 90 días, queso de cabra madurado durante 30 días, queso relleno de guayaba, queso relleno de orégano y pimiento calabresa y queso relleno de tomate seco y albahaca. Los ingredientes se cuantificaron según cada ración preestablecida y según la legislación vigente para especificar el valor energético, los hidratos de carbono, las proteínas, la grasa total, la grasa saturada y el sodio de los respectivos productos. Al final, se presentaron las tablas nutricionales a los productores. Mostraron su satisfacción por el resultado del trabajo y destacaron la importancia del vínculo con la universidad. Para mejorar las etiquetas, se sugirió realizar análisis de laboratorio de los productos para una cuantificación más precisa de los nutrientes, además de controlar la producción artesanal.

**Palabras Clave:** Mercado callejero, productos de origen animal, tabla nutricional, etiquetado.

## ABSTRACT

The Territorial Fair of Agroecology and Family Agriculture (Agrofeira) is promoted by the Federal University of Agreste de Pernambuco. This fair brings together small farmers from towns around Garanhuns who sell fresh and processed food such as legume, leafy, products derived from wheat, cassava, goat and cow milk. The objective of this work was to contribute to the implementation of the labels, through the formulation of nutritional tables of the products derived from animal origin commercialized in Agrofeira. A survey of animal products sold at Agrofeira was conducted. As for the artisanal products, information was requested regarding the ingredients and measures used in the recipes. Finally, the products were weighed on three different days and in triplicate. The nutritional tables were developed in accordance with the Collegiate Board of Directors Resolution 360 of 2003 and 359 of the same year. The Brazilian Table of Food Composition (TACO) and the table of nutritional composition of foods consumed in Brazil (IBGE, 2008/2009) were also consulted. The nutritional tables were made for goat's cheese semi-ripened in wine, matured in wine for 30 and 90 days, matured in arueira for 90 days, goat's cheese matured for 30 days, cheese stuffed with guava, cheese stuffed with oregano and calabresa pepper and cheese stuffed with dry tomato and basil. The ingredients were quantified according to each pre-established portion and in accordance with current legislation to specify the energy value, carbohydrates, protein, total fat, saturated fat and sodium of the respective products. At the end, the nutritional tables were presented to the producers. They showed satisfaction with the result of the work and emphasized the importance of the link with the university. To improve the labels, it was suggested to perform laboratory analysis of the products for more accurate quantification of nutrients, as well as monitoring the artisanal production.

**Keywords:** Street market, Products of animal origin, Nutritional Table, Labeling.

## INTRODUÇÃO

A produção e a comercialização de produtos orgânicos no Brasil foram marcadas pela aprovação da Lei 10.831 de 23 de dezembro de 2003 e sua regulamentação pela publicação do Decreto 6.323 de 27 de dezembro de 2007 (BRASIL, 2003; 2007), porém não existem normativas que estabeleçam rotulagens nutricionais para estes produtos. Dessa forma, geram incertezas para os consumidores a respeito dos valores nutricionais destes alimentos e como estes podem ser inseridos em sua dieta.

Nesse sentido, a rotulagem nutricional dos alimentos é uma das principais ferramentas de comunicação, pela qual o consumidor pode obter informações indispensáveis para sua dieta diária. Tais informações são instrumentos de saúde pública, garantindo e auxiliando a população a tomar decisões corretas para sua alimentação (TAVARES et al., 2017).

Em 1999, tornou-se obrigatória a utilização do rótulo nutricional em produtos industrializados no Brasil, sendo determinada a partir da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) em conjunto ao Ministério da Saúde. Anos depois, foram criadas as Resoluções de Diretoria Colegiada (RDC) 259/2002 e a 360/2003 para todas as rotulagens nutricionais no país (ARAÚJO, 2017).

A rotulagem nutricional de produtos comercializados em feiras livres não é uma característica, apesar desse tipo de comércio ser regularizado. A falta de informação pode deixar dúvidas entre os consumidores a respeito da adequação desses produtos às suas dietas.

A Feira Territorial de Agroecologia e Agricultura Familiar (Agrofeira) reúne pequenos produtores advindos de cidades circunvizinhas de Garanhuns-PE, quinzenalmente, na Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE). Nessa feira, são comercializados alimentos orgânicos e frescos, tais como leguminosas e hortaliças, bem como, produtos processados de forma artesanal, como por exemplo, os derivados do trigo, mandioca, leite de cabra e vaca. Tal iniciativa tem promovido o fortalecimento da Agricultura Familiar na região, reunindo produtores e consumidores para o desenvolvimento de hábitos alimentares mais saudáveis.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi elaborar as tabelas de composição nutricional dos queijos artesanais de leite de cabra e vaca comercializados na Agrofeira.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Agroecologia

A agroecologia teve início como a ciência que visa aplicar princípios ecológicos para o estudo e manejo dos sistemas agrícolas, gerando base científica para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável. A aplicação desses conceitos deu origem a um movimento que se expandiu pelo mundo e permitiu, por meio da socialização e troca de saberes entre comunidades, o desenvolvimento de um sistema mais sustentável, dos quais participam agricultores, extensionistas, pesquisadores e demais formas de organização (IPEA, 2017).

De acordo com Santos (2018), a agroecologia defende um agroecossistema saudável que buscar manter em equilíbrio os organismos que coexistem na natureza, como as plantas, solo, nutrientes, luz solar, dentre tantos outros, buscando reduzir ao máximo ou até mesmo banindo o uso de agrotóxicos. Esta forma de cultivo visa respeitar as interações entre os próprios elementos da natureza, criando um ambiente favorável, fértil e produtivo.

O Brasil instituiu, por meio do Decreto nº 7.794 de 20 de agosto de 2012, a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO) a fim de integrar, articular e adequar

políticas, programas e ações indutoras da transição agroecológica e da produção orgânica. Além disso, a PNAPO visa contribuir para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população, por meio do uso sustentável dos recursos naturais e da oferta e consumo de alimentos saudáveis.

Conforme o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2017), a soberania alimentar e a equidade de gênero estão entre os princípios que fundamentam a prática agroecológica, uma vez que no contexto da produção alimentar, as mulheres desenvolvem sistemas mais agroecológicos nas hortas, pomares, criação de pequenos animais e na transformação caseira de produtos, preocupando-se com a qualidade dos alimentos ingeridos pela família.

### **Feiras agroecológicas e agricultura familiar**

A modernização da agricultura provocou alteração nas relações de trabalho quanto ao uso da terra e produção agrícola, trazendo benefícios aos agentes do agronegócio e dificuldades para agricultores familiares (SANTOS et al., 2014). Ainda de acordo com os autores, a produção extensiva provocou o aumento na utilização de insumos para controle de pragas, cultivo do solo, irrigação, dentre outros, causando desequilíbrio, devido a extração excessiva dos recursos naturais.

De acordo com Santos et al. (2014), a agricultura familiar é responsável pelo manejo sustentável dos solos, conservação dos recursos naturais, valorização dos saberes e independência dos pequenos produtores aos comercializarem seus produtos.

As feiras agroecológicas são o produto de um amplo processo de organização iniciado na produção agrícola e tem como base os princípios da agroecologia em seu processo organizacional, utilizados na construção de estratégias implantadas na produção e comercialização de alimentos provenientes do trabalho familiar (SANTOS 2010).

A feira é um exemplo de prática cultural que se manteve com o passar dos séculos e que indica as dinâmicas sociais no campo alimentar pelo estabelecimento de relações de comércio e consumo. As feiras são espaços que indicam dinâmicas sociais no campo alimentar, agregando a esse sistema valores e significados (CUEVA, 2019).

### **Comercialização de alimentos de origem animal em feiras agroecológicas**

A comercialização de produtos *in natura* é uma das principais características das feiras. De acordo com Ribeiro (2019) o consumo de alimento provenientes de feiras livres vem aumentando nos últimos anos, devido à busca por alimentos mais saudáveis.

A agricultura familiar, segundo Pozzebon et al. (2016) é responsável por produzir

diferentes gêneros alimentícios, e estes atendem à necessidade dos consumidores e da própria família por meio da prática do autoconsumo. No estado de Santa Catarina, por exemplo, nos últimos vinte anos, além da expansão do comércio de frutas e hortaliças, consolidou-se o movimento em torno da produção agroecológica e formação de agroindústrias familiares rurais, fazendo com que a transformação de produtos comestíveis de origem animal ou vegetal faça parte das práticas alimentares socioculturais familiares (POZZEBON et al., 2016).

Entre esses, os queijos são um dos produtos lácteos mais comercializados no Brasil e os tipos coalho e ricota estão entre os mais consumidos (Oliveira et al., 2018). Ainda conforme os autores, o comércio de queijos é de grande importância para economia regional por ser a principal fonte de renda em algumas localidades. No entanto, a falta de padronização e ausência de regulamento técnico na produção artesanal pode ser prejudicial ao controle de qualidade desses produtos.

### **Rotulagem dos alimentos**

Rótulo é toda inscrição que estiver apresentada na embalagem de um alimento, seja ela legenda, imagem, matéria descritiva ou gráfica, que esteja escrita, impressa, estampada, gravada, gravada em relevo, litografada ou colada sobre a embalagem do alimento (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002). Para que esteja em conformidade com a legislação essas inscrições devem conter todas as informações obrigatórias regulamentadas pela legislação brasileira. Para as informações que estão além da obrigatoriedade, estas devem obedecer aos regulamentos para informações complementares.

A legislação brasileira de rotulagem é baseada nas determinações do *Codex Alimentarius*, principal órgão internacional responsável por estabelecer normas sobre segurança e rotulagem de alimentos. No Brasil, o órgão responsável por fiscalizar a produção, comercialização e normatizar a rotulagem é a Agência de Vigilância Sanitária ligada ao Ministério da Saúde (CÂMARA et al., 2008).

A rotulagem se aplica a todo alimento embalado na ausência do cliente, pronto para ser oferecido aos consumidores, destinado ao comércio nacional ou internacional, qualquer que seja sua origem. Para o consumidor, a rotulagem deverá fornecer informações corretas, claras e precisas sobre o produto, como assegurado no Código de Defesa do Consumidor (CDC, Lei nº 8.078, 11 de setembro de 1990, artigo 6º), apresentando suas características, quantidade, composição química e nutricional, prazos de validade, origem, entre outros dados, bom como sobre os riscos que possam apresentar à saúde e segurança dos consumidores.

## **Rotulagem nutricional**

A Resolução ANVISA RDC 360/03 - REGULAMENTO TÉCNICO SOBRE ROTULAGEM NUTRICIONAL DE ALIMENTOS EMBALADOS torna obrigatória a rotulagem nutricional baseada nas regras estabelecidas com o objetivo principal de atuar em benefício do consumidor e evitar obstáculos técnicos ao comércio. Essa resolução define que rotulagem nutricional é toda descrição destinada a informar ao consumidor sobre as propriedades nutricionais de um alimento.

Conforme indica a resolução citada anteriormente, a rotulagem nutricional irá compreender a declaração de valor energético, declaração propriedades nutricionais e de nutrientes, como carboidratos, açúcares, fibra alimentar, proteínas e gorduras. É obrigatório declarar também a quantidade de qualquer outro nutriente que se considere importante para manter um bom estado nutricional, segundo exijam os Regulamentos Técnicos específicos.

As informações nutricionais referem-se ao produto na forma como está exposto à venda e devem ser apresentadas em porções, e medidas caseiras correspondentes, devendo conter ainda o percentual de valores diários para cada nutriente declarado, conforme preconiza a RDC Nº 359/03 - REGULAMENTO TÉCNICO DE PORÇÕES DE ALIMENTOS EMBALADOS PARA FINS DE ROTULAGEM NUTRICIONAL.

De acordo com Araújo (2017), os rótulos são um arcabouço normativo e informativo quanto às propriedades de nutricionais de um alimento, sendo assim veículo de segurança alimentar e nutricional, de garantia de saúde pública e de direto à alimentação com segurança e qualidade.

## **Rotulagem nutricional de queijos artesanais**

É frequente encontrar inconformidades em alimentos de origem animal comercializados no Brasil, por não apresentar, na maioria das vezes, embalagens que estejam de acordo com a legislação vigente no que se refere a informações na rotulagem (COSTA et al., 2020).

Em estudo realizado por Visotto et al. (2011) na avaliação da rotulagem de queijo minas frescal, 18% dos rótulos das amostras consideradas industrializadas estavam em desacordo com a Resolução nº 360/03, que se aplica a rotulagem nutricional de alimentos embalados. Em pesquisa feita por Santos et al. (2016), quanto a rotulagem nutricional do queijo coalho comercializado em Pernambuco observou-se que 50% dos queijos analisados eram comercializados sem qualquer informação nutricional.

De acordo com a Portaria nº 146/1996, referente ao regulamento técnico de identidade e qualidade de queijos, deve ser aplicada a legislação específica quanto à rotulagem desses

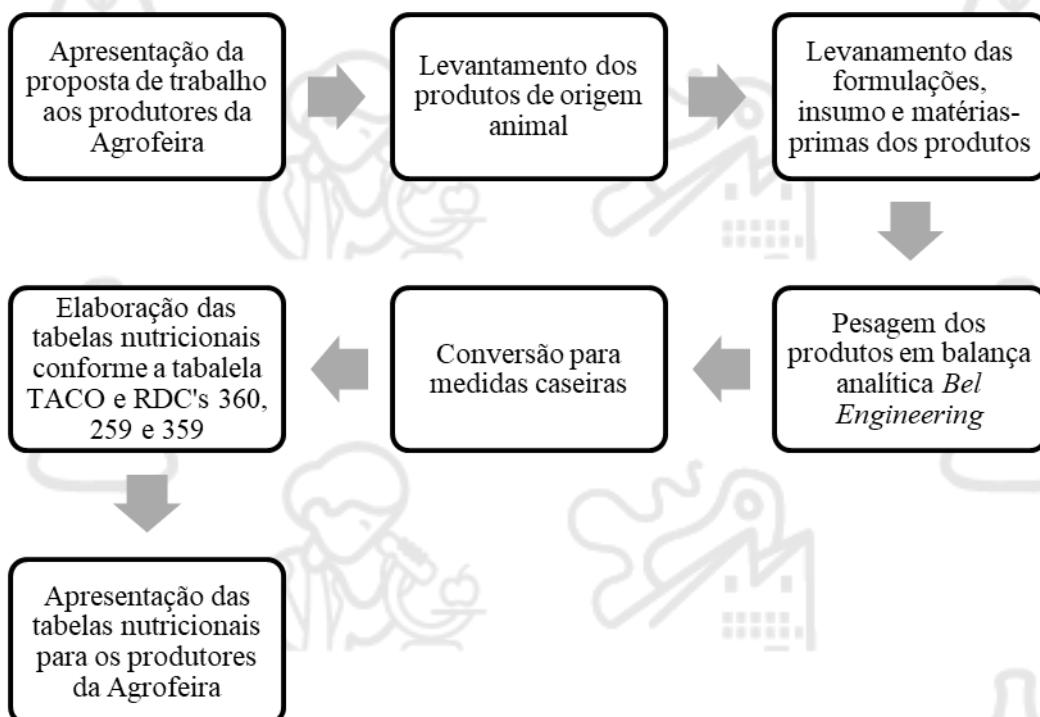
produtos.

Os alimentos são obrigados a apresentar na rotulagem as seguintes informações nutricionais: valor energético, carboidratos, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibra alimentar e sódio. Facultativamente pode ser declarada a quantidade de qualquer outro nutriente que se considere importante ou que seja exigido em regulamentos técnicos específicos. As vitaminas e os minerais, devem ser declaradas sempre e quando estiverem presentes em quantidade igual ou maior a 5% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) por porção indicada no rótulo.

## METODOLOGIA

A pesquisa de campo foi desenvolvida no período de setembro a dezembro de 2019, através de visitas periódicas a cada 15 dias à Agrofeira, que ocorreu na antiga Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG), emancipada para Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE). O trabalho foi organizado e planejado com a participação dos feirantes seguindo as etapas, conforme apresentado no Fluxograma 1.

**Figura 01:** Fluxograma de atividades de campo para construção das tabelas nutricionais dos produtos de origem animal comercializados na Agrofeira



Fonte: Própria (2019).

Na apresentação da proposta de trabalho na Agrofeira foram identificados dois produtores que processam alimentos de origem animal. Ambos os produtores têm a vocação de usar o leite para produção de queijos artesanais, um deles à base de leite de cabra e outro de leite de vaca.

Os queijos de leite de cabra eram comercializados após processo de maturação artesanal diferenciado (vinho ou aroeira) e os queijos oriundos de leite de vaca eram frescais recheados (goiabada) ou condimentados (pimenta, orégano, manjericão). Os diferentes tipos de queijos estão descritos e codificados, como podem ser vistos na Tabela 1, e serão assim referidos no decorrer deste trabalho.

**Tabela 01:** Queijos artesanais de leite de cabra e vaca em diferentes formas de processamento

<b>Queijos artesanais de leite de cabra maturados</b>	<b>Código</b>
Semi maturado no vinho	SMV
Maturado 30 dias no vinho	MV30
Maturado 90 dias no vinho	MV90
Natural maturado 30 dias	NM30
Maturado 90 dias na aroeira	MA90

<b>Queijos artesanais de leite de vaca recheados ou condimentados</b>	
Queijo frescal com recheio de goiabada	QRG
Queijo frescal com adição de orégano e pimenta calabresa	QOPC
Queijo frescal com adição de manjericão e tomate seco	QTSM

**Fonte:** Própria (2021).

Quanto a pesagem dos queijos, esta etapa foi realizada em triplicata e duas repetições, correspondentes aos dias de disponibilidade dos produtos de feira. Para calcular o desvio padrão entre os resultados obtidos de cada pesagem, utilizou-se o programa estatístico *Minitab* 2017. A partir desses resultados, foram elaboradas as tabelas nutricionais para os queijos de leite de cabra e vaca.

Os ingredientes, descritos pelas formulações dos queijos de leite de cabra e vaca, foram quantificados de acordo com a porção pré-estabelecida de 30 gramas, em concordância com a RDC 359/2003 para a formulação de queijos. Com base nessa porção, especificou-se os

seguintes valores nutricionais, valor energético, carboidratos, proteínas, gorduras totais, gordura saturada e sódio, para os queijos avaliados.

O modelo de tabela para apresentação dos valores nutricionais foi escolhido conforme RDC 360/2003.

As tabelas nutricionais foram elaboradas com base na Instrução Normativa 22/2005, que regulamenta os produtos de origem animal embalados; a Portaria 146/1996, relacionada aos padrões de identidade e qualidade dos produtos lácteos; e a Portaria 352/1997, relacionada ao padrão de identidade e qualidade de queijo minas frescal. Também, foram consideradas como referência os dados das análises de alimentos publicados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), Tabela de Composição Nutricional dos Alimentos Consumidos no Brasil (IBGE, 2008/2009) e informações do Manual de Rotulagem de Produtos Animais (SISP, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram elaboradas cinco tabelas nutricionais para os queijos artesanais de leite de cabra e três para os de leite de vaca.

As tabelas nutricionais foram padronizadas, para todos os queijos avaliados, seguindo o modelo vertical A, conforme exemplificado no Quadro 1.

**Quadro 01:** Tabela de composição nutricional do queijo de cabra semi maturado no vinho

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de 30 g (1 fatia)		
	Quantidade por porção	% VD (*)
Valor Energético	199 Kcal = 837 KJ	10
Carboidratos (g)	14	5
Proteínas (g)	10	14
Gorduras Totais (g)	11	21
Gorduras Saturadas (g)	8	35
Sódio (mg)	145	6
Não contém quantidades significativas de fibra alimentar e gorduras trans.		

(\*) % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Fonte: Própria (2021).

A composição nutricional entre os queijos de leite de cabra comercializados na Agrofeira está descrita na Tabela 2.

**Tabela 02:** Composição nutricional dos queijos de leite de cabra por porção de 30g

	SMV	MV30	MV90	NM30	MA90
<b>Valor Energético (Kcal)</b>	195 ± 26,17	199 ± 6,36	284 ± 6,36	193 ± 5,66	288 ± 1,41
<b>Carboidratos (g)</b>	13 ± 1,41	13 ± 0,00	19 ± 1,41	12 ± 0,70	16 ± 3,53
<b>Proteínas (g)</b>	10 ± 1,41	11 ± 1,41	15 ± 0,70	10 ± 0,00	15 ± 0,00
<b>Gorduras Totais (g)</b>	11 ± 2,12	11 ± 0,70	17 ± 1,41	11 ± 0,70	17 ± 0,00
<b>Gorduras Saturadas (g)</b>	7 ± 0,70	8 ± 0,00	11 ± 0,70	7 ± 0,70	11 ± 0,00
<b>Sódio (mg)</b>	144 ± 19,80	147 ± 4,24	213 ± 9,19	142 ± 4,24	212 ± 0,70

Fonte: Própria (2021).

Segundo os resultados da Tabela 2, os queijos que permaneceram por um maior tempo de maturação, MV90 e MA90, apresentaram um maior valor energético, bem como para os teores de carboidratos, proteínas, gorduras totais e saturadas, e sódio, comparados aos queijos semi maturado e maturado durante 30 dias.

De acordo com Santos (2015), isso pode ser explicado devido a variação na composição química do leite de cabra que é altamente sazonal. Sendo assim, os principais componentes desse leite tendem a ter altas concentrações no início da lactação, baixas por um período variável, e aumentam novamente ao final da lactação.

No processo tradicional de produção de queijos maturados ocorre a fermentação láctica, a qual reduz o teor de lactose. Esse açúcar presente nos queijos também pode ser removido no soro junto com outros sólidos solúveis. No entanto, essa redução não ocorreu para os queijos de leite de cabra maturados.

No caso do queijo maturado no vinho (MV90), o aumento dos carboidratos pode ser justificado pela presença de açúcares presentes no vinho utilizado na receita. Segundo a Portaria 229/1988 os vinhos suaves podem conter entre 25 e 80 g de glicose por litro.

Comportamento semelhante foi observado para o queijo maturado na aroeira (MA90). De acordo com Vasconcelos et al (2012), os calos de aroeira-do-sertão apresentam uma concentração de açúcares redutores ( $23,62 \text{ mg g}^{-1}$ ).

Como pode-se observar na Tabela 2, o teor de proteínas para ambas as amostras, MV90 e MA90, foram semelhantes, que é característico da composição de leite em geral.

Segundo Diezhandino et al. (2015), ao avaliarem o percentual de proteínas em queijo azul Valdéon observaram que os valores não diferiram estatisticamente ao longo da maturação (de 2 a 120 dias), o que indica que com o processo de cura, o percentual de proteína não é alterado para este tipo de queijo.

Com relação às gorduras totais e saturadas dos queijos MV90 e MA90, o maior valor encontrado para o teor de gordura é decorrente da composição do leite empregado, que pode variar ao longo do ano em função da alimentação do animal, do clima, dentre outros fatores (Chaves et al., 2016).

O teor de sódio para os queijos MV90 e MA90 foi superior aos demais queijos. Esse comportamento foi compatível ao observado por Laurindo et al. (2017), em que verificaram que após a maturação de queijo de leite de cabra, houve um aumento dos conteúdos minerais, devido à perda de umidade.

Marcas de queijos de cabra não maturado, comercializadas na cidade de Garanhuns-PE, que possuem rótulo com informação nutricional, apresentam valores energéticos de 101kcal, carboidrato de 0,52g, proteína de 6,59g, gordura total 8,08g saturada 5,585g e sódio 115mg.

Além da análise da composição nutricional para os queijos de cabra, foi realizada a avaliação para os queijos de leite de vaca recheados, cujos resultados estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 03:** Tabela de composição nutricional dos queijos de leite de vaca recheados

<b>Queijos artesanais de leite de vaca</b>			
	<b>QTSM</b>	<b>QOPC</b>	<b>QRG</b>
<b>Valor Energético (Kcal)</b>	94 ± 0,70	99 ± 1,41	108 ± 1,41
<b>Carboidratos (g)</b>	7 ± 0,00	8 ± 0,00	14 ± 0,00
<b>Proteínas (g)</b>	5 ± 0,00	5 ± 0,00	4 ± 0,00
<b>Gorduras Totais (g)</b>	5 ± 0,00	5 ± 0,00	4 ± 0,00
<b>Gorduras Saturadas (g)</b>	3 ± 0,00	3 ± 0,00	2 ± 0,00
<b>Sódio (mg)</b>	63 ± 0,70	66 ± 0,70	48 ± 0,70

**Fonte:** Própria (2021).

Segundo a Tabela 3, os resultados dos queijos QTSM, QOPC e QRG não apresentaram variação entre si, uma vez que são produtos processados de forma semelhantes, diferindo quanto ao tipo de recheio. O queijo com recheio de goiabada (QRG) apresentou maior valor de carboidratos em relação aos demais. Isso porque na porção de 30g, parte do queijo foi substituída por goiabada, este doce contém aproximadamente 27g/40g de carboidrato e consequentemente houve a redução do sódio.

De acordo com a Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2001, o queijo de coalho apresenta um teor de gordura nos sólidos totais variável entre 35,0% e 60,0%. Esse produto pode ainda ser adicionado de condimentos.

As tabelas nutricionais de queijos de coalho não condimentados, encontrados em mercados de Garanhuns – PE, possuem variações quanto aos valores apresentados. Considerando 3 diferentes marcas, A, B e C tem-se, respectivamente, valor energético para uma porção de 30g: 106kcal, 91kcal e 104 kcal. O teor de carboidrato foi o mesmo entre as marcas e teores de proteína e gordura foram de 6,7 e 8,8 g para a marca A, 7,0 e 7,4g para B e 9,90g e 7,20g para a marca C.

Após a elaboração das tabelas nutricionais, os resultados foram apresentados aos produtores de queijos de leite de cabra e vaca. Esses produtores ficaram satisfeitos com os resultados e motivados a implementar os rótulos nos seus produtos artesanais. Contribuindo para construção de uma rotulagem mais informativa, para auxiliar os consumidores na escolha dos produtos, de acordo com seus hábitos alimentares, além de desenvolver uma maior confiabilidade entre produtor e consumidor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tabelas nutricionais dos queijos artesanais de leite de cabra e vaca apresentaram rótulos compatíveis com a legislação vigente, porém com características próprias aos tipos de produtos.

A satisfação dos produtores com o desenvolvimento deste trabalho enfatizou a importância da parceria entre a universidade e a sociedade.

Como sugestão para trabalhos futuros, o aprimoramento das tabelas nutricionais pode ser alcançado mediante acompanhamento e padronização do processo produtivo com análises quantitativas de todos os ingredientes das receitas dos queijos para registros dos produtos.

## REFERÊNCIAS

ANVISA. Resolução – RDC 359, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0359\\_23\\_12\\_2003.html#:~:text=1%C2%BA%20Aprovar%20o%20Regulamento%20T%C3%A9cnico,Art](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0359_23_12_2003.html#:~:text=1%C2%BA%20Aprovar%20o%20Regulamento%20T%C3%A9cnico,Art)>. Acesso em 29 de out. 2019.

ANVISA. Resolução – RDC 360, de 23 de dezembro de 2003. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-360-de-23-de-dezembro-de-2003.pdf/view>>. Acesso em 29 de out. 2019.

ANVISA. Resolução – RDC 259, de 20 de setembro de 2002. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-259-de-20-de-setembro-de-2002.pdf/view>>. Acesso em 29 de out. 2019.

ANVISA. Rotulagem de Alimentos [atualizado em 08 de maio de 2019; acesso em 29 de outubro de 2019]. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/rotulagem>>. Acesso em 29 de out. 2019.

ANVISA. Rotulagem nutricional obrigatória: manual de orientação às indústrias de Alimentos - 2<sup>a</sup> versão / Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Universidade de Brasília – Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária / Universidade de Brasília, 2005. 44p.

ARAÚJO, W. D. R. Importância, estrutura e legislação da rotulagem geral e nutricional de alimentos industrializados no Brasil. Revista Acadêmica Conecta v. 2, n. 1, p. 35-50, 2017.

BRASIL, Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8078compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078compilado.htm)>. Acesso em: 28 de abr. 2021.

BRASIL, Portaria 229, de 25 de outubro de 1988. Disponível em: <<http://www.uvibra.com.br/legislacaoportaria229.htm>>. Acesso em: 26 de mai. 2020.

BRASIL, DECRETO nº 7.794, de 20 de agosto de 2012. Disponível em: [http://www.agroecologia.gov.br/sites/default/files/publicacoes/Decreto%20n%C2%BA%207794\\_PNAPO.pdf](http://www.agroecologia.gov.br/sites/default/files/publicacoes/Decreto%20n%C2%BA%207794_PNAPO.pdf). Acesso em: 28 de abr. 2021.

BRASIL, Portaria MAPA nº 146, de 07 de março de 1996. Disponível em: <<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-mapas-146-de-07-03-1996,669.html>>. Acesso em: 28 de abr. 2021.

CÂMARA, M. C. C.; MARINHO, C. L.C.; GUILAM, M. C.; BRAGA, A. M. C. B. A produção acadêmica sobre a rotulagem de alimentos no Brasil. *Revista Panam Salud Publica*, v. 23, n. 1, p. 52–58, 2008.

CHAVES, A.C.S.D.; MONTEIRO, R.P.; FREITAS, S.C.; OLIVEIRA, A.H. e TAKEITI, C.Y. **Características físicas e químicas de queijo minas do serro com diferentes períodos de maturação.** In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2016. Resumo Expandido. Gramado, RS, FAURGS, 2016.

COSTA, H. R.; LIMA, M. L. S.; FERNNDES, M. T. M.; SOUZA, P. A. Avaliação da rotulagem de marcas de manteiga de garrafa comercializadas no município de São Vicente-RN. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 14, n. 2, p. 173-178, 2020.

CUERVO, M. R. M.; HAMANN, C.; PIZZINATO, A. Feira agroecológica enquanto comunidade de prática: redes de sociabilidade, consumo e resistência. *Revista Sociedade e Cultura*, v. 22, n. 1, p. 281-298, 2019.

DIEZHANDINO, I.; FERNÁNDEZ, D.; GONZÁLEZ, L.; McSWEENEY, P.L., FRESNO, J.M. Microbiological, physico-chemical and proteolytic changes I s Spanish blue cheese during ripening (Valdeón cheese). **Food Chemistry**, v. 168, n. 1, p. 134-141, 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Tabelas de composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil, Pesquisa de orçamentos familiares 2008/2009. Rio de Janeiro, RJ – 2011.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2017. A política nacional de agroecologia e produção orgânica no Brasil: uma trajetória de luta pelo desenvolvimento rural sustentável. 463 p. Brasília: Ipea, 2017.

LAURINDO, J.; TONIALL, I.B.; PRADO, N.V.; MORÉS, S.; CISLAGHI, F.P.C.C. Composição proximal, cor e qualidade lipídica de queijo azul e maturado. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 72, n. 3, p. 163-173, jul/set, 2017.

MACHADO, R., L. **Manual de rotulagem de alimentos.** Embrapa. Agroindústria de Alimentos Rio de Janeiro, RJ 2015.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria** 146 de 07 de março de 1996. Disponível em: <[agais.com/normas/leite/queijos.htm](http://agais.com/normas/leite/queijos.htm)>. Acesso em: 20 de nov. 2019.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura orgânica deve movimentar R\$ 2,5 bi em 2016 - 2015.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economiae-emprego/2015/10/agricultura-organica-deve-movimentar-r-25-bi-em-2016-2015>>.

movimentar-r-2-5-bi-em-2016>. Acesso em: 29 out. 2019.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura orgânica deve movimentar R\$ 4 bi em 2017 - 2018**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/mercado-brasileiro-de-organicos-fatura-r-4-bilhoes>>. Acesso em: 29 out. 2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regularização da produção orgânica**. [Acesso em 29 de outubro de 2019]. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/regularizacao-da-producao>>. Acesso em: 29 out. 2019.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; ALMEIDA, F. L. C.; FEITOSA, B. F.; FEITOSA, R. M. Caracterização de queijos artesanais comercializados em municípios do Ceará. *Revista e-Xacta*, Belo Horizonte, v. 11, n. 2, p. 55-62, 2018.

POZZEBON, L.; RAMBO, A. G.; GAZOLLA, M. As cadeias curtas das feiras coloniais e agroecológicas: autoconsumo e segurança alimentar e nutricional. *Revista Desenvolvimento em Questão*, Ijuí – RS, 2016.

RIBEIRO, G. A. Qualidade dos ovos de feiras livres do município de Uberlândia-MG. Uberlândia, 2019, 22 p. **Monografia**. Graduação em zootecnia, UFU, 2019.

SANTOS, C. F.; SIQUEIRA, E. S.; ARAÚJO, I. T.; MAIA, Z. M. G. A agroecologia como perspectiva de sustentabilidade na agricultura familiar. *Revista Ambiente e Sociedade*, v.17, n. 2, São Paulo, 2014.

SANTOS, E.V.A.C. Qualidade microbiológica e físico-química de queijo fresco de leite de cabra produzido em Cabo Verde. 2015. 141 f. **Dissertação**. Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, 2015.

SANTOS, K. L. L.; BATISTA, M. J. F.; ARAÚJO, A. M.; MOURA, M. S. C. Rotulagem nutricional do queijo de coalho de comercializado no estado de Pernambuco. In: I Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2016. *Anais do Congresso Internacional das Ciências Agrárias*, 2016.

SANTOS, M. M. Feiras agroecológicas em Uberlândia - MG: desafios e perspectivas. Uberlândia, 2018, 65 p. **Monografia**. Graduação em Geografia, UFU, 2018.

SANTOS, T. A. Agroecologia como prática social: feiras agroecológicas e insubordinação camponesa na Paraíba. São Paulo, 249 p. **Dissertação** (Geografia Humana). Departamento de Geografia, USP, 2010.

Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA (Núcleo de Estudos e pesquisas em Alimentação) – UNICAMP. - 4. ed., 161 p., revisada e ampliada. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011.

VASCONCELOS, J.N.C.; CARDOSO, N.S.N.; OLIVEIRA, L.M.; SANTANA, J.R.F.; FERNANDEZ, L.G.; BELLO KOBILITZ, M.G.; SILVA, M.L.C. Indução, caracterização bioquímica e ultra-estrutural de calos de aroeira-do-sertão (*Myracrodropon urundeuva* Fr.

All.). Rev. bras. plantas med. vol.14 no.4 Botucatu, 2012.

VISOTTO, G. V. OLIVEIRA, M. A.; PRADO, S. P. T; BERGAMINI, A. M. M. Queijo  
Minas Frescal: perfil higiênico-sanitário e avaliação da rotulagem. Revista do Instituto Adolfo  
Lutz, Ribeirão Preto - SP, 2011.

## GRADUANDOS EM AGROINDÚSTRIA E SUAS PERCEPÇÕES SOBRE RESPONSABILIDADE TÉCNICA EM INDÚSTRIA DE ALIMENTOS

## LICENCIADOS EN AGROINDUSTRIA Y SUS PERCEPCIONES SOBRE LA RESPONSABILIDAD TÉCNICA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

## UNDERGRADUATES IN AGROINDUSTRY AND THEIR PERCEPTIONS ABOUT TECHNICAL RESPONSIBILITY IN THE FOOD INDUSTRY

Marina Santos Nascimento<sup>1</sup>; Jailton Ribeiro Dos Santos Junior<sup>2</sup>; Simone Mazzutti<sup>3</sup>; Denise Ribeiro De Freitas<sup>4</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.26-43>

### RESUMO

Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de realizar uma análise diagnóstica com os graduandos do curso de Bacharelado em Agroindústria, acerca dos seus conhecimentos sobre responsabilidade técnica em indústria de alimentos. A metodologia utilizada foi de caráter descritiva por meio de um questionário online, onde foi possível visualizar os conhecimentos dos discentes sobre responsabilidade técnica em indústrias de alimentos, conselho profissional, função do MAPA e da ANVISA, conhecimentos vistos durante a graduação e perfil dos participantes. Sobre os conhecimentos acerca de responsabilidade técnica em indústria de alimentos foi possível observar que todos os percentuais de respostas foram acima de 60%, o que indica que a grande maioria dos discentes sabem o que é um responsável técnico em indústria de alimentos. Sobre o conselho profissional o percentual de 38,5% do segundo, 35,7% do terceiro e 40% do quarto ciclo afirmaram já ter ouvido falar, mas que não tem muito conhecimento sobre o assunto e quando questionados sobre qual o conselho profissional o Bacharel em Agroindústria pode ser inscrever, 7,1% do terceiro e 5,9% do quarto ciclo marcaram as duas opções de conselhos que o Bacharel em Agroindústria pode se vincular (CREA e CRQ). Sobre o papel do MAPA e da ANVISA, 38,5% do segundo, 28,6% do terceiro e 42,8% do quarto ciclo marcaram a alternativa correta. Analisando as respostas das perguntas feitas sobre os conhecimentos visto durante a graduação foi possível visualizar que todos os assuntos tiveram um percentual alto (90%) de respostas, o que ressalta que os discentes durante a graduação têm em sua grade curricular vários assuntos que são importantes para sua atuação como responsável técnico em indústrias de alimentos. Apesar disso, percebe-se que os conhecimentos sobre RT em indústria de alimentos, conselho profissional, MAPA e ANVISA pode ser mais difundido durante a graduação, agregando conhecimento e mostrando aos discentes que esse é mais um dos ramos que o profissional pode seguir logo após a conclusão do curso.

**Palavras-Chave:** Conselho Profissional, MAPA, ANVISA

### RESUMEN

Este trabajo se desarrolló con el objetivo de realizar un análisis diagnóstico con los estudiantes de la Licenciatura en Agroindustria, acerca de sus conocimientos sobre responsabilidad técnica en la industria alimentaria. La metodología utilizada fue descriptiva a través de un cuestionario en línea, donde fue posible visualizar el conocimiento de los estudiantes sobre responsabilidad técnica en las industrias de alimentos, asesoramiento profesional, el papel del MAPA y ANVISA, conocimientos vistos durante la graduación y perfil de los participantes. Se obtuvieron 62 respuestas, 13 de ellas del segundo ciclo, 14 del tercero y 35 del cuarto ciclo. Los datos se ingresaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel y se contaron en números absolutos y porcentajes, presentados en tablas o gráficos. En cuanto al conocimiento sobre responsabilidad técnica en la industria de alimentos, se pudo observar que todos los porcentajes de respuestas estuvieron por encima del 60%, lo que indica que la gran mayoría de los estudiantes conocen lo que es un responsable técnico en la industria de alimentos. Sobre el consejo

<sup>1</sup> Discente da Universidade Federal de Sergipe, [marina\\_mento@academico.ufs.br](mailto:marina_mento@academico.ufs.br)

<sup>2</sup> Mestrando da Universidade Federal Rural Do Rio de Janeiro, [junioribeirodossantos@hotmail.com](mailto:junioribeirodossantos@hotmail.com)

<sup>3</sup> Profº. Drª, Universidade Federal de Sergipe Campus do Sertão, [monemazzutti@academico.ufs.br](mailto:monemazzutti@academico.ufs.br)

<sup>4</sup> Profº. Drª, Universidade Federal de Sergipe Campus do Sertão, [deniseribeirof@academico.ufs.br](mailto:deniseribeirof@academico.ufs.br)

profesional, el 38,5% del segundo ciclo, el 35,7% del tercero y el 40% del cuarto ciclo manifestaron que habían oído hablar del mismo, pero que no tenían mucho conocimiento sobre el tema y cuando se les preguntó qué consejo profesional Licenciatura en Se puede cursar Agroindustria, el 7,1% del tercero y el 5,9% del cuarto ciclo marcaron las dos opciones de pensión a las que se puede vincular la Licenciatura en Agroindustria (CREA y CRQ). En cuanto al papel del MAPA y ANVISA, el 38,5% del segundo, el 28,6% del tercero y el 42,8% del cuarto ciclo marcaron la alternativa correcta. Analizando las respuestas a las preguntas realizadas sobre los conocimientos vistos durante la graduación, se pudo observar que todas las materias tuvieron un alto porcentaje (90%) de respuestas, lo que destaca que los estudiantes durante la graduación tienen en su plan de estudios varias materias que son importantes para su papel como director técnico en industrias alimentarias. A pesar de esto, es claro que los conocimientos sobre RT en la industria de alimentos, la asesoría profesional, MAPA y ANVISA pueden ser más difundidos durante la graduación, sumando conocimientos y mostrando a los estudiantes que ese es otro campo que el profesional puede seguir luego de la finalización de la carrera. curso.

**Palabras Clave:** Consejo Profesional, MAPA, ANVISA

## ABSTRACT

This work was developed with the objective of carrying out a diagnostic analysis with the undergraduates of the Bachelor's Degree in Agroindustry, about their knowledge about technical responsibility in the food industry. The methodology used was descriptive through an online questionnaire, where it was possible to visualize the students' knowledge about technical responsibility in food industries, professional advice, the role of MAPA and ANVISA, knowledge seen during graduation and profile of the participants. A total of 62 responses were obtained, 13 from the second cycle, 14 from the third and 35 from the fourth cycle. Data were entered into a Microsoft Excel spreadsheet and counted in absolute numbers and percentages, presented in tables or graphs. Regarding the knowledge about technical responsibility in the food industry, it was possible to observe that all the percentages of answers were above 60%, which indicates that the vast majority of students know what a technical responsible in the food industry is. About the professional council, 38.5% of the second, 35.7% of the third and 40% of the fourth cycle stated that they had heard about it, but that they did not have much knowledge on the subject and when asked which professional council Bachelor in Agroindustry can be enrolled, 7.1% of the third and 5.9% of the fourth cycle marked the two board options that the Bachelor of Agroindustry can be linked to (CREA and CRQ). Regarding the role of MAPA and ANVISA, 38.5% of the second, 28.6% of the third and 42.8% of the fourth cycle marked the correct alternative. Analyzing the answers to the questions asked about the knowledge seen during graduation, it was possible to see that all subjects had a high percentage (90%) of answers, which emphasizes that students during graduation have in their curriculum several subjects that are important for his role as technical manager in food industries. Despite this, it is clear that knowledge about RT in the food industry, professional advice, MAPA and ANVISA can be more widespread during graduation, adding knowledge and showing students that this is another field that the professional can follow soon after. the completion of the course.

**Keywords:** Professional Council, MAPA, ANVISA

## INTRODUÇÃO

Os consumidores estão cada vez mais exigentes quando se trata da escolha de alimentos, por isso é importante que as indústrias alimentícias assegurem que os alimentos produzidos não causem nenhum dano à sua saúde, garantindo a qualidade e evitando a ocorrência de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA) causadas pela ingestão de alimentos ou bebidas contaminadas com microrganismos patogênicos (BRASIL, 2013).

Assim surge a necessidade de um profissional que possa assegurar a boa qualidade dos serviços e produtos oferecidos para os consumidores, esses profissionais são chamados de

responsáveis técnicos. A Portaria nº 326 de 30 de julho de 1997 define Responsável Técnico (RT) como “o profissional habilitado a exercer atividade na área de produção de alimentos e respectivos controles de contaminantes que possa intervir com vistas à proteção da saúde”. Sendo assim, este profissional acompanha o recebimento de alimentos, armazenamento e controle de temperatura, rotulagem e embalagem. Todos esses fatores são muito importantes para que os produtos cheguem com segurança e qualidade no consumidor, levando em consideração as normas de comércio seguro (FRANÇA et al., 2020).

É determinado pela Portaria CVS nº 5 de 09 de abril de 2013, que as cozinhas industriais, serviços de nutrição, dietética hospitalares e as indústrias processadoras de alimentos devem ter um Responsável Técnico (RT) devidamente inscrito no órgão fiscalizador de sua profissão, cuja categoria profissional seja competente e regulamentada para a área de alimentos. Sendo assim, de acordo com a interpretação da RDC nº 49/2013, pode exercer a função de RT, todo profissional da área de alimentos que tiver essa atribuição na resolução normativa do conselho profissional no qual é inscrito.

O Bacharel em Agroindústria pode se vincular ao Conselho Regional de Química (CRQ) e ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA). Através da Resolução Normativa nº36 de 25/1974 do Conselho Federal de Química, pode atuar na: “Direção, supervisão, programação, coordenação, orientação e responsabilidade técnica no âmbito das atribuições respectivas”. Sendo assim, entende-se que o Bacharel em Agroindústria pode atuar como RT em indústria de alimentos. Entretanto, devido esse curso de graduação ser relativamente recente, muitas empresas ainda não têm conhecimento da existência desse profissional, além dos próprios conselhos (CRQ e CREA) ainda não terem muita aproximação com o curso, consequentemente os discentes também passam a receber poucas informações sobre essa atribuição do profissional.

Realizar uma análise diagnóstica com os graduandos do curso de Bacharelado em Agroindústria, acerca dos seus conhecimentos sobre responsabilidade técnica em indústria de alimentos.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Definição de responsável técnico e a sua importância para as indústrias de alimentos

A Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997 define RT como “O profissional habilitado a exercer atividade na área de produção de alimentos e respectivos controles de contaminantes que possa intervir com vistas à proteção da saúde”.

Os estabelecimentos relacionados à área de alimentos devem adotar, sob

responsabilidade técnica, as Boas Práticas de Produção e/ou Prestação de Serviços, Programas de Qualidade, e atender aos Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ's) para produtos e serviços na área de alimentos, em consonância com o estabelecido na presente Portaria. As Boas Práticas são as regras de procedimento para o alcance de padrões específicos de identidade e qualidade de produtos ou serviços do setor alimentício, cuja eficácia e efetividade devem ser avaliadas por meio de fiscalizações ou investigações (BRASIL, 1993).

Múltiplas indústrias de alimentos que utilizam equipamentos de tecnologia avançada ou produzem alimentos altamente manipulados requerem rígidos controles de segurança e qualidade, aproveitando ao máximo os conhecimentos do profissional RT, visto que o mercado consumidor quer pagar por aquele alimento que não apenas atenda às suas necessidades nutricionais, mas que não causará nenhum dano à saúde (CARNEIRO, 2016).

Conforme preconiza a Portaria nº 1.428/1993 o exercício da Responsabilidade Técnica deve ser feito no sentido de atender às exigências legais dos órgãos competentes, como:

- Compreensão dos componentes do Sistema APPCC;
- Capacidade de identificação e localização de Pontos Críticos de Controles (PCCs) em fluxogramas de processos;
- Capacidade de definir procedimentos, eficazes e efetivos, para os controles dos PCCs;
- Conhecimento da ecologia de microrganismos patogênicos e deterioradores;
- Conhecimento da toxicologia alimentar;
- Capacidade para selecionar métodos apropriados para monitorar os PCCs, incluindo estabelecimento de planos de amostragem e especificações;
- Capacidade de recomendar o destino final de produtos que não satisfazem os requisitos legais.

Diante disso, entende-se a importância de um RT nos serviços de alimentação, profissional que esteja capacitado para identificar fatores de risco e preveni-los, que contemplam conhecimentos de alimentação e nutrição e gestão (KETZER, 2013).

Este profissional realiza recebimento de alimentos, armazenamento e controle de temperatura, rotulagem, embalagem e controle de eficácia, controle organizacional na área de alimentos perecíveis e higiene pessoal de manipuladores, inspeção das condições sanitárias dos equipamentos, instalações e utensílios. Todos esses fatores são muito importantes para que os produtos cheguem com segurança e alta qualidade quando estiverem em exibição, levando em consideração as normas de comércio seguro (FRANÇA et al, 2020).

O RT deve utilizar métodos adequados para avaliar o risco de contaminação dos

alimentos em todas as fases da produção contidas em regulamento, e intervir quando necessário para garantir que o alimento é adequado para o consumo humano. A empresa deve fornecer as medidas de controle necessárias, o tipo de controle e supervisão exigidos dependerá do risco de contaminação na produção de alimentos. Portanto, o RT deve ter conhecimento suficiente das Boas Práticas de Produção de alimentos para ser capaz de avaliar e intervir em possíveis riscos e garantir supervisão e controle eficazes (BRASIL, 1997).

### **Importância do conselho profissional para o profissional que deseja ser responsável técnico**

Para assumir o cargo de RT em uma indústria não basta apenas a formação acadêmica, o profissional que deseja exercer esse cargo deve estar inscrito no conselho de classe profissional correspondente ao seu curso. Para isso, as Instituições de Ensino Superior (IES) a Vigilância Sanitária (VISA) e os conselhos profissionais tem papéis muito importantes, pois as IES têm a função de passar o conhecimento técnico científico para o profissional, a VISA é quem vai fiscalizar e definir leis para garantir a segurança e qualidade dos alimentos, e por último o conselho profissional tem um papel muito importante, já que para assumir o papel de RT o profissional deve estar inscrito em um conselho de acordo com a sua respectiva profissão. Essas três instituições devem estar interligadas no processo de formação de um profissional que deseja ser RT (CARNEIRO, 2016).

O conselho profissional é o órgão que tem como função fiscalizar e legalizar. Para assumir o cargo de responsável técnico, o profissional deve estar inscrito no conselho de acordo com a sua formação acadêmica, assim será feita a emissão de uma identidade profissional que habilita para o cargo de RT. Quando se trata de responsabilidade técnica de indústrias alimentícias os profissionais que são RT geralmente estão inscritos nos seguintes conselhos: Conselho Regional de Nutricionistas (CRN), Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), Conselho Regional de Química (CRQ) e Conselho Regional de Medicina Veterinária e Zootecnistas (CRMVZ).

#### **Conselho Regional de Nutricionistas (CRN)**

O Conselho Regional de Nutricionistas da 5ª Região (CRN-5) é uma entidade sem fins lucrativos que tem como objetivo defender a profissão de nutricionistas e técnicos nutricionistas da Bahia e de Sergipe, examinando e condenando a atuação antiética de profissionais e não profissionais. O CRN-5 é composto pelo esforço coletivo de diversos colaboradores e profissionais, de forma a contribuir para a construção de condutas técnicas, políticas e éticas do

exercício profissional (CRN-5, 2021).

A Resolução CFN nº 419 de 19/03/2008 determina que a Responsabilidade Técnica exercida pelo Nutricionista seja um compromisso profissional e legal no desempenho de suas atividades, em consonância com a formação profissional e os princípios éticos, e tem como objetivo prestar serviços de qualidade à sociedade (BRASIL, 2008).

### **Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA)**

Criado em 28 de maio de 1976, o CREA-SE (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Sergipe) é uma organização autoritária responsável para supervisão e fiscalização de projetos de empresas e profissionais da área e seus impactos para população sergipana, o conselho abrange os profissionais da Engenharia Civil; Geografia; Agrimensura; Engenharia Elétrica e Eletrônica, Eletrotécnica; Engenharia Industrial, Mecânica, Têxtil, Química, Naval, Aeronáutica e Metalúrgica, Agronomia, Meteorologia, Geologia, Engenharia de Minas, Engenharia Florestal, Engenharia Química, Engenharia de Segurança do Trabalho, Tecnólogos e os Técnicos de Nível Médio (CREA, 2021).

As atribuições dos engenheiros de alimentos e tecnólogos de alimentos são previstas na Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973, entre elas estão: desenvolvimentos de atividades referentes à indústria de alimentos; acondicionamento, preservação, distribuição, transporte e abastecimento de produtos alimentares; Supervisão, coordenação e orientação técnica; Desempenho de cargo e função técnica (BRASIL, 1973).

### **Conselho Regional de Química (CRQ)**

O Conselho Regional de Química da VIII Região é um órgão federal que aceita fiscalizações de órgãos de controle federal, sociedade, profissionais e empresas da área. O objetivo principal desta entidade é verificar o trabalho realizado pelos profissionais que estejam inscritos nesse conselho, de forma a garantir que os consumidores cumpram a qualidade técnica exigida pelas diversas legislações aplicáveis, garantindo assim o consumo dos produtos e serviços devidamente seguros (CRQ-8, 2021).

A Resolução Normativa nº 254, de 13 de dezembro de 2013 define Responsabilidade Técnica na Área da Química – Pelas normas estabelecidas, as funções desempenhadas por profissionais químicos legalmente habilitados envolvem a consciência profissional ética da qualidade dos produtos fabricados ou dos serviços prestados. Um químico responsável técnico é um profissional químico registrado no CRQ que atua como diretor técnico, responsável ou supervisor no laboratório de controle de qualidade e controle de processo da indústria,

fabricação de produtos químicos e serviços, e setor industrial. Produtos obtidos por meio de reações químicas dirigidas (controladas) e operações unitárias da indústria química (BRASIL, 2013).

*São profissionais da Química, nos termos da Resolução nº 198/2004 do Conselho Federal de Química, os Engenheiros de Alimentos, os Bacharéis em Ciência dos Alimentos e as Categorias Profissionais caracterizadas no “Eixo Tecnológico da Produção Alimentícia”, constantes do Catálogo Nacional de Cursos Tecnológicos do Ministério da Educação, ou seja: Tecnólogos em Alimentos, Tecnólogos em Laticínios, Tecnólogos em Processamento de Carnes, Tecnólogos em Viticultura e Enologia, Tecnólogos em Produção de Cachaça, Tecnólogos em Agroindústria e outras que venham a ser incluídas, que atuam nas atividades tecnológicas relacionadas ao beneficiamento, armazenamento, industrialização e conservação de alimentos.*

### **Conselho Regional de Medicina Veterinária (CRMV).**

O Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV) é uma autarquia federal dotada de personalidade jurídica de direito público, com sede e foro no Distrito Federal, e jurisdição em todo o território nacional. Diretamente ou por meio dos CRMVs, o CFMV tem como finalidades supervisionar a prática profissional; dirigir, supervisionar e disciplinar as atividades relacionadas à ocupação de veterinários e técnicos em animais em todo o território nacional (CRMV-SE, 2018).

Veterinários e zootecnistas desempenham um papel importante na responsabilidade técnica interna da empresa, pois orienta as atividades relacionadas a garantia de bons produtos e serviços à sociedade e contribui para o desenvolvimento dos negócios. DIPOA nº 135/2002, de 17/10/2002: "... o responsável técnico pela formulação e elaboração dos produtos de origem animal deverá ser profissional legalmente habilitado, não condicionando, portanto, a necessidade de ser médico veterinário".

### **Curso de Graduação em Agroindústria, UFS-Campus do Sertão**

O Curso de Graduação em Agroindústria, tem como eixo para a estrutura curricular o uso de metodologias ativas de ensino-aprendizagem, em particular a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). As disciplinas são ofertadas na modalidade presencial e o curso tem carga horária de 3.270 (três mil duzentos e setenta) horas, que equivalem a 218 (duzentos e dezoito) créditos, dos quais 192 (cento e noventa e dois) correspondem a componentes curriculares obrigatórios, 10 (dez) de Atividades Complementares e 16 (dezesseis) optativos (PCC, 2015).

O ano letivo é denominado Ciclo, o qual é composto por um ou mais blocos anuais, totalizando quatro anos. O primeiro ciclo é desenvolvido, integralmente, em conjunto com todos os demais cursos do Campus, constituindo-se assim o ciclo comum de formação integral em Ciências Agrárias e da Terra. O segundo e terceiro ciclos são específicos da formação do profissional do Bacharel em Agroindústria, aprofundam conhecimentos técnico-científicos e acrescentam ao foco dado à Agroindústria Familiar, mas ainda dividindo espaço com esse, a atenção à Agroindústria de médio e grande porte, todos necessários para a formação de um profissional generalista. O quarto ciclo é onde os discentes desenvolvem o trabalho de conclusão de curso e realizam o estágio obrigatório (PCC, 2015).

O objetivo do curso é formar profissionais com conhecimentos sólidos em tecnologia, planejamento e gestão agroindustrial, para atuarem ou empreenderem no campo tecnológico, administrativo, científico e de inspeção e fiscalização dos alimentos (PCC, 2015).

Quanto ao perfil do egresso, dentre outras atribuições pretende que seja um profissional com sólida formação humanista, ética, crítica, reflexiva, gerencial, técnica e científica, que o capacita a internalizar valores de responsabilidade social, justiça e ética profissional; ter uma visão sistêmica da problemática agroindustrial, buscando soluções em respeito aos aspectos sociais, culturais, econômicos, tecnológicos e ambientais, no âmbito local, regional, nacional e internacional; aplicar, adaptar e gerar conhecimentos em agropecuária, ciência e tecnologia de alimentos e métodos de gestão, tendo visão empreendedora e administrativa frente às organizações ou entidades voltadas principalmente para produção de alimentos; atuar em consonância com as demandas mundiais, nacionais e regionais das organizações, analisando criticamente, antecipando e promovendo suas transformações, podendo ampliar seus conhecimentos de forma independente e inovadora (PCC, 2015).

Algumas das competências e habilidades a serem adquiridas pelo Bacharel em Agroindústria ao longo do desenvolvimento das atividades curriculares são: acompanhar, orientar e supervisionar a cadeia de produção de alimentos; sugerir e adotar medidas que melhorem e mantenham a qualidade, produtividade e competitividade da produção agroindustrial de alimentos; planejar e desenvolver processos de produção agroindustrial de alimentos; avaliar, conduzir e executar processos de abertura de unidades agroindustriais de alimentos; empreender a formação de unidades agroindustriais de alimentos; utilizar raciocínio lógico, crítico e analítico, operando com valores e formulações matemáticas e estabelecendo relações formais e causais entre fenômenos; ter compromisso com a ética, a cidadania, a questão ambiental e a qualidade de vida (PCC, 2015).

Verificados o objetivo do curso, as competências, habilidades e perfil do egresso

percebeu-se que o curso de Bacharelado em Agroindústria alinha-se ao perfil de competências e habilidades previstas na Portaria nº 1.428/93, requeridos dos RT's das indústrias de alimentos.

## METODOLOGIA

A metodologia utilizada para realização da coleta de dados foi de caráter descritivo com o objetivo de realizar uma análise diagnóstica com os graduandos do curso de Bacharelado em Agroindústria, acerca dos seus conhecimentos sobre responsabilidade técnica em indústria de alimentos. Para isso foi desenvolvido um questionário *online*, com questões de múltipla escolha.

### Local e amostragem

O questionário online utilizando o Formulário *Google* foi aplicado aos graduandos do curso de Bacharelado em Agroindústria da Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão que atualmente estão matriculados cerca de 118 alunos. Antes de ser enviado para os participantes o questionário foi testado por dois graduandos e duas professoras com o intuito de identificar falhas. Os graduandos foram convidados a participar da pesquisa via e-mail, *WhatsApp* e redes sociais (*Instagram*). O questionário foi aplicado durante o mês de maio de 2022.

O questionário foi estruturado em cinco partes: conhecimentos sobre Responsabilidade Técnica em indústria de alimentos, conhecimentos sobre Conselho Profissional, conhecimentos sobre o MAPA e a ANVISA, conhecimentos vistos durante a graduação e a última seção identificou o perfil dos participantes (gênero e ciclo que está cursando). Foram obtidas 62 respostas, sendo 13 dos graduandos do segundo, 14 do terceiro e 35 do quarto ciclo. Que é equivalente a 29,5%, 53,8% e 72,9% do total dos alunos matriculados no segundo, terceiro e quarto ciclo, respectivamente.

### Análise dos dados

Os dados foram digitados em uma planilha do Microsoft Excel. As respostas dos entrevistados foram classificadas de acordo com o ciclo (segundo, terceiro e quarto) que o discente estava cursando no momento da entrevista, contabilizadas em número absoluto e porcentagem, e apresentadas em tabelas ou gráficos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o percentual das respostas dos participantes acerca do conhecimento sobre Responsável Técnico (RT) em indústrias de alimentos.

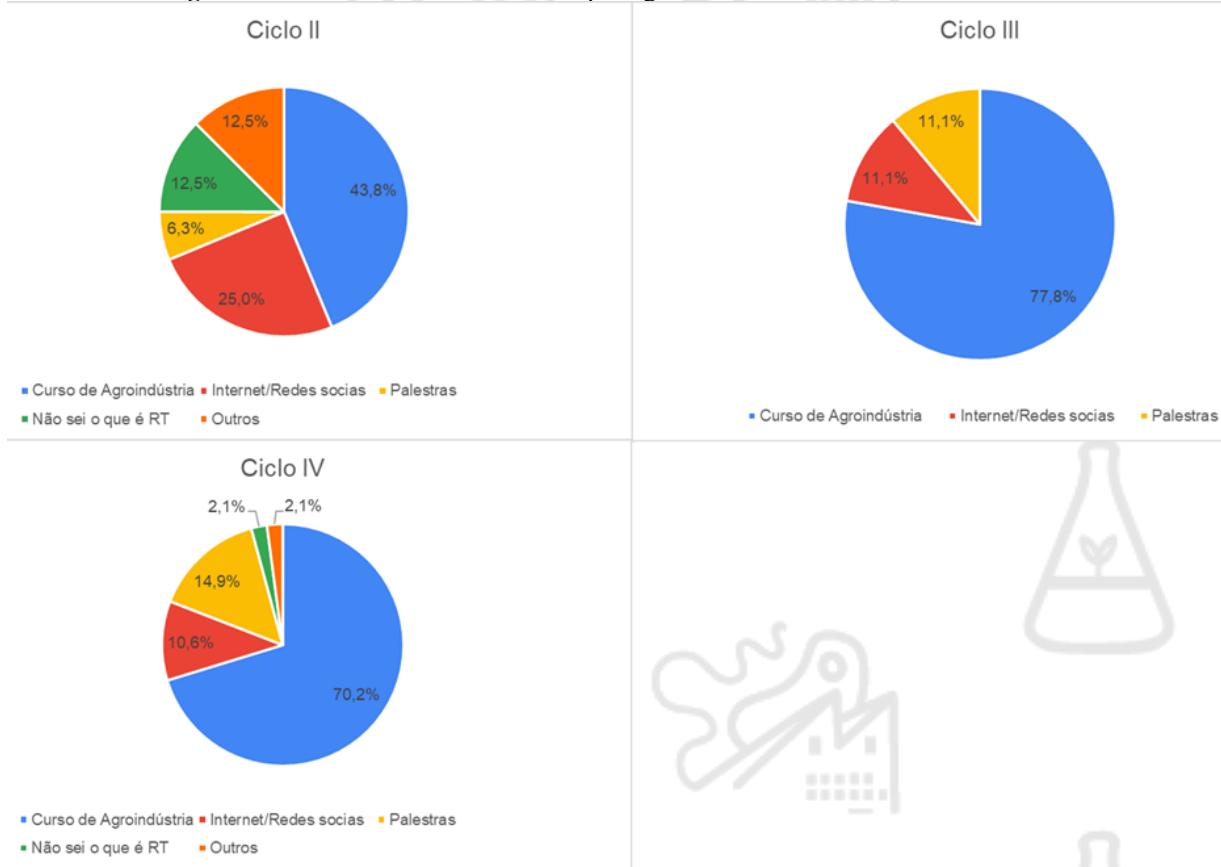
**Tabela 1-** Distribuição percentual (%) das respostas dos graduandos em Agroindústria acerca do conhecimento sobre responsável técnico

Ciclo	Opções de Respostas			
	Sim	Não	Já ouvi falar	Não sei responder
<b>Você sabe o que é um RT em estabelecimento de alimentos, e qual a sua importância?</b>				
<b>Segundo (n=13)</b>	61,5	7,7	30,8	-
<b>Terceiro (n=14)</b>	71,4	0,0	28,6	-
<b>Quarto (n=35)</b>	85,7	5,7	8,6	-
<b>É correto afirmar que é obrigatório que todo estabelecimento de alimentos precisa contratar um RT?</b>				
<b>Segundo (n=13)</b>	76,7	7,6	-	15,7
<b>Terceiro (n=14)</b>	100,0	0,0	-	0,0
<b>Quarto (n=35)</b>	91,4	5,7	-	2,9

**Fonte:** Própria (2022)

Foi possível observar que todos os percentuais de respostas foram acima de 60%, o que indica que a maioria dos discentes entrevistados de todos os ciclos sabem o que é um RT e sua importância, e afirmaram que a presença desse profissional nas indústrias de alimentos é obrigatória. O maior percentual dos discentes que responderam que já ouviu falar, mas não sabem muito bem o que significa RT, estão cursando o segundo (30,8 %) e o terceiro (28,6%) ciclo, o que indica que a maioria dos discentes que chegam no quarto ciclo sabe ou já ouviram falar sobre o assunto.

Como demonstrado na Figura 1, as atividades no curso de Agroindústria são a principal forma com que os discentes recebem informações acerca do tema, isso demonstra que os docentes de alguma forma estão abordando essa questão em sala de aula. As redes sociais também são um veículo de acesso à informação sobre o tema citada pelos entrevistados.

**Figura 1- Como você ficou sabendo o que significa RT em indústrias de alimentos?**

**Fonte:** Própria (2022)

Após o início da pandemia de COVID-19, as redes sociais, particularmente o *Instagram*, passaram a ser um importante meio de divulgação de trabalho, já que houve um longo período de distanciamento social, assim muitos profissionais criaram páginas e passaram a divulgar temas importantes, como assuntos relacionados a RT em indústria de alimentos. Dessa forma, o *Instagram* passou a ser um importante meio de acesso a informações para os discentes sobre assuntos relacionados ao curso.

As palestras também foram citadas como um meio de recebimento de informação, porém um percentual menor (Figura 1). Até agora, sabe-se que apenas uma palestra sobre o assunto foi organizada na UFS Campus do Sertão (Anexo A). Além disso, mesmo de forma *online*, não é comum observar os conselhos, outras instituições oferecendo palestras, rodas de conversas sobre RT em indústria de alimentos para discentes do curso Bacharelado em Agroindústria, e mesmo do nível Técnico em Agroindústria. Este resultado sinaliza que os conselhos profissionais envolvidos devem estar mais presentes na instituição, e a coordenação do curso pode contribuir para que esse laço seja estreitado.

A Tabela 2 apresenta o percentual de respostas acerca dos conhecimentos dos entrevistados sobre conselho profissional.

**Tabela 2-** Distribuição percentual (%) das respostas dos participantes acerca do conhecimento sobre conselho profissional

Ciclo	Opções de Respostas			
	Sim	Não	Já ouvi falar	Não sei responder
<b>Você sabe o que é um conselho profissional e para que serve?</b>				
<b>Segundo (n=13)</b>	46,2	15,5	38,5	-
<b>Terceiro (n=14)</b>	50,0	14,3	35,7	-
<b>Quarto (n=35)</b>	57,1	2,9	40,0	-
<b>É correto afirmar que todo profissional que exerce o cargo de RT em indústrias de alimentos deve ser registrado em um conselho profissional?</b>				
<b>Segundo (n=13)</b>	84,6	0,0	-	15,4
<b>Terceiro (n=14)</b>	85,7	0,0	-	14,3
<b>Quarto (n=35)</b>	80,0	0,0	-	20,0

Fonte: Própria (2022)

Pode-se observar (Tabela 2) que a maior parte dos discentes do segundo e terceiro ciclo responderam “sim” para duas perguntas que foram feitas sobre o conselho profissional. Entretanto, no quarto ciclo cerca de 40% dos participantes afirmaram que já tinham ouvido falar sobre o conselho profissional, mas que não tem muito conhecimento sobre o assunto e 20% disseram não saber se é obrigatório que o profissional que exerce o cargo de RT em indústrias de alimentos deve ser registrado em um conselho profissional, a soma das duas respostas dá um total de 70% dos entrevistados, isso mostra que os conhecimentos dos discentes sobre o conselho profissional ainda são baixos (30%), principalmente para os discentes que já estão no quarto ciclo.

Após análise dos dados gerais das respostas de todos os ciclos, apenas 18% dos participantes responderam sim para as duas questões, o que é um percentual muito baixo de respostas corretas. Diante disso, entende-se que o conhecimento dos discentes ainda é superficial, principalmente porque os dados obtidos na Tabela 2, não condizem com os dados apresentados na Tabela 1, onde 40% dos participantes afirmaram ter conhecimento e saberem da importância de um RT em indústria de alimentos.

Com o intuito de verificar se os entrevistados realmente sabiam o que é um conselho profissional, foi indagado sobre uma das funções do Conselho (Tabela 3).

**Tabela 3-** Distribuição percentual (%) das respostas sobre uma das funções do conselho profissional para o profissional que exerce cargo de RT em indústria de alimentos

Opções de Respostas	Ciclo		
	Segundo (n=13)	Terceiro (n=14)	Quarto (n=35)
<b>Emitir carteira que habilita o profissional a atuar como responsável técnico</b>	23,1	50,0	42,9

<b>Definir normas e legislações que o profissional responsável técnico deve seguir</b>	46,2	42,9	37,1
<b>Não sei responder</b>	30,7	7,1	20,0

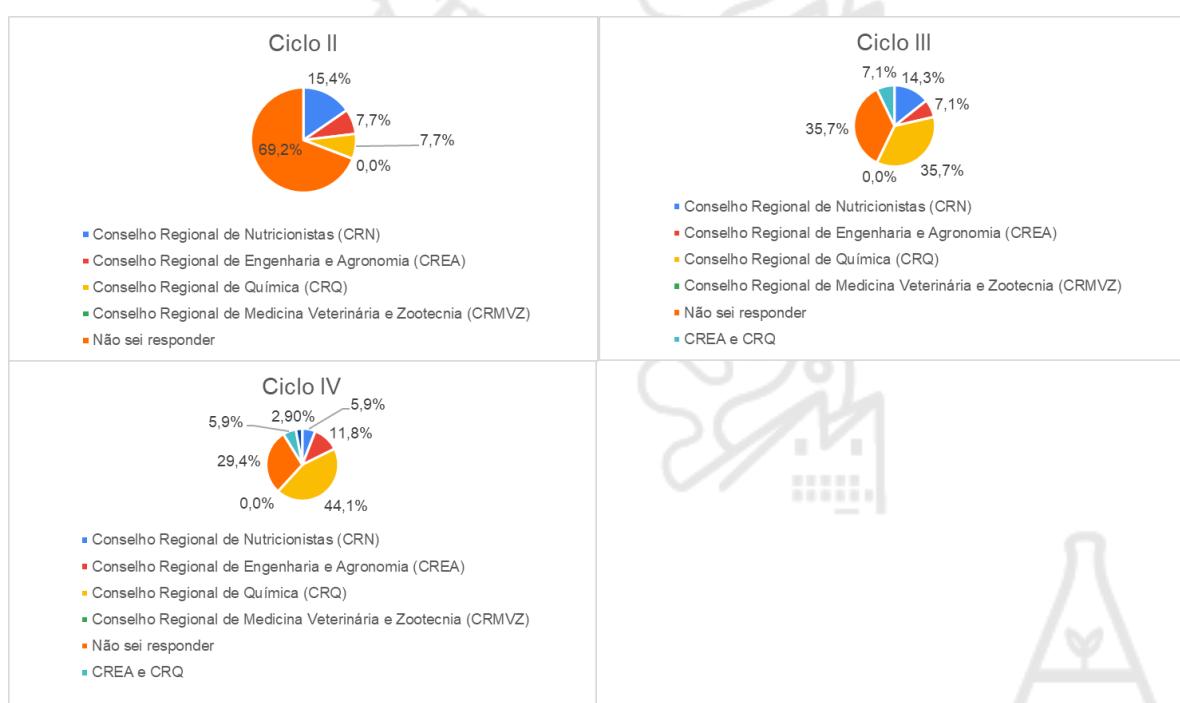
**Fonte:** Própria (2022)

Observa-se que a maioria dos discentes não marcou a alternativa correta (emitir carteira que habilita o profissional a atuar como responsável técnico). O terceiro ciclo obteve o maior número de respostas corretas (50%). Analisando a resposta do quarto ciclo onde apenas 42% responderam corretamente. Este resultado mais uma vez indica que os discentes não têm tantos conhecimentos sobre o papel do conselho profissional e que esse tema precisa ser mais discutido durante a graduação.

Sobre as respostas de qual conselho profissional o Bacharel em Agroindústria pode se inscrever (Figura 2). O percentual de discentes do quarto ciclo que não souberam responder foi o menor (29,4%), quando comparado as respostas do segundo e terceiro ciclo. Diante disso, é possível afirmar que os conhecimentos dos discentes sobre o conselho profissional ainda é baixo principalmente quando se observa as respostas do segundo e terceiro ciclo.

O Bacharel em Agroindústria depois de formado pode se inscrever em dois conselhos profissionais que são o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) ou no Conselho Regional de Química (CRQ). Apenas 7,1% do terceiro e 5,9% do quarto ciclo marcaram as duas opções corretas.

**Figura 2-** Você sabe qual (s) conselho (s) profissional (s) o Bacharel em Agroindústria deve se registrar?



**Fonte:** Própria (2022)

No questionário também foram abordadas questões sobre os conhecimentos dos participantes sobre o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Anvisa Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (Tabelas 4 e 5). São dois órgãos muito importantes para um profissional da área de alimentos, pois esses órgãos regulamentam a produção e comercialização de alimentos para que seja ofertado ao mercado consumidor produtos em conformidade com a legislação.

**Tabela 4-** Distribuição percentual (%) das respostas dos participantes acerca dos conhecimentos sobre MAPA e a ANVISA

Ciclo	Opções de Respostas		
	Sim	Não	Já ouvir falar
<b>Você tem conhecimento qual o papel do MAPA e qual sua ligação com um profissional responsável técnico?</b>			
<b>Segundo (n=13)</b>	69,2	15,4	15,4
<b>Terceiro (n=14)</b>	85,7	0,0	14,3
<b>Quarto (n=35)</b>	82,8	2,9	14,3
<b>Você tem conhecimento qual o papel da ANVISA e qual sua ligação com um profissional responsável técnico?</b>			
<b>Segundo (n=13)</b>	76,7	7,7	15,4
<b>Terceiro (n=14)</b>	85,7	0,0	14,3
<b>Quarto (n=35)</b>	82,8	2,9	14,3

**Tabela 5-** Sobre o papel do MAPA e da ANVISA na vida profissional de um RT

Opções de Respostas	Ciclo		
	Segundo (n=13)	Terceiro (n=14)	Quarto (n=35)
<b>Tem a função de fiscalizar a atuação do responsável técnico dentro das indústrias de alimentos</b>	15,4	42,9	22,9
<b>Definem normas e legislações que devem ser seguidas pelo responsável técnico</b>	30,7	21,4	25,7
<b>Habilita o profissional a atuar como responsável técnico</b>	38,5	28,6	42,8
<b>Não sei responder</b>	15,4	7,1	8,6

\*Nessa questão foi pedido que os participantes marcassem somente a opção incorreta

Os dados apresentados na Tabela 4, mostram que para as duas perguntas feitas o percentual mais baixo de respostas foi dos alunos do segundo ciclo onde 15,4% dos alunos afirmaram não ter conhecimento sobre o papel do MAPA e qual sua ligação com um profissional responsável técnico e 7,7% afirmaram que não tem conhecimento sobre o papel da ANVISA e qual sua ligação com um profissional responsável técnico. Além disso fazendo uma análise geral um percentual grande de alunos respondeu que já ouviu falar mais que não tem muito conhecimento sobre o assunto para as duas perguntas que foram feitas.

Sobre o papel do MAPA e da ANVISA na vida profissional de um RT (Tabela 5), observa-se que o quarto ciclo foi o que apresentou maior percentual de discentes que

marcaram a alternativa correta (42,8%), já que habilita o profissional a atuar como responsável técnico é uma função do conselho profissional.

Analizando a Tabela 4 e 5, verifica-se que uma não está coerente com os dados da outra, pois os percentuais de participantes que responderam conhecer sobre o MAPA e ANVISA foi alto com relação aos dados obtidos sobre o papel do MAPA e da ANVISA onde 38,5%, 28,6% e 42,8% respectivamente dos participantes do segundo, terceiro e quarto ciclo marcaram a alternativa incorreta, essa discrepancia provavelmente ocorre porque os participantes conhecem o MAPA e a ANVISA, mas não saber a sua função na vida de um profissional RT.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados das respostas sobre os conhecimentos visto durante a graduação. Foram analisados somente as respostas dos alunos do quarto ciclo, visto que já estão no final da graduação e já concluíram todos os módulos.

**Tabela 6-** Distribuição percentual (%) das respostas dos participantes do quarto ciclo acerca dos conhecimentos vistos durante a graduação

Quarto Ciclo (n=35)	Opções de Respostas		
	Sim	Não	Talvez
<b>Padrões microbiológicos de alimentos</b>	91,4%	8,6%	-
<b>Contaminantes alimentares</b>	91,4%	8,6%	-
<b>Rotulagem de alimentos</b>	91,4%	8,6%	-
<b>Boas Práticas de Fabricação – BPF's</b>	91,4%	8,6%	-
<b>Análise dos Perigos e Pontos Críticos de Controle – APPCC?</b>	94,3%	5,7%	-
<b>Controle da potabilidade da água</b>	68,6%	31,4%	-
<b>Manejo de resíduos (lixo) e Controle de vetores e pragas urbanas</b>	71,4%	28,6%	-
<b>Embalagens alimentícias</b>	88,6%	11,4%	-
<b>Você acha que estes assuntos citados anteriormente são de grande importância para um profissional responsável técnico?</b>	97,1%	0,0%	2,9%

**Fonte:** Própria (2022)

Observando as respostas é possível concluir que mais de 90% dos alunos afirmaram ter visto todos os conhecimentos apresentados no formulário durante a graduação. Apenas assuntos como controle da potabilidade da água, manejo de resíduos (lixo) e controle de vetores e pragas urbanas e embalagens alimentícias, tiveram um percentual de resposta abaixo de 90%. Todos esses assuntos são competências e habilidades previstas na Portaria nº 1.428/93 que um profissional RT deve dominar, para que seja possível ofertar alimentos de qualidade e

que não cause nenhum dano à saúde do consumidor. A distribuição percentual do perfil dos participantes da pesquisa é apresentada na Tabela 7.

**Tabela 7- Distribuição percentual (%) do perfil dos participantes da pesquisa**

<b>Ciclo</b>	<b>Idade</b>			<b>Sexo</b>		<b>Outra graduação</b>	
	<b>17-24</b>	<b>24-31</b>	<b>32-39</b>	<b>Feminino</b>	<b>Masculino</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
<b>Segundo (n=13)</b>	30,8	53,8	15,4	76,9	23,1	0,0	100,0
<b>Terceiro (n=14)</b>	64,3	35,7	0,0	71,4	28,6	7,7	92,3
<b>Quarto (n=35)</b>	34,3	54,3	11,4	71,4	28,6	11,4	88,6

**Fonte:** Própria (2022)

Pode-se observar que o maior percentual de respostas é dos alunos que já estão no quarto ciclo, ou seja, no último ano de graduação. Por ser uma pesquisa de participação totalmente voluntária, encontrou-se uma grande dificuldade de obter respostas dos discentes do segundo e terceiro ciclo, talvez porque eles não estarem na fase de desenvolvimento de TCC e não sabem da importância da obtenção de dados sólidos para o desenvolvimento da pesquisa.

No trabalho realizado por Ivone Maria (2016), foi verificado que o contato entre VISA, Conselhos Profissionais e os coordenadores dos cursos praticamente não existe, a ocorrência de discussões entre as partes foi eventual, sem definição de estratégias que priorizassem o incremento de disciplinas em andamento ou tivessem qualquer outra metodologia que contribuísse efetivamente para a formação profissional. Além disso, também foi visto que assuntos previstos nas normas sanitárias ainda não são traduzidos em conteúdo das matrizes curriculares e que a grande maioria dos graduandos desconhecem pontos de suma importância, previstos nessas normas, para sua atuação como responsáveis técnicos das indústrias alimentícias e ainda não se informam sobre questões éticas definidas nos códigos de seus conselhos de classe. Isso demonstra que essa falta de conhecimento sobre responsabilidade técnica dos graduandos de agroindústria não ocorre por este curso ser novo, pois também foi observado a mesma desinformação em cursos mais antigos como Engenharia de Alimentos, Engenharia Química, Nutrição, Engenharia Química, Nutrição e Tecnologia de alimentos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se que os conhecimentos dos discentes sobre RT em indústria de alimentos, conselho profissional, MAPA e ANVISA cresce gradativamente de acordo com o ciclo que o aluno estar cursando, mas que os percentuais ainda estão baixos, apesar de terem na sua grande curricular vários assuntos que abordam esses temas e que um RT precisa dominar.

Diante disso poderia ser estudado mais formas de difundir conhecimento sobre Responsabilidade Técnica para os discentes de Agroindústria durante a graduação, por meio de palestras, minicursos ou abordar o assunto em alguma disciplina, agregando assim conhecimento e mostrando aos discentes que esse é mais um dos ramos que o profissional pode seguir logo após a conclusão do curso.

Outra possível alternativa é promover atividades que facilitassem o contato dos discentes com o presidente do Conselho Profissional e os presidentes de órgãos como MAPA e ANVISA.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Centro de Vigilância Sanitária. Portaria CVS 5 de 09 de abril de 2013. **Regulamento técnico sobre boas práticas para estabelecimentos comerciais de alimentos e para serviços de alimentação.** Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, SP. 2013.
- BRASIL. Conselho Federal de Química. Resolução Normativa nº 254, de 13 de dezembro de 2013. **Dispõe sobre a responsabilidade técnica de firmas ou entidades que produzam, fabricam, comercializam, forneçam, transportam, distribuam produtos químicos, produtos industriais, insumos da área da Química e prestam serviços de natureza Química.** Brasília, DF. 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997. **Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos.** Brasília, DF. 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 1.428, de 26 de novembro 1993. **Regulamento técnico para inspeção sanitária de alimentos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. 1993.
- BRASIL. Resolução CFN nº 419 de 19 de março de 2008. **Dispõe sobre critérios para assunção de responsabilidade técnica no exercício das atividades do nutricionista e dá outras providências.** Brasília, DF. 2008.
- BRASIL. Resolução CONFEA nº 2018, de 29 de junho de 1973. **Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia.** Brasília, DF. 1973.

**BRASIL. Resolução RDC nº 49, de 31 de outubro de 2013. Dispõe sobre a regularização para o exercício da atividade de interesse sanitário do microempreendedor individual, do empreendimento familiar rural e do empreendimento econômico solidário e dá outras providências.** Brasília, DF. 2013.

**CARNEIRO, I. M. de M. Formação do Responsável Técnico para a Indústria Alimentícia: Análise Prospectiva dos Papéis Institucionais da Vigilância Sanitária, Conselhos Profissionais e Instituições de Ensino Superior de Uberaba–MG.** Uberaba, MG. 2016.

**CREA-SE. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Sergipe.** Disponível em: <Crea-SE – (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Sergipe)>. Acesso em: 22 nov. 2021.

**CRMV. MANUAL DE ORIENTAÇÃO E PROCEDIMENTOS DO RESPONSÁVEL TÉCNICO.** Curitiba/Paraná, 2014.

**CRMV-SE. Conselho Regional de Medicina Veterinária de Sergipe.** Disponível em: <CRMV-SE – Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de Sergipe (crmvse.org.br)>. Acesso em: 22 nov. 2021.

**CRN-5. Conselho Regional de Nutricionistas da 5ª Região.** Disponível em: <CRN-5 (crn5.org.br)>. Acesso em: 22 nov. 2021.

**CRQ-8. Conselho Regional de Química VIII Região.** Disponível em: <CRQ-VIII (crq8.org.br)>. Acesso em: 22 nov. 2021.

**FRANÇA, N. M.; BIANCHETE, N. A. A importância do médico veterinário como responsável técnico no varejo de alimentos no Brasil.** Revista Saúde-UNG-Ser, v. 13, n. 2 ESP, p. 57-59, 2020.

**KETZER, L. T. B. Dificuldades encontradas por nutricionistas na aplicação de boas práticas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Nutrição) -Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul –UNIJUÍ, Ijuí, RS. 2013.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE. Projeto Pedagógico do Curso de Graduação de Bacharelado em Agroindústria.** Nossa Senhora da Glória, SE. 2015.

## **APLICAÇÃO DE CERA DE ABELHA EM DIFERENTES TECIDOS PARA ELABORAÇÃO DE EMBALAGENS ALIMENTÍCIAS**

## **APLICACIÓN DE CERA DE ABEJAS SOBRE DIFERENTES TEJIDOS PARA ELABORACIÓN DE EMPAQUES ALIMENTARIOS**

## **APPLICATION OF BEES WAX ON DIFFERENT FABRICS FOR ELABORATION OF FOOD PACKAGING**

Jailton Ribeiro dos Santos Junior<sup>1</sup>; Vanessa Rocha da Conceição<sup>1</sup>; Simone Mazzutti<sup>2</sup>; Denise Ribeiro de Freitas<sup>3</sup>

**DOI:** <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.44-61>

### **RESUMO**

O objetivo desse estudo foi elaborar uma embalagem com tecido e cera de abelha, e verificar o efeito do tipo de tecido e da técnica de aplicação da cera. Nos últimos anos a indústria de alimentos tem despertado interesse em alternativas as embalagens plásticas de uso único que são altamente poluentes, além disso existe uma certa cobrança por parte dos consumidores em embalagens menos poluentes. A embalagem de cera de abelha pode ser uma alternativa ao plástico de uso único que é amplamente utilizado pelo consumidor no armazenamento de frutas e hortaliças. Apesar de ser comercializada no Brasil e em outros países, são poucos os estudos científicos acerca dessa embalagem, de modo que não se sabe como a forma de produção dessas embalagens afeta suas características, bem como quais os efeitos de seu uso no armazenamento de alimentos. Para a elaboração da embalagem, foi utilizada cera de abelha de primeiro uso e três tecidos 100% algodão, percal (210 fios), tricoline 1 (150 fios) e tricoline 2 (160 fios), e duas técnicas diferentes de aplicação da cera CD (cera derretida) e CP (cera em pedaços). As variáveis analisadas foram quantidade de cera absorvida no tecido, gramatura e espessura. De acordo com os resultados foi verificado uma interação significativa entre os tratamentos para as variáveis absorção de cera e gramatura dos tecidos, de modo que quando utilizada a técnica CD ou CP, o tecido que absorveu maior quantidade de cera e obteve maior gramatura foi o tricoline 1, seguido dos tecidos percal e tricoline 2. Quando observado a homogeneidade do espalhamento, o percal se mostrou mais homogêneo. As técnicas de aplicação não mostraram influência sobre a homogeneidade da cera de abelha impregnada aos tecidos, já o tipo de tecido influenciou diretamente os parâmetros avaliados de absorção de cera e homogeneidade de espalhamento da cera. O tricoline 1 apesar de absorver maior quantidade de cera que consequentemente influenciou na gramatura, se mostrou visivelmente menos maleável, isso pode dificultar o envolvimento da embalagem aos alimentos. O percal de forma geral se mostrou o melhor tecido para elaboração da embalagem, apresentando uma boa homogeneidade de distribuição da cera no tecido. Em relação as técnicas, de forma prática a aplicação da cera em pedaços (CP) se mostrou melhor, podendo ser utilizada na elaboração da embalagem.

**Palavras-chave:** Plástico, Produto Apícola, Sustentabilidade.

### **RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue elaborar un empaque con tela y cera de abeja, y verificar el efecto del tipo de tela y la técnica de aplicación de la cera. En los últimos años la industria alimentaria ha despertado el interés por alternativas a los envases de plástico de un solo uso que son altamente contaminantes, además existe un cierto cobro por parte de los consumidores por envases menos contaminantes. Los envases de cera de abeja pueden ser una alternativa al plástico de un solo uso que los consumidores utilizan ampliamente en el almacenamiento de frutas y verduras. A pesar de ser comercializado en Brasil y en otros países, existen pocos estudios científicos sobre este embalaje, por lo que no se sabe cómo la forma de producción de estos embalajes afecta sus características, así como los efectos de su uso en el almacenamiento de alimentos. Para la elaboración del packaging se utilizó

<sup>1</sup> Discentes da Universidade Federal de Sergipe, [juniorribeirodossantos@hotmail.com](mailto:juniorribeirodossantos@hotmail.com), [vivianerocha760@gmail.com](mailto:vivianerocha760@gmail.com)

<sup>2</sup> Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>, Universidade Federal de Sergipe Campus do Sertão, [monemazzutti@academico.ufs.br](mailto:monemazzutti@academico.ufs.br)

<sup>3</sup> Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>, Universidade Federal de Sergipe Campus do Sertão, [deniseribeirof@academico.ufs.br](mailto:deniseribeirof@academico.ufs.br)

cera de abeja de primer uso y tres tejidos 100% algodón, percal (210 hilos), tricolina 1 (150 hilos) y tricolina 2 (160 hilos), y dos técnicas diferentes de aplicación de cera CD (cera fundida) y CP (cera desconchada). Las variables analizadas fueron la cantidad de cera absorbida en el tejido, peso y espesor. De acuerdo a los resultados se verificó una interacción significativa entre los tratamientos para las variables absorción de cera y peso de las telas, de manera que cuando se utilizó la técnica CD o CP, la tela que absorbió mayor cantidad de cera y obtuvo mayor peso fue el tricoline 1, seguido por los tejidos de percal y tricoline 2. Al observar la homogeneidad de esparcimiento, el percal fue más homogéneo. Las técnicas de aplicación no mostraron influencia en la homogeneidad de la cera de abejas impregnada a los tejidos, ya que el tipo de tejido influyó directamente en los parámetros evaluados de absorción de cera y homogeneidad de esparcimiento de la cera. Tricoline 1, a pesar de absorber una mayor cantidad de cera, lo que en consecuencia influyó en el peso, era visiblemente menos maleable, lo que puede dificultar el envoltorio del envase con el alimento. El percal en general demostró ser la mejor tela para empaquetar, mostrando una buena distribución de la cera en la tela. En cuanto a las técnicas, de manera práctica la aplicación de la cera en piezas (CP) demostró ser mejor, pudiendo ser utilizada en la elaboración del empaque.

**Palabras clave:** Plástico, Producto apícola, Sostenibilidad.

## ABSTRACT

The objective of this study was to elaborate a package with fabric and beeswax, and to verify the effect of the fabric type and the wax application technique. In recent years the food industry has aroused interest in alternatives to single-use plastic packaging that are highly polluting, in addition there is a certain charge by consumers for less polluting packaging. Beeswax packaging can be an alternative to single-use plastic that is widely used by consumers in fruit and vegetable storage. Despite being marketed in Brazil and in other countries, there are few scientific studies about this packaging, so it is not known how the form of production of these packaging affects its characteristics, as well as the effects of its use in food storage. First-use beeswax and three 100% cotton fabrics, percale (210 threads), tricoline 1 (150 threads) and tricoline 2 (160 threads), and two different CD wax application techniques were used to prepare the packaging. (melted wax) and CP (chipped wax). The variables analyzed were the amount of wax absorbed in the fabric, weight and thickness. According to the results, a significant interaction was verified between the treatments for the variables wax absorption and weight of the fabrics, so that when the CD or CP technique was used, the fabric that absorbed the greatest amount of wax and obtained the highest weight was the tricoline 1, followed by the percale and tricoline tissues 2. When observing the spread homogeneity, the percale was more homogeneous. The application techniques showed no influence on the homogeneity of the beeswax impregnated to the tissues, since the type of tissue directly influenced the evaluated parameters of wax absorption and homogeneity of wax spreading. Tricoline 1, despite absorbing a greater amount of wax, which consequently influenced the weight, was visibly less malleable, which can make it difficult to wrap the packaging with the food. The percale in general proved to be the best fabric for packaging, showing a good distribution of the wax in the fabric. Regarding the techniques, in a practical way the application of the wax in pieces (CP) proved to be better, and can be used in the elaboration of the packaging.

**Keywords:** Plastic, Bee product, Sustainability.

## INTRODUÇÃO

No ano de 2020, a produção de embalagens plásticas teve um aumento de 6,8% e a indústria de alimentos teve um crescimento de 4,2% em seu consumo (ARAUJO, 2018; ABRE, 2020). Estima-se que 6,3 bilhões de toneladas de plástico tenham sido produzidos desde 1950 e que aproximadamente 4,9 bilhões desse total ainda estejam presentes na natureza. Além disso, calcula-se que cerca de 8 milhões de toneladas desse lixo cheguem aos oceanos anualmente (VASCONSELOS, 2019).

O perigo do plástico no ambiente, principalmente em ecossistemas aquáticos, despertou em muitos consumidores a necessidade de adquirir produtos menos danosos ao meio ambiente, esse comprometimento e consciência da massa consumidora vem impulsionando o desenvolvimento de materiais alternativos para embalar alimentos, de modo a minimizar os impactos negativos causados pelo uso de embalagens plásticas (ARANHA, 2020; CLEMENTINO; SILVA, 2016).

A embalagem reutilizável elaborada com cera de abelha e tecido de algodão é um potencial substituto ao filme plástico no armazenamento de frutas e verduras (HSIN; CHEN, 2019). A Abeego, empresa canadense responsável pelo desenvolvimento da embalagem voltada para o consumidor final, destaca em suas propagandas que o produto conserva os alimentos por mais tempo dentro e fora da geladeira. Após esse lançamento empresas brasileiras como a Favo passaram a vender o produto (ABEEGO; FAVO BIOEMBALAGEM, 2021).

Entre os poucos estudos desenvolvidos acerca dessa embalagem, encontra-se o trabalho de Pinto; Pankowsk e Nano (2017) que realizaram um estudo para investigar a atividade antimicrobiana da embalagem da Abeego. Os autores deste estudo verificaram que as embalagens foram capazes de diminuir significativamente as células viáveis de *S. enteritidis* e *S. aureus*. No entanto, este estudo foi *in vitro* e somente estudos *in vivo* podem fornecer melhores informações acerca do efeito real da embalagem de cera de abelha e algodão na conservação de alimentos.

Estudo desenvolvido por Szulc *et al.*, (2020) foi observado que após a impregnação da cera, o tecido apresentou uma diminuição na higroscopicidade principalmente nas fibras de algodão que passaram a apresentar uma superfície hidrofóbica. Isso reforça outros estudos que afirmam o potencial da cera de abelha em formar embalagens com barreira a vapores d'água, podendo melhorar sua performance na conservação de alimentos.

Acerca da embalagem é possível encontrar vídeos na internet que mostram diversas técnicas de aplicação da cera, assim como o uso de diferentes tecidos de algodão na elaboração dessa embalagem. Um dos métodos utilizados é o derretimento da cera através de seu aquecimento, em seguida é impregnado no tecido (BECK *et al.*, 2021). Outra técnica é o espalhamento da cera em pedaços sobre o tecido de algodão com a ajuda de uma fonte de calor. Todavia não existe uma metodologia padronizada em trabalhos científicos.

Assim o presente trabalho foi realizado com o objetivo de elaborar uma embalagem com tecido e cera de abelha. Além de verificar o efeito do tecido e da técnica de aplicação da cera, sendo possível assim discutir e sugerir qual a melhor técnica de aplicação da cera de abelha para a elaboração da embalagem.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Algodão

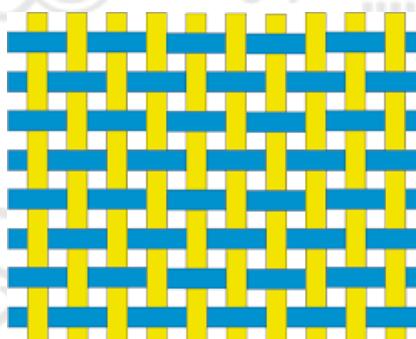
Considerado uma das fibras têxteis naturais mais importantes o algodão é uma das *commodities* de grande importância socioeconômica para o Brasil (CONAB, 2019). A fibra de algodão tem em sua constituição a celulose como elemento químico principal. A celulose é um polímero natural cuja fórmula empírica é  $C_6H_{10}O_5$ ; sendo encontrado na fibra de algodão, pectinas, minerais, proteínas, ácidos orgânicos, açúcares, cera e alguns pigmentos (FURTADO, 2015).

A fibra bruta de algodão possui diversas aplicações e inúmeras utilidades, que vão desde a formação de tecidos até o uso na área de cosméticos. Também é utilizado nas indústrias automobilísticas, têxteis e de alimentos para a elaboração de embalagens (ALBUQUERQUE, 2011). Um exemplo de embalagem que utiliza fibra de algodão ou mais especificamente o tecido, é a embalagem primária confeccionada a partir da aplicação de cera de abelha em tecidos de algodão que é utilizada para envolver frutas e verduras a fim de conservá-las dentro e fora da geladeira por mais tempo.

Em relação as vantagens, as fibras vegetais como o algodão possuem algumas como a sua biodegradabilidade, boa resistência a solventes e temperaturas, e a sua baixa densidade. Essas características fazem das fibras vegetais um material tecnológico interessante possuindo várias aplicabilidades (ALBINANTE; PACHECO e VISCONTE, 2013). Uma dessas aplicabilidades é na formação de tecidos, onde o comprimento da fibra é de grande importância pois está diretamente ligada a resistência e o número de torções dados na formação do fio (ALBUQUERQUE, 2011).

Dentre os vários tipos de tecidos, existem os tecidos planos que são elaborados a partir de um planejamento ligado ao entrelaçamento entre os fios de urdume e a trama, esse processo é denominado de padronagem. Os fios de urdume são aqueles posicionados em sentido vertical e os fios de trama correspondem aos fios posicionados no sentido horizontal do tecido (Figura 1) (CANEDA, 2016; FURTADO, 2015). O tricoline e o percal são exemplos de tecidos planos em 100% algodão, a diferença entre eles geralmente está na quantidade de fios, já que o percal deve ter no mínimo 180 fios por polegadas, e o tricoline apresenta menos fios por polegada.

**Figura 1:** Entrelaçamento de tecidos planos



**Fonte:** CSERI, (2015).

### Cera de abelha

O regulamento técnico de identidade e qualidade da cera de abelhas presente na Instrução Normativa nº 03, de 19 de janeiro de 2001 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (2001) define cera de abelha como um produto de consistência plástica, de cor amarelada, muito fusível, que é secretado pelas abelhas para formação dos favos nas colmeias sendo classificada de duas formas: cera de abelha bruta e cera de abelha branca ou pré-beneficiada.

De acordo com Nevine (2011), a cera de abelha se mostrou eficaz contra leveduras e bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, como por exemplo as bactérias *Streptococcus epidermidis* e *Escherichia coli*. Campêlo *et al.* (2015) testou a eficácia da cera de três espécies diferentes de abelha e reportou que todas as ceras apresentaram efeito antimicrobiano contra os microrganismos *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*.

Navarro-Tarazaga, Massa e Pérez-Gago (2011) relatou que a cera de abelha foi capaz de desenvolver uma barreira semipermeável ao oxigênio em ameixas, reduzindo a perda de massa e o amolecimento da fruta, sem afetar as suas características sensoriais. Em teste para conservação de manga o revestimento à base de cera de abelha apresentou uma maior vida de prateleira e redução da perda de massa quando comparados com outros revestimentos (BIBI; BALOCH, 2014). De acordo com Medeiros *et al.* (2012), revestimentos com cera de abelha serve principalmente como barreira ao vapor de água, evitando perda de massa dos frutos.

Velickova *et al.*, (2013) em trabalho sobre o impacto de revestimentos comestíveis de quitosana e cera de abelha na qualidade de morangos frescos, concluíram que a adição da cera de abelha como camada separada ou como um componente no revestimento composto mostrou efeito benéfico contra infecção fúngica, redução da perda de peso e frequência respiratória, retenção da firmeza e cor, bem como retenção da acidez titulável, pH, sólidos solúveis e açúcares dos morangos.

De acordo com Xie *et al.* (2020), dentre as muitas características que a cera de abelha possui, uma delas é a capacidade hidrofóbica e resistência ao vapor da água, sendo importante na formação de filmes e revestimentos comestíveis, todavia eles ressaltam que os filmes de revestimento formados apenas por ceras puras não tenham uma boa barreira a gases favorecendo a respiração dos frutos e não retardando o seu amadurecimento além de possuir baixa resistência mecânica. Vergara *et al.* (2020) ressaltam que o aumento de cera de abelha em revestimentos ou na formulação de filmes pode causar a diminuição de umidade e a permeabilidade ao vapor de água.

### Embalagem de tecido e cera de abelha

Nos últimos anos, a sustentabilidade tem sido um tópico cada vez mais importante. Portanto, ao longo dos anos, muitos produtos reutilizáveis foram inventados para substituir itens descartáveis de uso único e reduzir o desperdício. Um desses produtos é a embalagem de cera de abelha reutilizável, que visa substituir o filme plástico na armazenagem de alimentos como frutas e verduras (HSIN; CHEN, 2019).

No Brasil algumas empresas como a FAVO elaboram e vendem a embalagem de cera de abelha. A empresa confecciona a embalagem utilizando tecido 100% algodão, resina vegetal, óleo de coco e cera de abelha. De acordo com a empresa, a embalagem é lavável, reutilizável e biodegradável (FAVO BIOEMBALAGEM, 2021).

Normalmente a embalagem é elaborada a partir do tecido 100% algodão devido a sua biodegradabilidade e cera de abelha. Algumas empresas também utilizam resinas vegetais como a carnaúba, misturadas a cera de abelha. São encontradas diversas técnicas de elaboração da embalagem, assim como vídeos explicativos sobre a forma de aplicação da cera de abelha. Um dos métodos utilizados é o derretimento da cera através de seu aquecimento, em seguida é impregnado no tecido (BECK *et al.*, 2021). Outra técnica é o espalhamento da cera em pedaços sobre o tecido de algodão com a ajuda de uma fonte de calor. Todavia não existe uma metodologia padronizada em trabalhos científicos, o que se tem são vídeos e materiais escritos na internet tanto em português e em outras línguas como o inglês apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1:** Links de diferentes métodos de elaboração da embalagem de cera de abelha, formas de utilização e empresas que comercializam este produto.

Descrição	Links
Vídeos de diferentes métodos	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=gUyK27XDn4E">https://www.youtube.com/watch?v=gUyK27XDn4E</a> <a href="https://www.youtube.com/watch?v=c2aO_Ex7v_c">https://www.youtube.com/watch?v=c2aO_Ex7v_c</a> <a href="https://www.youtube.com/watch?v=l3yEgsW8NhM">https://www.youtube.com/watch?v=l3yEgsW8NhM</a>

elaboração da embalagem de cera de abelha	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=6_bsxrqAF-s">https://www.youtube.com/watch?v=6_bsxrqAF-s</a>
Vídeos de diferentes formas de utilização da embalagem de cera de abelha	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=0Ql8Qux4qi0">https://www.youtube.com/watch?v=0Ql8Qux4qi0</a> <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Ub_f1EhWwJU">https://www.youtube.com/watch?v=Ub_f1EhWwJU</a>
Balaio Ecológico Mirra Sustentável Favo Abeego	<a href="https://www.instagram.com/balaio.ecologico/">https://www.instagram.com/balaio.ecologico/</a> <a href="https://www.instagram.com/mirrasustentavel/">https://www.instagram.com/mirrasustentavel/</a> <a href="https://www.instagram.com/stories/highlights/17853375149273076/">https://www.instagram.com/stories/highlights/17853375149273076/</a> <a href="https://www.instagram.com/favobioembalagem/">https://www.instagram.com/favobioembalagem/</a> <a href="https://www.instagram.com/abeego/">https://www.instagram.com/abeego/</a> <a href="https://www.instagram.com/stories/highlights/17928052504100430/">https://www.instagram.com/stories/highlights/17928052504100430/</a>

Dentro de nossa pesquisa não foram encontrados estudos que demonstrem se essas formas de aderir a cera no tecido influenciam a quantidade de cera absorvida, a gramatura e o espalhamento dessa cera ao longo do tecido. Da mesma forma, os sites sugerem o uso de tecido de algodão, porém no mercado existem mais de um tipo de tecido de algodão com estruturas diferentes.

Além das empresas citadas no Quadro 1, pequenos produtores também comercializam a embalagem, envoltório, paninho de algodão e bioembalagem como algumas empresas costumam chamar. Apesar de ser comercializada por empresas e pequenos produtores, pouco se sabe sobre essa embalagem, se de fato ela possui a mesma eficiência na conservação de frutas e hortaliças quando comparado a embalagens tradicionais como as empresas apresentam em suas propagandas.

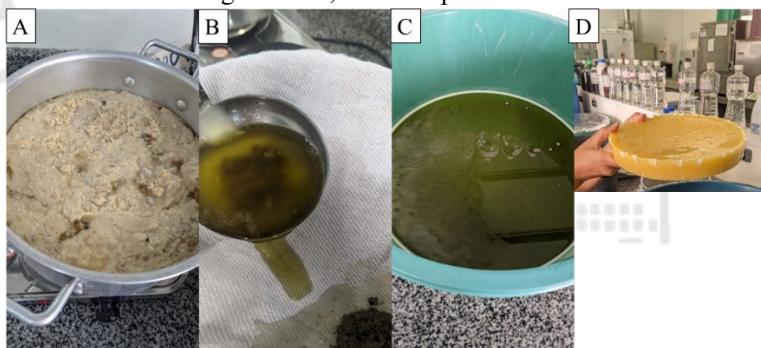
Pinto, Pankowsk e Nano (2017) investigaram a atividade antimicrobiana do envoltório da Abeego. Os autores relataram que os envoltórios da Abeego, empresa canadense que vende embalagens de algodão e cera de abelha, foram capazes de diminuir significativamente células viáveis de *Salmonella enteritidis* e *S. aureus*. Os autores ainda concluíram que o produto testado apresentou atividade contra células Gram negativos e Gram positivos. Ressalta-se que este estudo foi realizado *in vitro* e que é necessário que sejam desenvolvidos estudos *in vivo* para fornecer melhores informações acerca do efeito real da embalagem de cera de abelha e algodão na conservação de alimentos.

## METODOLOGIA

### Obtenção da cerca de abelha

A cera utilizada foi adquirida de um apiário localizado na cidade de São Cristóvão, Sergipe, Brasil. Toda cera utilizada nesse estudo foi proveniente do processo de desoperculação dos favos de mel. A cera retirada durante a desoperculação dos favos foi separada do excesso de mel ainda presente através de uma prensagem manual, utilizando um tecido de algodão como filtro. Em seguida, 600g de cera foram derretidas em um recipiente de alumínio com 2L de água, em fogão elétrico (Agratto - 4918), durante 1:30h, esperou-se atingir o ponto de fervura da cera que é entre 62 e 67°C, logo após a cera foi filtrada utilizando um tecido de algodão como filtro. Após esse processo, a cera e a água que passaram pelo filtro foram deixadas em repouso por 1 hora, consequentemente ocorreu a separação da cera e da água. A cera quando esfriou em temperatura ambiente ~30°C, tornou-se sólida. A metodologia de purificação da cera foi realizada conforme descrito por Ollé, Wolff e Silva (2018). Na Figura 2 encontra-se apresentado os passos para a purificação da cera. A cera foi ralada em pedaços de ~1,0 cm, com o auxílio de um ralador de uso doméstico, para em seguida ser utilizada na elaboração das embalagens, conforme a técnica do tratamento avaliado.

**Figura 2:** Processo de purificação da Cera. A = derretimento da cera, B = filtragem da cera, C = separação da água e cera, D = cera purificada.



Fonte: Próprio autor

### Tecidos

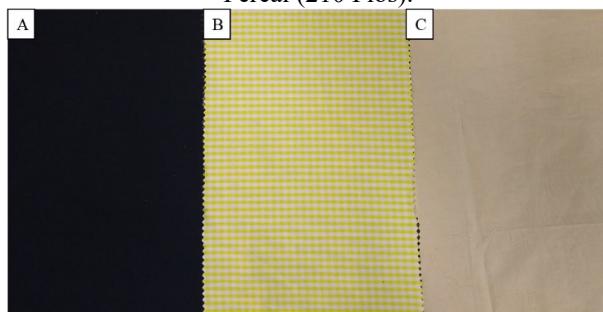
Três tecidos 100% algodão, fabricados pela Peixoto Gonsalves® do estado de Sergipe foram utilizados, sendo: o percal com 210 fios por polegada, o tricoline com 150 fios por polegada, designado nesse estudo de tricoline 1, e o tricoline com 160 fios por polegada, designado nesse estudo como tricoline 2. Na Figura 3 estão ilustrados os tecidos utilizados nesse estudo.

Antes da elaboração das embalagens, os tecidos foram higienizados utilizando uma solução com 0,04% de sabão neutro onde ficaram imersos por 10 minutos, após foi realizado o

enxague. Em seguida, os tecidos foram sanitizados em uma solução clorada a 200 ppm de cloro ativo durante 15 minutos e secos no laboratório em temperatura ambiente a  $\sim 30^{\circ}\text{C}$ . Após secos, todos os tecidos foram cortados em dimensões de 18 x 28 cm com o auxílio de um papel quadriculado como molde.

Foi observado durante a higienização dos tecidos que o tricoline 1 de cor preta soltou muita e desfiou bastante de modo que quando colocado contra a luz via-se uma grande quantidade de espaços entre os fios, isso também foi observado para o tricoline 2 de cor amarelo quadriculado, já o percal não mostrou esse comportamento.

**Figura 3:** Tecidos utilizados na elaboração das embalagens. A = Tricoline (150 fios), B = Tricoline (160 fios), C = Percal (210 Fios).



**Fonte:** Próprio autor.

### Elaboração das embalagens

Para a elaboração das embalagens, a cera foi ralada e a sua dimensão foi de aproximadamente 1 cm. Após ralada, 10 g de cera foram medidas em balança analítica (Balança eletrônica Digital – SHTG) para a aplicação nos tecidos. Duas técnicas foram utilizadas para a aplicação, na técnica 1 (CD= cera derretida) a cera foi derretida através de aquecimento em recipiente de alumínio acetinado em fogão elétrico (Agratto - 4918) padronizado na potência 5, em seguida o tecido foi imerso na cera já derretida, logo após foi envolvido em papel manteiga onde foi aplicada uma fonte de calor mediante ferro doméstico (Black+Decker, F200-BR) ajustado na potência máxima, durante um período de 2 minutos para espalhar a cera no tecido. Na Figura 4 é demonstrado a aplicação da técnica 1.

A segunda técnica (CP = cera em pedaços) foi realizada com o espalhamento de 10 g da cera em pedaços. O tecido foi envolvido em papel manteiga e a cera foi adicionada sobre o tecido, em seguida foi aplicada uma fonte de calor mediante um ferro doméstico (Black+Decker, F200-BR) ajustado na potência máxima, durante o período de 2 minutos. Após a elaboração, as embalagens foram colocadas para secar dentro do laboratório cerca de  $30^{\circ}\text{C}$  (temperatura ambiente), em seguida já estavam prontas para serem utilizadas. Para a aplicação dos tratamentos nos tecidos foi realizado um sorteio de forma aleatória, para definir a ordem de

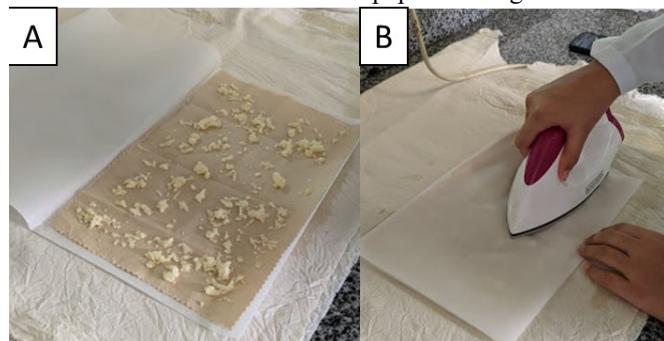
aplicação de cada técnica. Na Figura 5 demonstrou a aplicação da técnica 2.

**Figura 4:** Técnica 1 de aplicação de cera no tecido, A = imersão do tecido na cera derretida, B = aplicação da fonte de calor.



**Fonte:** Próprio autor.

**Figura 5:** Técnica 2 de aplicação de cera no tecido, A = cera ralada espalhada sobre o tecido B = aplicação da fonte de calor sobre o papel manteiga.



**Fonte:** Próprio autor.

## Delineamento experimental

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2 x 3, com cinco repetições onde os fatores foram as duas técnicas de aplicação (**CD** = Técnica da cera derretida e **CP** = Técnica da cera em pedaços) e 3 tipos de tecidos 100% algodão (percal com 210 fios, tricoline com 150 fios e tricoline com 160 fios), totalizando seis tratamentos. As variáveis de resposta foram: quantidade total de cera absorvida (g), quantidade de cera absorvida por  $\text{cm}^2$ , gramatura ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ), espessura (mm) e homogeneidade de espalhamento.

## Caracterização das embalagens

### Quantidade de cera absorvida no tecido

Foi realizada a medida da massa inicial dos tecidos em balança analítica (Balança eletrônica Digital – SHTG) e medido aproximadamente 10 g de cera de abelha. Após a aplicação da cera, a massa do tecido foi medida novamente. A quantidade de cera absorvida pelos tecidos foi obtida pela subtração da massa inicial dos tecidos e da massa final após a aplicação da cera.

## Gramatura

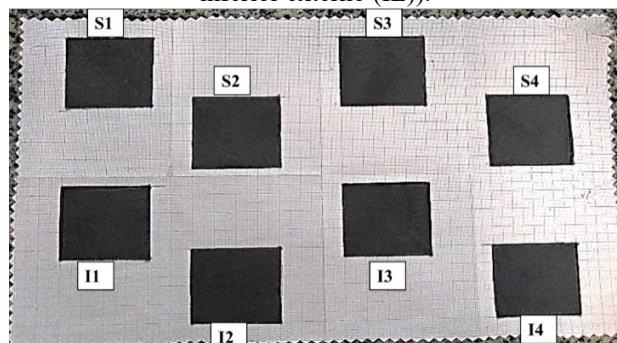
A gramatura ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) total foi obtida pela relação entre a quantidade de cera absorvida pelo tecido e sua área de  $18 \times 28 \text{ cm}$  ( $504 \text{ cm}^2$ ).

$$\text{Gramatura} = \frac{\text{Quantidade de cera absorvida (g)}}{504 \text{ cm}^2}$$

Para verificar a homogeneidade do espalhamento da cera nos tecidos foram retiradas 8 amostras em diferentes partes do tecido com dimensão de  $16 \text{ cm}^2$  e as massas foram medidas em balança analítica (Balança eletrônica Digital – SHTG). Na Figura 14 estão apresentados os 8 pontos utilizados que foram classificados em superior (SE = superior externo e SI = superior interno) e inferior (II = inferior interno e IE = inferior externo). A metodologia descrita foi baseada na norma técnica 10591 (ABNT, 2008).

A comparação entre as partes superiores e inferiores (Figura 6) permitiu mensurar a homogeneidade do espalhamento da cera de abelha aplicada aos tecidos e comparar a diferença entre os tecidos e dentro do próprio tecido.

**Figura 6:** Molde utilizado para retirar as amostras e mensurar a homogeneidade de espalhamento da cera no tecido (S1+S3 = Superior externo (SE); S2+S4 = Superior interno (SI); I1+I3 = Inferior interno (II); I2 + I4 = inferior externo (IE)).



Fonte: Próprio autor.

## Espessura

As espessuras das embalagens foram determinadas com uso de um paquímetro digital (MTX-316119). As medidas foram realizadas em oito pontos diferentes de  $16 \text{ cm}^2$  em cada embalagem como ilustrado na Figura 14. Os resultados foram expressos em milímetros (mm).

## Análises dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos dados comparadas pelo teste de Tukey a 5% de nível de significância. Para isso, foi utilizado o

software SISVAR (Versão 5.7). Quando observada interação dos dados entre a técnica e o tecido foi realizado o desdobramento da técnica dentro do fator tecido.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se interação significativa entre os dados da técnica de aplicação da cera e o tipo de tecido para as variáveis quantidade de cera absorvida e gramatura total (Tabela 1).

Para as variáveis quantidade de cera/cm<sup>2</sup>, gramatura e espessura mensuradas em diferentes locais do tecido com o intuito de mensurar a homogeneidade do espalhamento da cera no tecido, apresentadas na Tabela 2, não foi observado interação dessas duas variáveis de estudo, por isso as variáveis técnica e tecido foram estudadas de forma separada.

Na Tabela 1 estão expressos os resultados para as variáveis quantidade de cera absorvida e a gramatura total dos tecidos, foi realizado o desdobramento da interação entre técnica de aplicação da cera e os tecidos utilizados.

**Tabela 1:** Desdobramento da interação técnica de aplicação da cera x tecido para a quantidade de cera absorvida e gramatura total das embalagens elaboradas com cera de abelha e tecido de algodão, considerando a aplicação inicial de 10 g de cera.

Variável	Técnica de aplicação da cera			
	CD	Percal	Tricoline 1	Tricoline 2
Cera absorvida (g)	CD	6,65 ± 0,16 <sup>Ab</sup>	8,25 ± 0,42 <sup>Aa</sup>	6,17 ± 0,11 <sup>Ac</sup>
	CP	6,73 ± 0,22 <sup>Ab</sup>	7,82 ± 0,09 <sup>Ba</sup>	6,32 ± 0,19 <sup>Ac</sup>
Gramatura Total (g/cm <sup>2</sup> )	CD	0,013 ± 0,00083 <sup>Ab</sup>	0,016 ± 0,0008 <sup>Aa</sup>	0,012 ± 0,0002 <sup>Ac</sup>
	CP	0,013 ± 0,0004 <sup>Ab</sup>	0,015 ± 0,0001 <sup>Ba</sup>	0,012 ± 0,0004 <sup>Ac</sup>

CD = Técnica de aplicação cera derretida; CP = Técnica de aplicação cera em pedaços; Percal (210 Fios); Tricoline 1 (150 fios); Tricoline 2 (160 fios). Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas são significativamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey (P<0,05).

Foi verificado que dentro das técnicas cera derretida (CD) e cera em pedaços (CP), o tricoline 1 absorveu maior quantidade de cera, seguido do percal e do tricoline 2. Foi observado que o tricoline 1 apresentou diferença significativa entre as técnicas de aplicação, os tecidos diferem estatisticamente entre si para cera derretida (CD) e cera em pedaços (CP). Para a variável gramatura, foi observado o mesmo comportamento apresentado anteriormente, onde o tricoline 1 mostrou a maior gramatura, seguido pelo percal e o tricoline 2 e quando comparados os tecidos observa-se que eles diferem entre si para cera derretida (CD) e cera em pedaços (CP).

A absorção de cera de abelha pelos tecidos pode ser explicada pela porosidade presente nas fibras de algodão que possuem uma facilidade na absorção de líquidos, isso fez com que a cera de abelha quando derretida penetrasse os poros dos tecidos (SZULC *et al.*, 2020). Em

estudo sobre hidrofilidade de tecidos realizado por Silva (2013), os autores verificaram que os aspectos que mais influenciaram na absorção de água, foram as características dos fios e os espaços vazios que são gerados em tecidos planos, como os tecido percal e os tricolines, então quanto maior o número de fios maior a absorção de água. Esses resultados diferem do presente estudo devido a diferença entre os líquidos analisados, já que a cera de abelha possui uma maior viscosidade em relação a água e após aquecida ela volta ao seu estado sólido, isso pode explicar por que o tricoline 1 que possui menos fios e mais espaços obteve uma maior absorção e gramatura em relação aos demais tecidos analisados, isso pode ter ocorrido devido as ligações entre os espaços e a cera, outro fator importante que foi observado durante o processo de higienização dos tecidos, é que o tricoline 1 soltou muitos fios o que pode ter feito com esses espaços ficarem maiores influenciando na absorção da cera e a gramatura da embalagem.

Foi observado durante a elaboração das embalagens a que o tricoline 1 apesar de ter absorvido maior quantidade de cera e apresentar uma maior gramatura, se mostrou pouco flexível e maleável de modo que quando dobrado observava-se uma embalagem quebradiça, é isso que infere diretamente a capacidade da embalagem em envolver o alimento e consequentemente na sua habilidade de conservar alimentos, já o tecido percal apesar de absorver menos cera se mostrou bem maleável e flexível que são características importantes para o envolvimento da embalagem no alimento.

Não foi observada interação entre as técnicas de aplicação da cera e o tecido utilizado para as variáveis presentes na Tabela 2, na qual estão descritos os resultados das médias das técnicas de aplicação da cera para as variáveis quantidade cera/cm<sup>2</sup> e homogeneidade de espalhamento mensurada através da gramatura das partes superiores (externa e interna) e inferiores (interna e externa); e das espessuras superior (externa e interna) e inferior (interna e externa).

**Tabela 2:** Valores médios das técnicas de aplicação da cera para as variáveis de quantidade de cera/cm<sup>2</sup>, gramatura superior externa, interna e inferior interna e externa, assim como os valores médios da espessura superior externa, interna e inferior interna e externa.

Variável	Técnica de aplicação da cera	
	CD	CP
Gramatura SE (g/cm <sup>2</sup> )	0,040 ± 0,003 <sup>Aa</sup>	0,039 ± 0,003 <sup>Aa</sup>
Gramatura SI (g/cm <sup>2</sup> )	0,039 ± 0,003 <sup>Aa</sup>	0,040 ± 0,003 <sup>Aa</sup>
Gramatura II (g/cm <sup>2</sup> )	0,040 ± 0,003 <sup>Aa</sup>	0,039 ± 0,003 <sup>Aa</sup>
Gramatura IE (g/cm <sup>2</sup> )	0,040 ± 0,002 <sup>Aa</sup>	0,039 ± 0,002 <sup>Aa</sup>

Espessura SE (mm)	0,530 ± 0,086 <sup>Aa</sup>	0,510 ± 0,097 <sup>Aa</sup>
Espessura SI (mm)	0,520 ± 0,076 <sup>Aa</sup>	0,520 ± 0,116 <sup>Aa</sup>
Espessura II (mm)	0,520 ± 0,082 <sup>Aa</sup>	0,510 ± 0,082 <sup>Aa</sup>
Espessura IE (mm)	0,530 ± 0,081 <sup>Aa</sup>	0,510 ± 0,075 <sup>Aa</sup>

CD = Técnica de aplicação Cera derretida; CP = Técnica de aplicação Cera em pedaços; SE (Superior externa); SI (Superior interna); II (Inferior interna); IE (Inferior externa); Letras maiúsculas distintas nas linhas e minúsculas nas colunas são significativamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

No que diz respeito as técnicas de aplicação, não houve diferença estatística entre elas para nenhuma das variáveis analisadas. As médias para as gramaturas superiores e inferiores variaram entre 0,039 g/cm<sup>2</sup> e 0,040 g/cm<sup>2</sup>, para a variável espessura as médias das espessuras superiores e inferiores variaram entre 0,510 mm e 0,530 mm.

Esses resultados nos mostram que as duas técnicas podem ser utilizadas na elaboração da embalagem já que elas não apresentaram diferença estatística entre si, de um modo prático a técnica da cera em pedaços (CP) é facilmente aplicada aos tecidos, o que facilita o processo de elaboração do produto.

Não foi observada interação entre as técnicas de aplicação da cera e o tecido utilizado para as variáveis presentes na Tabela 3, na qual estão descritos os resultados dos tecidos utilizados para as variáveis quantidade cera/cm<sup>2</sup> e homogeneidade de espalhamento mensurada através da gramatura das partes superiores (externa e interna) e inferiores (interna e externa); e das espessuras superior (externa e interna) e inferior (interna e externa).

**Tabela 3:** Valores médios dos tecidos utilizados para as variáveis de quantidade de cera/cm<sup>2</sup>, gramatura superior externa, interna e inferior interna e externa, assim como os valores médios da espessura superior externa, interna e inferior interna e externa.

Variável	Tipo de tecido		
	Percal	Tricoline 1	Tricoline 2
Gramatura SE (g/cm <sup>2</sup> )	0,038 ± 0,003 <sup>Ba</sup>	0,042 ± 0,002 <sup>Aab</sup>	0,038 ± 0,002 <sup>Bab</sup>
Gramatura SI (g/cm <sup>2</sup> )	0,038 ± 0,003 <sup>Ba</sup>	0,043 ± 0,002 <sup>Aa</sup>	0,037 ± 0,001 <sup>Bab</sup>
Gramatura II (g/cm <sup>2</sup> )	0,039 ± 0,002 <sup>Ba</sup>	0,042 ± 0,001 <sup>Aab</sup>	0,036 ± 0,002 <sup>Cb</sup>
Gramatura IE (g/cm <sup>2</sup> )	0,040 ± 0,002 <sup>Aa</sup>	0,040 ± 0,002 <sup>Ab</sup>	0,039 ± 0,002 <sup>Aa</sup>
Espessura SE (mm)	0,460 ± 0,028 <sup>Ba</sup>	0,630 ± 0,063 <sup>Aa</sup>	0,460 ± 0,028 <sup>Ba</sup>
Espessura SI (mm)	0,460 ± 0,044 <sup>Ba</sup>	0,640 ± 0,066 <sup>Aa</sup>	0,450 ± 0,018 <sup>Ba</sup>
Espessura II (mm)	0,480 ± 0,023 <sup>Ba</sup>	0,620 ± 0,035 <sup>Aa</sup>	0,450 ± 0,015 <sup>Ca</sup>

Espessura IE (mm)	0,480 ± 0,035 <sup>Ba</sup>	0,620 ± 0,027 <sup>Aa</sup>	0,460 ± 0,030 <sup>Ba</sup>
-------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

SE (Superior externa); SI (Superior interna); II (Inferior interna); IE (Inferior externa); Percal (210 Fios); Tricoline 1 (150 fios); Tricoline 2 (160 fios). Letras maiúsculas distintas nas linhas e minúsculas nas colunas são significativamente diferentes, de acordo com o teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

Para os tecidos analisados houve diferença estatística entre eles para todas as variáveis analisadas. Em relação aos parâmetros de gramatura e espessura, o tricoline 1 também mostrou médias maiores em relação ao percal e o tricoline 2. Quando comparada a gramatura dentro do tecido, os tricoline 1 e 2 mostraram uma pequena diferença estatística entre as gramaturas superiores e inferiores, ainda sim se mostraram tecidos homogêneos em relação ao espalhamento da cera ao longo do tecido. O percal também se mostrou homogêneo em relação aos parâmetros de gramatura e espessura analisados não demonstrando diferença estatística para essas variáveis.

Os parâmetros avaliados de gramatura e espessura estão ligados diretamente com a homogeneidade das embalagens, com as propriedades de barreira e com as propriedades mecânicas, que uma embalagem pode oferecer, sendo que maiores gramaturas tendem a oferecer maior resistência mecânica (SILVA; BRINQUES e GURAK, 2020).

Apesar de ter apresentado as maiores medias para as variáveis apresentadas na Tabela 3, o tricoline 1 e 2 apresentaram alguns problemas já citados, diferentemente do percal que se mostrou o melhor tecido para elaboração da embalagem nesse estudo. Outra observação interessante é que os tecidos utilizados nesse estudo são tingidos com tinta, de modo que não se sabe sobre a toxicidade dessas tintas e isso é um fator importante a ser analisado já que essas embalagens estarão em contato direto com o alimento.

Os resultados desse estudo mostraram que as técnicas utilizadas não influenciaram sobre a absorção e a homogeneidade de espalhamento da cera, em contrapartida os tecidos mostraram influência sob esses parâmetros. Diante disso é necessário nos próximos estudos, verificar se as diferentes espessuras e gramaturas observadas nesse estudo podem influenciar a permeabilidade a gases e vapores, e qual a influência na conservação de alimentos, já que as empresas afirmam conservar por mais tempo nesse material e o sugerem como substituto ao filme plástico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados o percal apresentou-se como o melhor tecido para elaboração da embalagem, apresentando uma boa homogeneidade de distribuição da cera no tecido. Em relação as técnicas de aplicação da cera, de forma prática a aplicação da cera em pedaços (CP) se mostrou melhor.

## REFERÊNCIAS

ABEEGO CANADA. How To Use. Disponível em: <<https://canada.abeego.com/pages/how-to-use-beeswax-food-wrap>>. Acesso em: 02 fevereiro de agosto de 2021.

ALBINANTE, S. R.; PACHECO, E. B.A.; VISCONTE, L. L. Y. Revisão dos tratamentos químicos da fibra natural para a mistura com poliolefinas. **Revista Química Nova**. v. 36, p. 114-122, jul. 2013.

ALBUQUERQUE, W. M. S. **Estudo da secagem de tecido jeans**. 2011. 126 f. Mestrado (Mestre em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

ARANHA, C. Empresas investem em materiais alternativos ao plástico para atingir metas de sustentabilidade. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Sustentabilidade/noticia/2020/02/empresas-investem-em-materiais-alternativos-ao-plastico-para-atingir-metas-de-sustentabilidade.html>>. Acesso em: 23 de julho de 2021.

ARAUJO, M. A. C. **Embalagens sustentáveis: uma revisão da literatura**. 2018. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Administração) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

Associação Brasileira de Embalagens – ABRE. **Estudo abre macroeconômico da embalagem e cadeia de consumo**. Disponível em: <<https://www.abre.org.br/dados-do-setor/2020-2/>>. Acesso em: 25 de julho de 2021.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM – ISSO 534: Papel e Cartão: determinação da gramatura. Rio de Janeiro, 2008b. Ip.

BARROS, A. I. R N. A.; NUNES, F. H. F. M.; COSTA, M. M. F. **Manual de boas práticas na produção de cera de abelha: princípios gerais**. 1. Ed. Lisboa: 2009. 56p.

BECK, D. E.; LANE, K. M.; SHIEL, C. A.; WELKE, K. F. Food spoilage in beeswax impregnated cotton cloth wraps compared to standard storage methods. **Scholarworks at University of Montana** (2021).

BECK, D. E.; LANE, K. M.; SHIEL, C. A.; WELKE, K. F. Food spoilage in beeswax impregnated cotton cloth wraps compared to standard storage methods. **Scholarworks at University of Montana** (2021).

BIBI, F.; BALOCH, M. K. (2014). Quality and Shelf Life of Mango Fruits and Coatings. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 38, p. 499–507, 2014.

BRASIL, Instrução Normativa n.3, de 19 de janeiro de 2001. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de apitoxina, cera de abelha, geléia real, geléia real liofilizada, pólen apícola, própolis e extrato de própolis. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, seção 1 p.18-23, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 2**, de 15 de janeiro de 2007. Regulamento Técnico Sobre Aditivos Alimentares. Brasília, DF, 2007. Disponível em:

[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/9a67750047457f218ac0de3fbc4c6735/RDC\\_2\\_2007.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/9a67750047457f218ac0de3fbc4c6735/RDC_2_2007.pdf?MOD=AJPERES). Acesso em: 22 de jan. de 2021.

CAMPÊLO, M. C. S.; FREIRE, D. A. C.; ABRANTES, M. C.; SOUZA, E. S.; SILVA, J. B. A. Potencial antimicrobiano de própolis e cera de diferentes espécies de abelha sem ferrão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 9, n. 4, p. 397-400, 2015.

CANEDA, C. M. **Secagem de materiais têxteis**. 2016. 117 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

CSERI, D. Fundamentos de malharia: estudo do fator de elasticidade em tecidos de malha e suas aplicações. Maio de 2014. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/debcseri/fundamentos-demalharia-estudo-do-fator-de-elasticidade>>. Acessado em: 5 de junho de 2015>.

FAVO BIOEMBALAGEM. História. Disponível em: <<https://www.favobioembalagem.com.br/about>>. Acesso em: 18 fevereiro 2021.

FURTADO, D. O. F. **Nanorevestimento de tecido de algodão através da impregnação de tiO<sub>2</sub> e filme dlc depositado por plasma**. 2015. 94 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

HSIN, C.; CHEN, D. Efficacy of hand washing beeswax food wrap in household. **Use. BCIT Environmental Health Journal**. 2019.

HSIN, C; CHEN, D. Efficacy of hand washing beeswax food wrap in household. **Use. BCIT Environmental Health Journal**. 2019.

MEDEIROS, B. G. S. *et al.* Development and characterization of nanomultilayer coating of pectin and chitosan – evaluation of its gas barrier properties and application on „Tommy Atkins mangoes. **Journal of Foods Engineering**, 110, p. 457-464, 2012.

NAVARRO-TARAZAGA, M. L.; MASSA, A.; PÉREZ-GAGO, M. B. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (cv. Angeleno). **Food Science and Technology**. v. 44, p. 2328- 2334, 2011.

NEVINE, B. G. Study on the antimicrobial activity of honey products and some Saudi Folkloric substances. **Research Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 4, p. 38-43, 4 nov. 2011.

OLIVEIRA, V. R. L. **Avaliação da incorporação de cera de abelha na hidrofobização de filmes biopoliméricos e seu efeito como cobertura na conservação pós-colheita da goiaba**. 2017. 109 F. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

OLLÉ, T. A.; WOLFF, L. F.; SILVA, E. H. Metodos simplificados de derretimento de favos de mel e reciclagem de cera de abelhas. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, v. 1, p. 1-24, dez. 2018.

PINTO, C. T.; PANKOWSKI, J. A.; NANO, F. E. The anti-microbial effect of food wrap containing beeswax products. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 7, p. 45-48, out-nov. 2017.

SILVA, C. B. **Comparativo das propriedades de transporte de umidade, capilaridade, permeabilidade ao vapor e permeabilidade ao ar em tecidos planos de poliéster.** 2013. 140 f. Tese (Doutora em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

SILVA, M. L. T.; BRINQUES, G. B.; GURAK, P. D. (2020). Development and characterization of corn starch bioplastics containing dry sprout by-product flour. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, p. 1-13, mar. 2020.

SZULC, J.; MACHNOWSKI, W.; KOWALSKA, S.; JACHOWICZ, A.; RUMAN, T.; STEGLINSKA, A.; GUTAROWSKA, B. Beeswax-modified textiles: method of preparation and assessment of antimicrobial properties. **Polymers**, v. 12, p. 1-15, fev. 2020.

VASCONCELOS, Y. Planeta Plástico. **Pesquisa FAPESP**, n. 281. Jul. 2019. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/planeta-plastico/>>. Acesso em: 24 de julho de 2021.

VERGARA, L. D. P.; CIFUENTES, M. T.; FRANCO, A. P.; CERVERA, C. E. P.; PIZARRO, R. D. A. Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and propolis. **NFS Journal**, v. 21, p. 39-49, set. 2020.

XIE, B.; ZHANG, Z.; LUO, Z.; WANG, Y.; LI, Y.; LI, B.; LIU, S. Edible coating based on beeswax-in-water Pickering emulsion stabilized by cellulose nanofibrils and carboxymethyl chitosan. **Food Chemistry**. v. 33. nov. 2020.

**ANÁLISE DOS AMBIENTES DE CONSUMO DE PRODUTOS DE  
GELATERIAS/SORVETERIAS DO MUNICÍPIO DE PARANAÍBA-MS DURANTE O  
PERÍODO DE PANDEMIA COVID-19**

**ANÁLISIS DE LOS AMBIENTES DE CONSUMO DE HELADOS/PRODUCTOS DE  
HELADOS EN EL MUNICIPIO DE PARANAÍBA-MS DURANTE EL PERÍODO DE  
PANDEMIA DEL COVID-19**

**ANALYSIS OF CONSUMPTION ENVIRONMENTS OF ICE CREAM/ICE CREAM  
PRODUCTS IN THE MUNICIPALITY OF PARANAÍBA-MS DURING THE COVID-  
19 PANDEMIC PERIOD**

Waldo Alves da Silva<sup>1</sup>; João Víctor de Andrade dos Santos<sup>2</sup>; Wesley de Melo da Luz<sup>3</sup>; Ramon Santos de Minas<sup>4</sup>; Angela Kwiatkowski<sup>5</sup>

**DOI:** <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.62-78>

**RESUMO**

Considerando o período da pandemia da COVID-19 e que as normas de higiene devem ser seguidas em todos estabelecimentos de produção e oferta de alimentos, objetivou-se com este trabalho avaliar o panorama higiênico-sanitário, conforme normas vigentes, em estabelecimentos do tipo gelaterias/sorveterias de Paranaíba-MS. Foram realizadas visitas em sete sorveterias, realizando levantamento dos produtos e forma que são oferecidos nas gelaterias/sorveteiras, a avaliação de quesitos higiênicos-sanitários em relação ao manipulador de alimentos e em relação aos equipamentos/utensílios utilizados e aos ambientes de consumo e uso do público consumidor de gelaterias/sorveterias. Os resultados indicaram que os estabelecimentos de gelados comestíveis/sorveterias avaliados, em sua maioria oferecem os produtos no formato “self-service” (85,7%) e demais (14,3%) servem no método tradicional, no qual o atendente monta o sorvete solicitado pelo consumidor, e, ainda em sua maioria são revendedores (71,4%). Em um estabelecimento foi visualizado que manipuladores/atendentes não estavam utilizando máscara de proteção, mesmo considerando a pandemia da COVID-19, assim como touca nos cabelos, mas todos apresentaram cabelos presos. Em relação à higiene das mesas de consumo e demais mesas e mobiliários dos estabelecimentos e limpeza e higiene dos pisos dos ambientes, todos estavam em plena organização higiênico-sanitária. As lixeiras dos ambientes se encontravam com tampas, mas nem todas com pedal ou com sistema de abertura sem o toque das mãos. Grande parte dos banheiros estavam limpos, mas 42,9% dos estabelecimentos apresentaram ausência de sabonetes para higiene das mãos. Foi conferida ausência de papel toalha nos ambientes de banheiro para o uso do consumidor. Em relação à funcionalidade da válvula de descarga dos vasos sanitários ou privadas sanitárias, todas as instalações avaliadas estavam em perfeito funcionamento, com oferta de papel higiênico no interior do ambiente do banheiro.

**Palavras-Chave:** Higiene, sorvetes, legislação, adequação sanitária.

---

<sup>1</sup> Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, IFMS, *Campus Coxim*, [waldo2428@gmail.com](mailto:waldo2428@gmail.com)

<sup>2</sup> Mestrando em Ciências da Saúde, Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, [victorandrade.j.s@gmail.com](mailto:victorandrade.j.s@gmail.com)

<sup>3</sup> Graduando em Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, IFMS, *Campus Coxim*, [wesley.luz@estudante.ifms.edu.br](mailto:wesley.luz@estudante.ifms.edu.br)

<sup>4</sup> Doutor em Produção Vegetal, Escola de Aprendizes-Marinheiros do Espírito Santo, EAMES, [ramonsantosdeminas@gmail.com](mailto:ramonsantosdeminas@gmail.com)

<sup>5</sup> Doutora em Agronomia, Pós-doutora em Ciência dos Alimentos, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, IFMS, *Campus Coxim*, [angela.kwiatkowski@ifms.edu.br](mailto:angela.kwiatkowski@ifms.edu.br)

## RESUMEN

Considerando el período de la pandemia del COVID-19 y que se deben seguir las normas de higiene en todos los establecimientos de producción y suministro de alimentos, el objetivo de este trabajo fue evaluar el escenario higiénico-sanitario, de acuerdo a la normatividad vigente, en establecimientos como heladerías/heladerías. cremas en Paranaíba-MS. Se realizaron visitas en siete heladerías, realizándose un relevamiento de los productos y la forma en que se ofrecen en las heladerías/heladerías, la evaluación de los requisitos higiénico-sanitarios en relación al manipulador de alimentos y en relación con los equipos/utensilios utilizados y los ambientes de consumo y uso del público consumidor de heladerías/heladerías. Los resultados indicaron que los establecimientos de helados/helados comestibles evaluados en su mayoría ofrecen los productos en el formato de "autoservicio" (85,7%) y los demás (14,3%) sirven el método tradicional, en el que el encargado prepara el helado. solicitada por el consumidor, y la mayoría son revendedores (71,4%). En un establecimiento se vio que los manipuladores/asistentes no portaban mascarilla de protección, aún considerando la pandemia del COVID-19, así como gorro para el cabello, pero todos tenían el cabello recogido. En cuanto a la higiene de las mesas de consumo y demás mesas y mobiliario de los establecimientos y la limpieza e higiene de los pisos de los ambientes, todos se encontraban en plena organización higiénico-sanitaria. Los botes de basura en los ambientes tenían tapas, pero no todos tenían pedal o un sistema de apertura sin tocar las manos. La mayoría de los baños estaban limpios, pero el 42,9% de los establecimientos no tenían jabón para la higiene de manos. Se comprobó la ausencia de toallas de papel en los ambientes de baño para uso del consumidor. En cuanto a la funcionalidad de la válvula de descarga de los inodoros o sanitarios, todas las instalaciones evaluadas se encontraban en perfecto estado de funcionamiento, con suministro de papel higiénico dentro del ambiente del baño.

**Palabras Clave:** Higiene, helados, legislación, adecuación sanitaria.

## ABSTRACT

Considering the period of the COVID-19 pandemic and that hygiene standards must be followed in all food production and supply establishments, the objective of this work was to evaluate the hygienicsanitary scenario, according to current regulations, in establishments such as gelateries/ ice cream parlors in Paranaíba-MS. Visits were carried out in seven ice cream shops, carrying out a survey of the products and the way they are offered in the ice cream parlors/ice cream parlors, the evaluation of hygienic-sanitary requirements in relation to the food handler and in relation to the equipment/utensils used and the environments of consumption and use. of the consumer public of gelateries/ice cream parlors. The results indicated that the edible ice cream/ice cream establishments evaluated mostly offer the products in the "self-service" format (85.7%) and the others (14.3%) serve the traditional method, in which the attendant sets up the ice cream requested by the consumer, and most of them are resellers (71.4%). In one establishment, it was seen that handlers/attendants were not wearing a protective mask, even considering the COVID-19 pandemic, as well as a hair cap, but all had hair tied up. Regarding the hygiene of consumption tables and other tables and furniture in the establishments and cleaning and hygiene of the floors of the environments, all were in full hygienic-sanitary organization. The trash cans in the environments had lids, but not all of them had a pedal or an opening system without touching the hands. Most of the bathrooms were clean, but 42.9% of the establishments had no soap for hand hygiene. The absence of paper towels was checked in the bathroom environments for consumer use. Regarding the functionality of the flush valve of the toilets or toilets, all the facilities evaluated were in perfect working order, with supply of toilet paper inside the bathroom environment.

**Keywords:** Hygiene, ice cream, legislation, sanitary adequacy.

## INTRODUÇÃO

O município de Paranaíba está situado na Região do Bolsão do Estado de Mato Grosso do Sul, com sede localizada a 414 km da capital Campo Grande. Apresenta ligação rodoviária, com estrada pavimentada, para os municípios de Inocência, Aparecida do Taboado e

Cassilândia (MS). Pela extensão territorial e pela localização, o município tem se destacado no contexto do agronegócio (IBGE, 2021). O setor que mais gera valor no município é o de Comércio e Serviços, que vem mantendo a sua participação nos últimos anos. O setor agropecuário apresentou pequena participação no valor da produção de 2012, contribuindo com cerca de 14% do PIB municipal, valor próximo ao nível estadual que chega a 12% (SEBRAE, [s.d.]).

Considerando o atual cenário do setor de comércio e serviço, a segurança alimentar vem sendo um grande desafio atual e visa a oferta de alimentos livres de agentes que podem pôr em risco a saúde do consumidor, com as Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA), assim como a pandemia COVID-19, deixando toda a sociedade mais crítica em relação ao consumo de alimentos. Em razão da complexidade dos fatores, a questão deve ser analisada ao longo de toda a cadeia alimentar. Assim, a fiscalização da qualidade dos alimentos deve ser feita não só no produto final, mas em todas as etapas da produção, desde o abate ou colheita, passando pelo transporte, armazenamento e processamento, até a distribuição final ao consumidor (VALENTE; PASSOS, 2004).

Para assegurar que os alimentos sejam preparados de maneira a garantir a segurança do consumidor devem ser tomadas medidas de prevenção e controle em todas as etapas da cadeia produtiva até a aquisição/consumo. As contaminações químicas e biológicas durante a produção, processamento e consumo em decorrência das práticas inadequadas aumentam substancialmente o risco de ocorrência DTA (PRAXEDES, 2003 apud GENTA; MAURICIO; MATIOLI, 2005).

As gelaterias ou sorveterias são estabelecimentos que ofertam produtos alimentícios como sorvetes ou gelados comestíveis, que podem ser obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem a adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma mistura de água, açúcares e outros ingredientes e substâncias que tenham sido submetidas ao congelamento, em condições que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante o armazenamento, o transporte, a comercialização e a entrega ao consumo (BRASIL, 2003). O objetivo do trabalho foi realizar a observação em relação ao quantitativo de opções de produtos fornecidos ao consumidor, assim como observação e análise visual das condições higiênicas do ambiente de consumo e, uso de equipamentos de proteção individual (EPI) por parte dos manipuladores/atendentes de gelaterias e sorveterias do município de Paranaíba-MS.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Cenário das gelaterias/sorveterias

O setor de sorveterias e gelaterias movimenta mais de R\$ 13 bilhões por ano no Brasil, de acordo com a Associação Brasileira de Indústrias e do Setor de Sorvetes (ABIS). Um excelente mercado para quem quer abrir um negócio com alto potencial de consumo e crescimento. Os dados apontam que o consumo de sorvetes e gelatos nas regiões sul, nordeste e sudeste representam 86% do mercado do Brasil. Índices de 15%, 19% e 52%, respectivamente (TORTELLI, 2021).

O mercado brasileiro está constantemente em crescimento, o que faz com que sua produção de gelados comestíveis seja maior a cada ano. Conforme informações da AGAGEL - Associação Gaúcha das Indústrias de Gelados Comestíveis e Afins e Abis, o consumo de sorvete no Brasil (em milhões de litros) cresceu 90,5% nos últimos 11 anos (ACAGEL, [s.d] apud SEBRAE, 2015). De acordo com Sebrae (2015) a indústria do sorvete no MS é pouco expressiva. Apesar de representar 9,0% do total da indústria de alimentos do estado, equivale a apenas 2,3% das indústrias do setor de gelados comestíveis no Brasil. Segundo dados da ABIS, a região Sudeste apresenta o maior percentual de consumo do produto no Brasil (52%), enquanto o consumo nacional per capita no ano de 2019 foi de 5,29 L/ano (UNIRIO, 2021).

Mesmo com esse índice, o clima do MS atrai a população ao alto consumo de gelados comestíveis com grande frequência, o que faz com que aumente a atenção das autoridades sanitárias em relação à higiene e normas sanitárias com os locais que comercializam estes produtos. Assim, em conformidade com a legislação vigente (BRASIL, 2004), as instalações físicas dos estabelecimentos que produzem e comercializam alimentos, como piso, parede e teto devem possuir revestimento liso, impermeável e lavável. Devem ser mantidos íntegros, conservados, livres de rachaduras, trincas, goteiras, vazamentos, infiltrações, bolores, descascamentos, dentre outros e não devem transmitir contaminantes aos alimentos. “As áreas internas e externas do estabelecimento devem estar livres de objetos em desuso ou estranhos ao ambiente, não sendo permitida a presença de animais” (BRASIL, 2004).

De acordo com Gelateriarhode's (2011), o responsável pelas atividades de manipulação de alimentos, deverá ter autoridade e competência para implantação e manutenção das “Boas Práticas de Fabricação, Manipulação – BPFM, Controle de Qualidade dos Alimentos” e do “Procedimento Operacional Padronizado – POP” entre outras atividades relacionadas a higiene e controle de qualidade no ambiente de trabalho. Além disso, o regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação, estabelece que os equipamentos necessários à exposição ou distribuição de alimentos preparados sob temperaturas controladas, devem ser devidamente

dimensionados, e estar em adequado estado de higiene, conservação e funcionamento (BRASIL, 2004).

Ainda, de acordo com Brasil (2004), a temperatura desses equipamentos deve ser regularmente monitorada, mantendo a limpeza do ambiente como banheiro, das mesas, cadeiras, balcão, cubeta e compartimentos de exposição dos gelados. Também quanto aos manipuladores, usando uniformes, toucas, luvas e máscaras que é um item indispensável nesse cenário atual devido ao surto do novo Coronavírus (COVID-19) que causou grande impacto no comércio em geral. No entanto, alguns comércios não estão totalmente de acordo com a legislação por falha em pelo menos um desses itens, seja no ambiente e /ou manipulador.

De acordo com Martins (2020) o setor de sorveterias e gelaterias tem sofrido com a estagnação econômica dos últimos tempos, mas, apesar de tantos percalços, há empresas que conseguem se manter ou até lucrar nesse cenário, mesmo em meio a esta crise sanitária e econômica em que o país se encontra atualmente.

### Gelaterias/Sorveterias

Conforme Correia et al. (2008) apud Farias (2016) e Araújo (2021) o sorvete é um produto lácteo de consumo expressivo em praticamente todas as partes do mundo, mesmo em países de clima frio. Com isso, existem vários tipos de gelados comestíveis, como por exemplo:

- Sorbet - Gelados à base de água, elaborados com polpas ou sucos de frutas, 0%;

- Sherbert - Gelados à base de leite com teor reduzido de gordura e proteínas, sendo a gordura necessariamente de origem láctea, 1 a 2%;
- Sorvete Tradicional - Gelados à base de leite e outros ingredientes com teor de gordura ideal para um sorvete cremoso e equilibrado, 6 a 10%;
- Sorvete Premium – São gelados à base de leite e outros ingredientes nos quais os teores de gordura são superiores a 10%, propiciando um sorvete mais cremoso, 10 a 16%;
- Sorvete Super Premium - Gelados à base de leite ou derivados lácteos e outros ingredientes, onde os teores de gordura são superiores a 16%, resultando num sorvete cremoso e com menos ar, superior a 16% (ESTUMANO; MELO, 2018).
- Sorvetes de massa ou cremosos: É o tradicional pote do mercado, são misturas de ingredientes alimentares, batidas e resfriadas até o congelamento, resultando em massa aerada. São sorvetes que apresentam uma textura suave e extremamente leve, devido à incorporação de ar em sua produção.

- Picolés: É uma porção individual de gelados comestíveis de composição variada, geralmente suportados por uma haste (palito), obtidos por congelamento da mistura de ingredientes alimentares.
- Paleta mexicana: O que difere o picolé da paleta é o tamanho e o peso. O picolé é um pouco menor e mais leve, enquanto as paletas mexicanas são maiores e um pouco mais pesadas. Ambos possuem uma infinidade de sabores, muitas das vezes são produzidos com polpas de frutas.
- Sorvete artesanal: É fabricado a partir de ingredientes naturais e frescos, e não leva corantes nem aromatizantes artificiais em seu preparo, tornando-se mais saudável que o industrializado. Sua textura é mais densa e mais cremosa. Geralmente é vendido por bola ou por quilo.
- Sorvete italiano (gelato): É o sorvete de massa italiano e artesanal. A gordura utilizada é a do leite, não se utiliza gordura hidrogenada nem qualquer tipo de emulsificante e estabilizante. Tem menos incorporação de ar que os outros tipos de sorvetes de massa.
- Frozen yogurt: O iogurte é a base da sua composição. Ele não é 100% iogurte congelado, há leite, emulsificantes, estabilizantes e outros ingredientes em sua composição, produtos geralmente utilizados na produção de sorvetes. Possui menor teor de gordura.
- Sorvete expresso: são aqueles sorvetes de máquinas (muito comuns em redes de “fastfood”), que podem ser servidos na casquinha, no copo, como “sundae” ou “Milk shake”. A receita leva pó de sorvete, leite e açúcar. As máquinas de sorvete transformam a mistura em sorvete através de um processo de arrefecimento.

### **Higiene nos estabelecimentos de gelaterias/sorveterias**

Aparentemente o sorvete apresenta-se como um produto que está isento de produtos passíveis de causar mal à saúde devido ao fato de ser um produto mantido congelado. No entanto, se não forem tomados cuidados durante todo o processo de elaboração do sorvete, microrganismos permanecerão no produto em fase de latência, podendo a vir causar danos a quem o ingerir (BORSZCZ, 2002 apud SANTOS; VERONA, 2014). Trazendo um levantamento das legislações vigentes brasileiras, temos:

- Portaria Nº 326, de 30 de Julho de 1997. Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos.

- RDC 275, de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos
- RDC 267, de 25 de setembro de 2003. Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis;
- Resolução Nº 216, de 15 de Setembro de 2004. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação;

De acordo com a RDC 326 (BRASIL, 1997) para os Requisitos de Higiene do Estabelecimento, estabelece que: “Com a finalidade de impedir a contaminação dos alimentos, toda área de manipulação de alimentos, os equipamentos e utensílios devem ser limpos com a frequência necessária e desinfetados sempre que as circunstâncias assim o exigem. O estabelecimento deve dispor de recipientes adequados, de forma a impedir qualquer possibilidade de contaminação, e em número e capacidade suficiente para verter os lixos e materiais não comestíveis”. Ingerir um alimento é nutrir-se. Ingerir um alimento é saciar a fome, é satisfazer um desejo, lembrar um sabor, é partilhar momentos. Mas de acordo com a RDC 216 (BRASIL, 2004), para ser fonte de nutrição, bem-estar, saúde e boas recordações, os alimentos precisam ser produzidos, manipulados, armazenados e preparados com responsabilidade, cuidado e higiene. Pois, caso contrário, os produtos podem significar riscos importantes à saúde humana.

Segundo RDC 216 (BRASIL, 2004) no estudo das doenças de origem alimentar ou doenças transmitidas por alimentos (DTA), apresentam-se como principais vilões os microrganismos patogênicos (infecciosos ou intoxicantes, como bactérias infecciosas ou patogênicas, fungos micotoxigênicos, vírus e parasitas), causadores das toxinfecções alimentares.

Os sorvetes de massa, são servidos, na maioria das vezes em sistema de “self-service”, onde o cliente se serve da quantidade que desejar, adiciona recheios e pesa tudo no final. Essa forma de servir é muito utilizada pelas sorveterias, no intuito de deixar os clientes mais confortáveis e diminuir a quantidade de funcionários. O sistema “delivery” é uma das formas mais utilizadas atualmente, principalmente quando se trata de comodidade e facilidade na hora de fazer um pedido, desta forma, esses estabelecimentos oferecem o “delivery” como uma forma prática de obter os produtos sem sair de casa.

Todo estabelecimento de distribuição e/ou produção de alimentos deve se adequar as normas de acordo com a legislação vigente, não seria diferente no caso das sorveterias e gelaterias, pensando nisso, as características ideias e as formas reais deste ambiente devem ser implementadas e seguidas por todos que atuam nas gelaterias/sorveterias, assim como em qualquer estabelecimento de alimentos. Para os manipuladores de alimentos, segundo a RDC 216 (BRASIL, 2004), entre os procedimentos que constam nas Boas Práticas está a higiene pessoal e, para que ela seja realizada de forma correta e esteja dentro das normas, o profissional responsável pela manipulação dos alimentos deve cumprir, diariamente, os seguintes hábitos:

- Estética e asseio;
- Banho diário;
- Escovação dos dentes;
- Cabelos totalmente protegidos;
- Barba feita diariamente e bigode aparado;
- Unhas curtas, limpas, sem esmalte ou base;
- Uso de desodorante inodoro ou suave, sem utilização de perfumes;
- Maquiagem leve;
- Não utilização de adornos (colares, amuletos, pulseiras ou fitas, brincos, relógio e anéis, inclusive alianças, e piercings);
- Uniformização;
- Uniformes completos, de cor clara, bem conservados e limpos, e com troca diária. Utilização somente nas dependências internas do estabelecimento;
- Os sapatos devem ser fechados, antiderrapantes, em boas condições de higiene e conservação.
- O uso de avental plástico deve ser restrito às atividades nas quais há grande quantidade de água e não deve ser utilizado próximo ao calor;
- Não carregar no uniforme objetos como canetas, lápis, batons, escovinhas, cigarros, isqueiros, relógios e outros adornos;
- Nenhuma peça do uniforme deve ser lavada dentro da cozinha;
- Higiene das mãos;
- Os estabelecimentos comerciais, empresas e indústrias alimentícias devem fixar, em locais estratégicos e de forma visível, cartazes com informações sobre o procedimento correto da higienização das mãos.

De acordo com a RDC 216 a periodicidade da higienização ambiental deve ter uma periodicidade suficiente para que todas as áreas, superfícies e utensílios recebam a limpeza mínima necessária e adequada. Estabelecer um cronograma com a frequência e indicação dos itens é um método eficaz e importante. A periodicidade da higienização ambiental pode depender do processo de produção, das propriedades das matérias-primas e dos produtos

utilizados, pois ainda conforme a RDC 216, o intervalo de limpeza pode variar ainda da seguinte maneira: higienização da estrutura física, equipamentos, utensílios, lixo e reservatório de água pode ser diário, semanal, quinzenal, mensal, semestral, respectivamente.

Já, segundo a RDC 267 (BRASIL, 2003), quando da exposição à venda de gelados comestíveis, é permitido que a temperatura do produto final seja igual ou inferior a -12°C (menos doze graus Celsius). O estabelecimento também deve adotar medidas a fim de assegurar que as conservadoras ou equipamentos (freezers) apresentem apropriadas condições de conservação do produto final de forma que a temperatura do mesmo atenda à legislação sanitária, para garantir boa qualidade microbiológica.

## METODOLOGIA

A pesquisa realizada foi qualitativa. Foi realizada a observação e verificação visual de sete estabelecimentos do tipo gelaterias/sorveterias da cidade de Paranaíba-MS, no qual objetivou-se observar as condições sanitárias destes locais. A análise crítica se baseou em desenvolvimento de uma avaliação observacional utilizando uma lista de verificação higiênicosanitária (check-list) de acordo com a RDC 216 de 2004 e as descrições de Almeida et al. (2013) no período de maio a agosto de 2021. A observação e análise visual foi dividida em três perspectiva: o atendente/manipulador; o ambiente de consumo; e, produtos oferecidos.

Foi realizada uma pesquisa qualitativa em estabelecimentos de sorveterias e gelaterias na cidade de Paranaíba - MS. Foi realizada visita até esses locais e observou os aspectos de higiene do piso e mesas, também foram observados os parâmetros mais importantes nesse tipo de estabelecimento, a higiene nas cubetas e nas colheres de sorvete. De acordo com a Resolução RDC 267 de 2003 e a RDC 266 de 2005 do “roteiro de inspeção em estabelecimentos industrializados de gelados comestíveis (sorvetes) ”, descreve que é indispensável que os estabelecimentos adotem medidas que assegurem que as conservadoras ou equipamentos, freezers, apresentem apropriadas condições de conservação.

A higiene do manipulador também é muito importante, por esse motivo, esse parâmetro também foi avaliado. Segundo Finamac (2018), é recomendável a os manipuladores usar unhas sempre curtas e limpas; no caso dos homens, ter barba e bigode sempre bem feitos; as mulheres não devem usar esmaltes ou bases de qualquer tipo; lavar adequadamente as mãos antes de começar a produção, sempre que for ao banheiro, tossir, espirrar ou entre uma produção e outra; os cabelos devem permanecer presos e cobertos por touca; os funcionários devem usar uniformes sempre limpos e em bom estado de conservação, com trocas diárias.

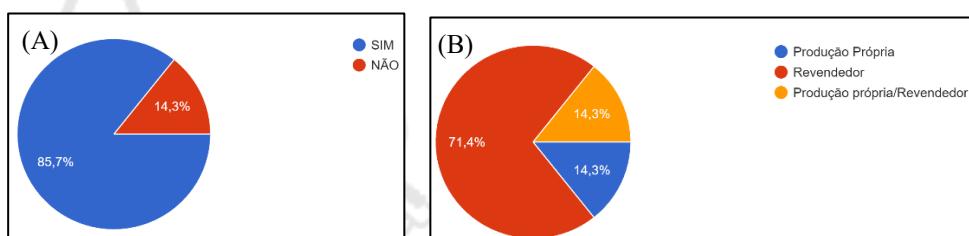
A cor e turbidez da água das cubetas é um dos parâmetros mais importantes desse tipo de avaliação, porque quando a água está muito turva ou esbranquiçada, significa que foram feitas muitas lavagens da colher, amentando o risco de contaminação por microrganismos, já que muitos tipos de sorvete têm em sua composição o leite e ovo, componentes muito susceptíveis a contaminação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Aspectos gerais dos estabelecimentos/produtos ofertados ao consumidor

A pesquisa foi realizada em sete estabelecimentos de gelados comestíveis/sorveterias da cidade de Paranaíba – MS. Observou-se que 85,7% dos estabelecimentos são de comércio tipo “self-service”, e 14,3% serve no método tradicional, no qual o atendente monta o sorvete solicitado pelo cliente/consumidor (Figura 1A). Os comércios foram divididos em de acordo com sua maneira de produção: produção própria (quando o estabelecimento produz seu próprio sorvete); revendedor (quando o estabelecimento revende os produtos fabricados por outra empresa); produção própria/revendedor (quando o estabelecimento produz e vende seu próprio produto) (Figura 1B).

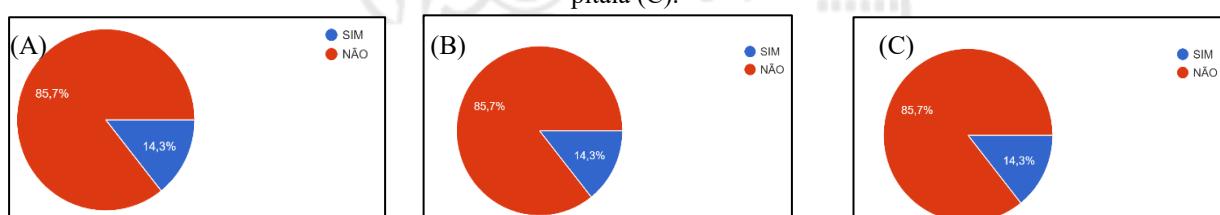
**Figura 1:** Classificação pela forma de oferta do produto ao consumidor (A) e tipo de estabelecimento (B)



**Fonte:** Própria (2021).

Foi observado que as áreas externas dos estabelecimentos, nos momentos das visitas, estavam livres de focos de insalubridade, lixo, objetos em desuso, pragas e animais, estando de acordo com o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação, conforme estabelecido pela RDC 216 de 15 de setembro de 2004 (BRASIL, 2004).

**Figura 2:** Opções de outros produtos gelados comestíveis: polpa de açaí (A); polpa de cupuaçu (B); e, polpa de pitaia (C).

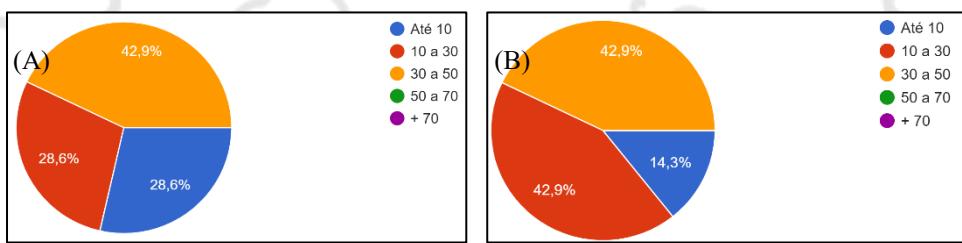


**Fonte:** Própria (2021).

Como forma de caracterizar os produtos oferecidos pelos estabelecimentos avaliados, 14,3% dos locais oferecem polpas de frutas congeladas, como açaí, cupuaçu e pitaia, ao cliente (Figura 2), o que representa um (01) em sete (07) estabelecimentos do tipo gelaterias/sorveterias visitados no município.) Foi observado que nenhum das gelaterias/sorveterias oferecem produtos à base de leite sem lactose, mas oferecem opções naturalmente sem lactose, por serem elaborados com polpa de frutas e água em sua composição.

Os estabelecimentos ofertam uma grande variedade de sabores de sorvetes em massa e picolés. A Figura 3A e B indica que a maioria dos estabelecimentos ofertam entre 30 à 50% de opções dos produtos gelados comestíveis.

**Figura 3:** Variedades de sabores de sorvete em massa (A); picolés (B)

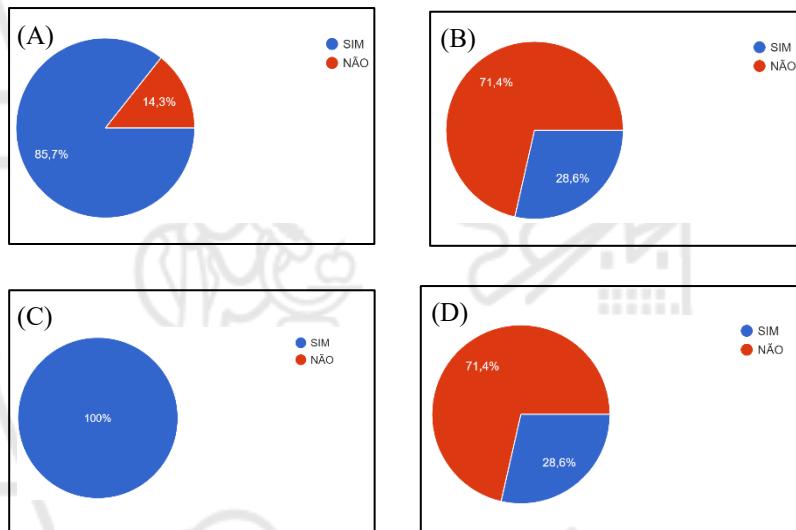


Fonte: Própria (2021).

### Atendentes/Manipuladores

Considerando o senário atual do país, a utilização de máscara nesses locais também foi avaliada, e apenas 14,3% dos atendentes não estavam utilizando máscara de proteção (Figura 4A). Mesmo este número sendo baixo, cerca de 71,4% dos manipuladores não utilizavam touca no momento da pesquisa, uma porcentagem relativamente alta, se considerarmos a quantidade de estabelecimentos avaliados (Figura 4B). Notou-se que no quesito cabelo preso, todos os atendentes estavam de acordo com os requisitos exigido pela legislação (Figura 4C). O uso de luvas pelos manipuladores/atendentes foi observado apenas em 28,6% dos locais de avaliação (Figura 4D).

**Figura 4:** EPI do manipulador/atendente: utilização de máscara de proteção (A), touca (B), Cabelo preso (C) e uso de luvas (D).

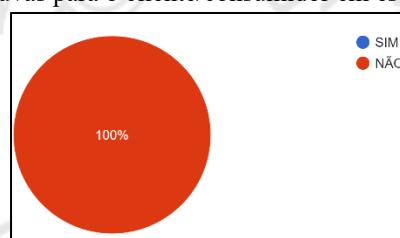


Fonte: Própria (2021).

Estando no cenário atual de pandemia pela COVID-19, observou-se um detalhe que chamou bastante a atenção, foi o fato que nenhum dos estabelecimentos que optam em apresentar o tipo de comércio “self-service” não tinham luvas para os clientes usarem enquanto montassem seus sorvetes em pleno período pandêmico o que pode aumentar o risco de contágio (Figura 5). Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) a COVID-19 é uma doença infecciosa causada pelo coronavírus SARS-CoV-2 e tem como principais sintomas febre, cansaço e tosse seca. Outros sintomas menos comuns e que podem afetar alguns pacientes são: perda de paladar ou olfato, congestão nasal, conjuntivite, dor de garganta, dor de cabeça, dores nos músculos ou juntas, diferentes tipos de erupção cutânea, náusea ou vômito, diarreia, calafrios ou tonturas (OPAS, 2022).

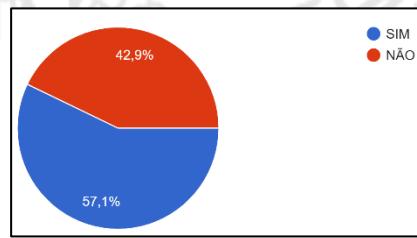
Já na questão uniforme notou-se que pouco mais de 57 % dos atendentes estavam usando que é uma quantidade bem pequena, quando consideramos os sete estabelecimentos (Figura 6). Foi observado que os trajes/uniformes utilizados pelos atendentes estavam limpos. Segundo a RDC 216 de 15 de setembro de 2004 (BRASIL, 2004) os funcionários responsáveis pela atividade de higienização das instalações sanitárias devem utilizar uniformes apropriados e diferenciados daqueles uniformes/trajes utilizados na manipulação de alimentos, mas este item não foi avaliado durante a visita e avaliação do estabelecimento.

**Figura 5:** Fornecimento de luvas para o cliente/consumidor em estabelecimento “self-service”



Fonte: Própria (2021).

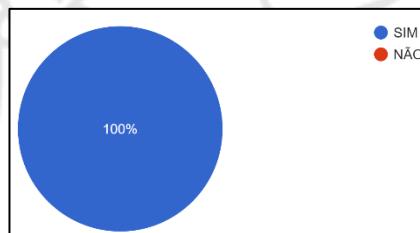
**Figura 6:** Uso de uniformes pelos atendentes/manipuladores.



Fonte: Própria (2021).

Mas um detalhe que chamou bastante atenção foi a falta de atendentes para fazer somente a função de servir os clientes/consumidores, conforme Figura 7, ou seja, nos estabelecimentos que não são do tipo “self-service”, os mesmos atendentes que servem os gelados/sorvetes são os responsáveis de receberem o pagamento pelo produto no caixa. Em 100% dos estabelecimentos o mesmo atendente monta e serve o sorvete e atende no caixa.

**Figura 7:** Índice de atendente/manipulador que também atende e recebe o pagamento dos produtos no caixa.

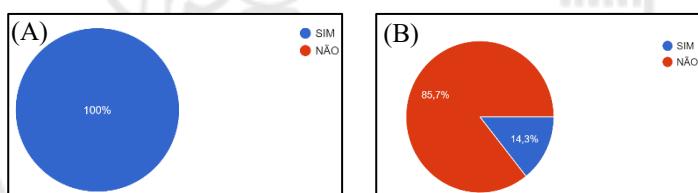


Fonte: Própria (2021).

### Higiene do ambiente/utensílios/equipamentos

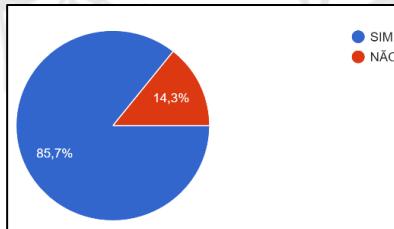
Em 100% dos estabelecimentos tinham água na colher/cubeta (Figura 8A), mas podemos visualizar que uma 14,3% dos estabelecimentos foi identificado que a água onde a cubeta fica até o consumidor se servir, estava turva pelo uso constante dos consumidores (Figura 8B). Esta turvação da água ocorre devido à grande quantidade de lavagem da colher ou cubeta de montar sorvete, este cenário pode ser considerado propício para o desenvolvimento de microrganismos nocivo à saúde humana.

**Figura 8:** Colher/cubeta de se servir, recipiente com água (A) e turvação da água (B).



Fonte: Própria (2021).

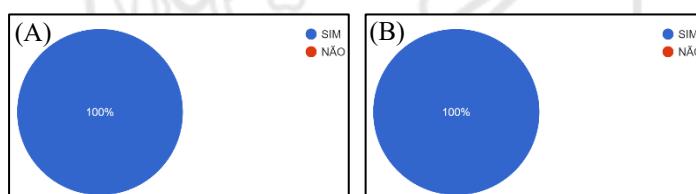
**Figura 9:** Limpeza das instalações de armazenamento/freezer de servir o gelado/sorvete.



Fonte: Própria (2021).

Conforme a RDC 216 de 15 de setembro de 2004 (BRASIL, 2004), as instalações, os equipamentos, os móveis e os utensílios devem ser mantidos em condições higiênico-sanitárias apropriadas, assim podemos observar que em 14,3% dos estabelecimentos não atenderam e se apresentaram em desconformidade com a resolução vigente na questão de higiene dos equipamentos refrigeradores em que se armazenam ou distribuem o produto ao consumidor (Figura 9).

**Figura 10:** Higiene das mesas de consumo e demais no ambiente do estabelecimento (A) e higiene do piso do estabelecimento (B).



Fonte: Própria (2021).

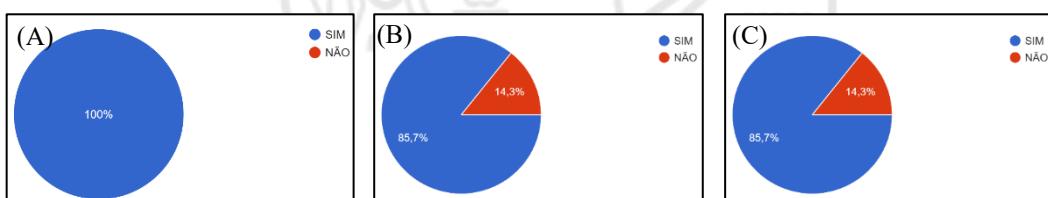
Em relação à higiene das mesas de consumo e demais mesas e mobiliários dos estabelecimentos, assim como limpeza e higiene dos pisos dos ambientes, todos estavam em plena organização higiênico-sanitária (Figura 10A e B) atendendo a RDC 216 de 15 de setembro de 2004 (BRASIL, 2004).

As superfícies dos equipamentos, móveis e utensílios utilizados na preparação, embalagem, armazenamento, transporte, distribuição e exposição à venda dos alimentos devem ser lisas, impermeáveis, laváveis e isentas de rugosidades, frestas e outras imperfeições que

possam comprometer a higienização dos mesmos e serem fontes de contaminação dos alimentos (BRASIL, 2004), sendo esses itens levados em consideração durante a avaliação.

Na Figura 11 pode ser observado que todas as lixeiras do ambiente se encontravam com tampas (A), mas nem todas com pedal (B) ou com sistema de abertura sem o toque das mãos (C).

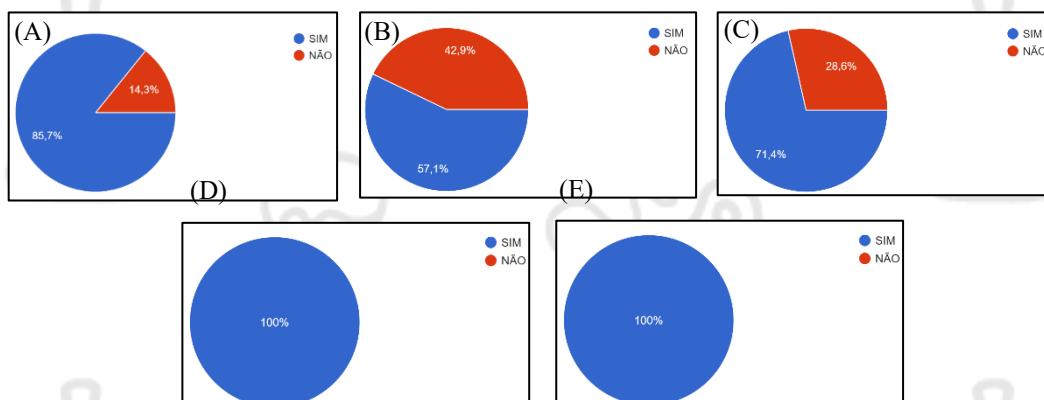
**Figura 11:** Lixeiras com tampa (A); lixeira com pedal (B); lixeira com sistema de abertura sem o toque das mãos (C).



Fonte: Própria (2021).

Na Figura 12 estão apresentados os índices das observações realizadas no banheiro de uso dos clientes/consumidores e foi observado que 85,7% dos estabelecimentos apresentaram banheiros limpos (12A), mas 42,9% não fornecem ou apresentou ausência de sabonetes para higiene das mãos (12B). Na Figura 12C, foi checada a ausência de papel toalha nos ambientes de banheiro para o uso do cliente/consumidor. Em relação à funcionalidade da válvula de descarga dos vasos sanitários ou privadas sanitárias, todas as instalações avaliadas estavam em perfeito funcionamento (Figura 12D) com oferta de papel higiênico no interior do ambiente do banheiro (Figura 12E).

**Figura 12:** Observação das instalações sanitárias (banheiros): limpos (A); sabonete (B); papel toalha (C); válvulas de descarga dos vasos sanitários em funcionamento (D); e, papel higiênico.



Fonte: Própria (2021).

A RDC 216 216 de 15 de setembro de 2004 (BRASIL, 2004) solicita que as instalações sanitárias possuam lavatórios e estejam supridas de produtos destinados à higiene pessoal tais

como papel higiênico, sabonete líquido inodoro antisséptico ou sabonete líquido inodoro e produto antisséptico e toalhas de papel não reciclado ou outro sistema higiênico e seguro para secagem das mãos, assim como coletores de resíduos dotados de tampa e acionados sem contato manual.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estabelecimentos de gelados comestíveis/sorveterias da cidade de Paranaíba – MS, em sua maioria ofertam os produtos no formato “self-service”, e, ainda em sua maioria são revendedores e oferecem uma grande diversidade de tipos e sabores de produtos.

Considerando que o período de pesquisa, abrangeu a pandemia do COVID-19, observou-se que em um estabelecimento foi visualizado que manipuladores/atendentes não estavam utilizando máscara de proteção, assim como touca nos cabelos, mas todos apresentaram cabelos presos.

Em relação à higiene das mesas de consumo e demais mesas e mobiliários dos estabelecimentos, assim como limpeza e higiene dos pisos dos ambientes, todos estavam em plena organização higiênico-sanitária. Todas as lixeiras do ambiente se encontravam com tampas, mas nem todas com pedal ou com sistema de abertura sem o toque das mãos. Assim, muitos estabelecimentos precisam de orientação dos órgãos competentes para proteger a saúde do consumidor do município de Paranaíba-MS e região, como prediz e descreve nas legislações sanitárias vigentes.

## REFERÊNCIAS

**ALPHAGEL. Tipos de sorvetes: tudo que você precisa saber para sua sorveteria.** 2021. Disponível em: <https://www.alphagel.com.br/blog/tipos-de-sorvetes-tudo-que-voce-precisa-saber-para-sua-sorveteria/>. Acesso em: 18 ago. 2021.

**ARAÚJO, Lidia. Sorvetes: gelados comestíveis.** Rio de Janeiro: Unirio, 2021. Color. Boletim. Disponível em: <http://www.unirio.br/prae/nutricao-prae-1/quarentena/carregamento-boletinssetan-2021/boletim-no-04-2021>. Acesso em: 18 ago. 2021.

**BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Anvisa.** Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. **Resolução N° 216, de 15 de Setembro de 2004.** Regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação. Brasília, Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216\\_15\\_09\\_2004.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0216_15_09_2004.html). Acesso em: 18 ago. 2021.

**BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa.** **RDC n° 267, de 25 de setembro de 2003.** Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para

Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis. Brasília, DF, Disponível em: <https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjA0Nw%2C%2C>. Acesso em: 17 ago. 2021.

**BRASIL. Portaria Nº 326, de 30 de Julho de 1997.** Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos produtor/industrializadores de alimentos. Edição Única. ed. Brasília, DF, 30 jul. 1997. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1997/prt0326\\_30\\_07\\_1997.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs1/1997/prt0326_30_07_1997.html). Acesso em: 17 ago. 2021.

ESTUMANO, Joisiane de Fátima Pereira; MELO, Keyla Cristina Nascimento de. **Cartilha de boas práticas de fabricação na indústria de gelados comestíveis.** Pará: Sebrae, 2018. Color. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/82709695/cartilha-dos-geladoscomestiveis-sebrae>. Acesso em: 16 ago. 2021.

**FINAMAC. Saiba os principais cuidados com a higiene na produção de sorvete.** 2018. Disponível em: <https://blog.finamac.com/saiba-os-principais-cuidados-com-a-higiene-na-producao-de-sorvete/>. Acesso em: 27 set. 2021.

**GELATERIARHODE'S. Particularidades na abertura de uma sorveteria.** 2011. Disponível em: <https://gelateriarhodes.wordpress.com/2011/06/18/particularidades-na-abertura-de-umasorveteria/>. Acesso em: 18 ago. 2021.

**MARTINS, Heitor Mota. Análise de viabilidade econômica para abertura de uma franquia de sorveteria.** 2020. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020.

**OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. Folha informativa sobre COVID-19.** 2022. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/covid19>>. Acesso em 07 de mar. 2022.

**SANTOS, Tatiane Cristina; VERONA, Vanessa. Avaliação microbiológica e química de sorvetes de sabor creme comercializados na cidade de Francisco Beltrão – PR.** 2014. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná Curso de Tecnologia em Alimentos, Francisco Beltrão - Pr, 2014. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3451/1/FB\\_COALM\\_2014\\_1\\_03.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3451/1/FB_COALM_2014_1_03.pdf). Acesso em: 15 ago. 2021.

**SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresa. Desenvolvimento econômico Territorial do Mato Grosso do Sul.** Paranaíba - MS: Prefeitura Municipal de Paranaíba, [s.d]. Color. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/MS/Anexos/Mapa%20Oportunidades/Parana%C3%8DIA.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.

**TORTELLI. Gelaterias: boa oportunidade para abrir um negócio.** 2021. Disponível em: <https://torteli.com.br/blog/gelaterias-boa-oportunidade-para-abrir-um-negocio/>. Acesso em: 19 ago. 2021.



## DIAGNÓSTICO DAS BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO (BPF) EM ESTABELECIMENTOS PRODUTORES DE QUEIJO COALHO ARTESANAL NO SERTÃO SERGIPANO

## DIAGNÓSTICO DE BUENAS PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN (BPM) EN ESTABLECIMIENTOS PRODUCTORES DE QUESO COALHO ARTESANAL EN SERTÃO SERGIPANO

## DIAGNOSIS OF GOOD MANUFACTURING PRACTICES (GMP) IN ARTISANAL COALHO CHEESE PRODUCING ESTABLISHMENTS FROM SERTÃO SERGIPANO

Danilo Rodrigues Oliveira<sup>1</sup>; Alane Kathielle Silva Medeiros<sup>2</sup>; Laura Vitória Rodrigues Couto<sup>3</sup>; Daniel Rodrigues Dutra<sup>4</sup>; João Paulo Natalino de Sá<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.79-96>

### ABSTRACT

The territory of Alto Sertão plays a role of extreme social and economic importance for Sergipe, as it is an important region that produces milk and its derivatives, with emphasis on artisanal Coalho cheese. However, when this food is not obtained under adequate conditions of Good Manufacturing Practices (GMP), undesirable microorganisms may multiply, which may reflect negatively on the product's final quality, in addition to possible risks to the consumer's health. In this context, this study aimed to diagnose GMPs in establishments producing artisanal coalho cheese in Alto Sertão Sergipano. First, a survey was carried out in partnership with the municipal secretaries of Agriculture of possible cheese factories in the cities of Alto Sertão Sergipano, being chosen five establishments in four cities with the most representative in the production of artisanal Coalho cheese from Alto Sertão Sergipano (Canindé do São Francisco, Gararu, Monte Alegre and Nossa Senhora da Glória). Then, a checklist adapted from ANVISA, 2002, was applied in person, totaling 20 establishments producing artisanal coalho cheese. From the results obtained, it was possible to verify that most cheese factories, regardless of the city surveyed, were not in compliance with the recommendations recommended by current legislation, especially concerning the hygienic and sanitary conditions of the facilities, transport of raw materials, storage of the cheese and lack of training and technical assistance, in addition to failures or absence of GMP.

**KEYWORDS:** Hygienic-sanitary habits, checklist, GMP, artisanal Coalho cheese.

### INTRODUCTION

As a crucial producing milk and dairy products region, the territory of Alto Sertão Sergipano plays a role of extreme social and economic importance for Sergipe. Among the relevant products from the dairy sector in Alto Sertão Sergipano, the artisan Coalho cheese

<sup>1</sup> Agroindustry, Universidade Federal de Sergipe, [danioliveira-1@outlook.com](mailto:danioliveira-1@outlook.com)

<sup>2</sup> Agroindustry, Universidade Federal de Sergipe, [alanesilva@academico.ufs.br](mailto:alanesilva@academico.ufs.br)

<sup>3</sup> Agroindustry, Universidade Federal de Sergipe, [lauravitoria@academico.ufs.br](mailto:lauravitoria@academico.ufs.br)

<sup>4</sup> Doctorate in Animal Science, FCAV/UNESP, [dr.dutra@unesp.br](mailto:dr.dutra@unesp.br)

<sup>5</sup> Doctorate in Food Technology, Universidade Federal de Viçosa, [ipsadesa@academico.ufs.br](mailto:ipsadesa@academico.ufs.br)

stands out. The producing units of this food matrix in that region have recently sought the implementation of Good Manufacturing Practices (GMP), aiming to meet the current legislation and ensure the sanitary hygienic quality of the cheese produced. However, although the production of artisan Coalho cheese plays an essential role in the economy of Alto Sertão Sergipano, for small producers, in particular, it is correct to state that there has been a decrease in the number of cheese factories nowadays compared to previous years in the region.

The decrease in the number of cheese factories in Alto Sertão Sergipano occurred, among other reasons, due to the operation of increased inspection in mid-2016, by the Federal and State Public Ministry in a process called Integrated Preventive of Triple Divisa (FPI). During this operation, numerous cheese plants in the region had to be closed due to inadequate hygiene or precarious production situation for the non-implementation of GMP, a mandatory requirement for the food-producing sectors by the current legislation in Brazil.

Given the mentioned aspects, this study aimed to identify and diagnose the adequacy of GMP in artisanal Coalho cheese-producing establishments from Sertão Sergipano, looking forward to supporting the importance of GMP by assuring the marketing of a safe product offered to the consumer that meets the requirements of the current legislation.

## THEORETICAL FOUNDATION

### General aspects of Alto Sertão Sergipano

The milk production chain presents itself as an economic activity of paramount importance for the national economy, bringing Brazil up to third place among the largest milk producers in the world (SORIO, 2018).

Brazil's milk production is concentrated in the southern states, followed by the Southeast, Midwest, and Northeast. The Northeast Region of Brazil receives incredible notoriety due to high milk production in all states, having most of its products manufactured by small properties from family farming, demonstrating the importance of this activity within the economic and social sphere (SORIO, 2018).

In the State of Sergipe, dairy activity stands out in Alto Sertão region. The territory of Alto Sertão Sergipano is located in the northwest of Sergipe's State, corresponding to the Sergipe microregion of Sertão do São Francisco. According to the data collected from Brazilian Institute of Geography and Statistics - IBGE (BRASIL, 2019), it is estimated that the total population of the territory is approximately 150,000 inhabitants distributed in a geographical area of 4,900,686 km<sup>2</sup>. This region comprehend seven cities: Canindé de São Francisco, Garau,

Monte Alegre, Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora de Lourdes, Poço Redondo e Porto da Folha (MENEZES, 2009).

The economy of this region is mainly based on agriculture and livestock, with an emphasis on the production of corn and milk. These two raw materials have great relevance to the region's economic development, especially dairy farming, as it is the region that concentrates the largest dairy basin in the state (MENEZES, 2009).

Among the cities of Alto Sertão Sergipano with elevated milk production and derivatives stand out the cities of Nossa Senhora da Glória, Poço Redondo, Porto da Folha, Gararu, Canindé do São Francisco, Monte Alegre and Nossa Senhora de Lurdes (Table 1) (FRAGA et al., 2016).

**Table 1** – Milk production in different cities of Alto Sertão Sergipano.

<b>Municipalities</b>	<b>Milk Production</b>	
	<b>1000 L</b>	<b>/ Value (R\$ 1,000 BRA)</b>
Nossa Senhora da Glória	50,248	60,297
Poço Redondo	41,992	50,390
Porto da Folha	38,299	45,959
Gararu	26,006	31,208
Canindé de São Francisco	23,348	28,017
Monte Alegre de Sergipe	19,757	23,708
Nossa Senhora de Lourdes	12,814	15,377

Source: adapted from IBGE – Municipal Livestock Research (2016).

Besides having an essential prominence in milk production in Sergipe, the supra-mentioned cities have significant representativity in dairy products production, especially artisanal cheese (FRAGA et al., 2016; SORIO, 2018). In Table 2, it is possible to verify the number of cheese factories in the cities of Alto Sertão Sergipano.

**Table 2** - Main producing establishments of artisanal Coalho cheese in Alto Sertão Sergipano.

<b>Municipalities</b>	<b>Number of cheese factories by year</b>		
	<b>2003</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>
Canindé	01	05	17
Gararu	18	26	23
Monte Alegre	05	03	05
N.S. da Glória	27	26	43
N.S. Lourdes	06	12	02
Poço Redondo	08	07	01
Porto da Folha	15	23	03
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>102</b>	<b>94</b>

Fonte: Adapted from EMDAGRO (2020).

## Coalho cheese

Artisanal Coalho cheese is the product made with whole milk, being fresh, raw, or with simple heat treatment, on a small scale of production, which uses few physical structures, elaborated by traditional methods, with binding and territorial, regional or cultural valorization that give it identity, linking to the territory of origin, according to Technical Identity and Quality Regulation (TIQR) established for each type and variety, being allowed to acquire milk from nearby rural properties, since that they meet all relevant sanitary standards (SERGIPE, 2019).

In the northeast region of Brazil, Coalho cheese has relevant prominence among typical regional products with high production and commercialization, being considered a specific cultural product, tasted by consumers in many ways, whether in natural form, in preparations, baked, fried or used as an ingredient in northeastern cuisine (BARROS et al., 2019).

Artisanal Coalho cheese has its manufacturing process based on different stages, being a viable activity to be developed by medium and small producers once it is generally a simple process without high investments, with relatively fast financial return due to its marketing demand (PEREZ, 2005).

Although it is variable among producers, the processing steps of artisan Coalho cheese basically comprehend the following steps: milk reception, pasteurization, curd addition, coagulation, curd cutting, cooking, salting, shaping, pressing, turning, maturation and packing.

Although the milk pasteurization step may be observed as one of the steps in manufacturing artisan curd cheese, it is estimated that 85% of Coalho cheese manufacture is made with fresh raw material (raw milk). However, in the State of Sergipe, there is legislation under Law number 8,523 of 2019, which establishes, among other guidelines, that the production and marketing of artisanal cheeses (traditional and innovation) can be performed with raw milk since it is produced in hygienic conditions, covering herd management, milking procedures and milk transportation to the artisanal cheese.

Moreover, the legislation attests that production units must participate in the Mastitis Control Program with exams for detection of clinical and subclinical mastitis, as well as the implementation of Good Practices in Dairy Production Programs (SERGIPE, 2019).

## Implementation of GMP in the agroindustry of Coalho cheese

Coalho cheese industries, especially the artisanal one, has been seeking, in latest years, the implementation of GMP, with the objective of before the requirements of legislation that

decrees the obligation of this tool in establishments that are responsible for manipulation, preparation, storage, distribution, transportation and exposure to food sales (BRASIL, 2004).

According to this Technical Regulation, GMP must be included in various industry sectors such as facilities hygiene, supply, and equipment, waste treatment, supply hygiene, equipment and maintenance, water quality, raw material quality, control of plagues and vectors (CUNHA et al., 2012).

It is essential to mention that, back in 2003, the Brazilian Health Regulatory Agency (Anvisa) approved the Technical Regulation of Good Practice for Food Services, establishing the General Program for Sanitation Standard Operating Procedures (SSOPs) to be used in milk establishments and derivatives that operate under Federal Inspection regime, as a preliminary and essential stage of food safety (BRASIL, 2003).

In addition, in 2019, the Legislative Assembly of the State of Sergipe approved Law Number 8,523, which has norms on producing and marketing artisanal cheese (traditional and innovation). That law defines, among other guidelines, that artisanal cheeses can be prepared with whole milk (fresh, raw, or with simple heat treatment on a small production scale) and elaborated through traditional methods. According to this legislation, producers can acquire milk from nearby rural properties as long as they meet sanitary standards, being necessary the GMP in all production stages (SERGIPE, 2019).

It is essential to state that Coalho cheese production steps are performed through intense product handling throughout the manufacturing process. Being extremely important that manipulators implement and execute the actions established by the GMP manual (DUARTE et al., 2005).

In this context, studies that enable to diagnose of the implementation of GMP in sectors of artisanal Coalho cheese in Alto Sertão Sergipano might favor and sensitize the different actors involved within the production process of this food, thus favoring obtaining a safer product for those consumers, more competitive in the market and line with the requirements of current legislation.

## METHODOLOGY

### Local of execution

The survey was conducted from April to July 2021 with 20 artisanal Coalho cheese producers in the four most representative cities of Alto Sertão Sergipano for production of artisanal cheese: Canindé de São Francisco, Gararu, Nossa Senhora da Glória, and Monte Alegre de Sergipe, in partnership with the Secretaries of Agriculture from the above

municipalities, which assisted with the survey of possible establishments.

## Survey

The study was conducted through the face-to-face application of a structured questionnaire (survey type) adapted from the RDC Number 275 checklist (2002) of the Brazilian Health Regulatory Agency (ANVISA) (BRASIL, 20002), in five cheese factories in four cities from Alto Sertão Sergipano, with a total of 20 producers of artisanal Coalho cheese. The survey involved questions regarding hygienic-sanitary conditions of the whole cheese factories, such as equipment, supply, buildings, facilities, production, and food transportation.

## RESULTS AND DISCUSSION

The surveys were applied to different artisanal Coalho cheese producers in four cities from Alto Sertão Sergipano, who agreed to participate in this study and signed the Free Consent Form. Out of the 20 producers interviewed, regardless of the city surveyed, it was observed that 60% (n = 12) were male and 40% (n = 8) were female.

In the survey of Fraga (2016), in the city of Nossa Senhora da Glória/SE, it was found that Coalho cheese factories were managed 87% by males and only 13% by females. Similar results were also demonstrated in the research of Silva et al. (2018), in the city of Jaguaribe, in the state of Ceará, where the authors found that 92% of the artisanal Coalho cheese producers were male and only 8% female. Data reported in the above studies are equalized with the data obtained in the present research, where it was possible to show that most artisanal Coalho cheese owners were males. However, it was possible to observe the active participation of both genders.

The most significant active participation of males in artisanal Coalho cheese establishments might be related, among other reasons, to the fact that cheese production is traditionally a family action, where men have the emblematic figure in family administration and women in house administration (FRAGA, 2016).

Regarding the age of the producers from Alto Sertão Sergipano, it was possible to verify that most interviewees were between 25 and 60 years of age.

Silva et al. (2019), in the state of Ceará, found that the age group of the highest prevalence among producers was 60 to 73 years, which is divergent from those found in the present research, where the age range of the producers was 18 to 60 years, with a predominance of owners aged 18 to 46 years regardless the researched city.

The production of artisanal Coalho cheese in northeastern Brazil presents itself as a historical and cultural activity, being a tradition transmitted from generation to generation, from father to son (FRAGA, 2016), which might have favored the high percentage of young people in this activity in our research.

It is important to emphasize that most of the visited cheese producers have mentioned the use of family labor for production, possibly bringing an economic contribution to local development and, consequently, to the social reproduction of family plants of artisanal cheese in Alto Sertão Sergipano.

Out of the producers who answered the survey, it was possible to verify that, regardless of the city, 45% ( $n = 9$ ) reported having no education or had at least initiated fundamental education, 35% ( $n = 7$ ) had complete middle education, 15% ( $n = 3$ ) had higher education. Only 5% ( $n = 1$ ) had postgraduation.

In the study of Figueiredo (2018) on the importance of the degree of education for farmers in the management of rural property in the state of São Paulo, the author noted that out of the 89 producers evaluated, 36% were not literate, 38% had only attended the fundamental school, 7% had completed middle education, and only 18% had higher education.

In another study on Coalho cheese establishments in Sertão Sergipano, Meneses et al. (2009) found that around 60% of producers had a lower level of education than completed their entire school.

The lower degree of education tends to favor the difficulty of these producers to implement hygienic-sanitary measures appropriate to the cheese production process, which needs knowledge and basic understanding of, for example, aspects related to food legislation, which may influence the correct adoption of GMP, directly or indirectly affecting the quality of the final product (DEVIDES et al., 2014).

Regarding family monthly income, 50% ( $n = 10$ ) of artisanal Coalho cheese producers chose not to respond to this theme. Among the remaining 50 %, it was possible to note that, regardless of the surveyed city, 30 % of respondents ( $n = 6$ ) reported having a monthly income up to one minimum wage; 15% ( $n = 3$ ) up to two minimum wages and only 5% ( $n = 1$ ) reported having a monthly income up to four minimum wages.

In the research of Fraga (2016), about geographical indication from the perspective of Coalho cheese producers from Nossa Senhora da Glória/SE, it was found that 9 % of producers had monthly income between R\$ 4,000.00 and R\$ 7,000.00, 35% in the range between R\$ 7,000.00 and R\$ 10,000.00 and 56% of respondents reported having a monthly payment over R\$ 10,000.00.

The results mentioned are divergent from the results obtained in the present research, where approximately 90% of respondents reported having a monthly income up to two minimum wages, equivalent to R\$ 2,200.00. The possible factor for the divergence between data may be linked to the amount of milk benefited, since 60% (n = 12) of the searched cheese factories had daily average milk beneficiation for production of cheese up to 2,000 liters of milk, almost five times lower than the daily beneficiation of milk for the production of Coalho cheese reported by Fraga (2016), is said that the lower milk benefit, the lower the monthly income for the Coalho cheese producer.

In addition, the COVID-19 pandemic that began in the middle of 2020 and has extended so far brought the need for social restrictions that affected the economy, leading to a decrease in purchasing power by most Brazilian consumers, especially regarding non-essential food items (PROCONSP, 2021), such as the consumption of artisanal Coalho cheese, generating less demand from consumers of this food, which may have, consequently, contributed to the less monthly income of producers from Alto Sertão Sergipano.

Regarding milk benefited in artisanal cheese factories from the four cities surveyed, it was observed that most of this milk was intended for producing artisanal Coalho cheese, with milk collection performed twice daily (Table 3).

**Table 3** - Daily average milk processing for Coalho cheese production from different cities of Alto Sertão Sergipano.

<b>Liters of milk</b>	<b>Municipalities</b>			
	Canindé	Gararu	Monte Alegre	N.Sra.Glória
<b>300 - 600L</b>	2		1	
<b>600 - 900L</b>	1		1	2
<b>900 - 1200L</b>	1			
<b>1200 - 1500L</b>		1	1	
<b>1500 - 2000L</b>		1	1	
<b>&gt; 2000 L</b>	1	3	1	3

Source: Authors (2021).

It was possible to observe that 60% (n = 12) of respondents reported having the daily average of milk benefited for the production of artisanal Coalho cheese compatible with the profile of artisanal cheese factories, for processing between 300 and 2000 liters of milk daily, thus equalizing with the definition described by Law Number. 8,523 of April 29, 2019, of the State of Sergipe, which defines as artisanal cheese factories, the place intended for the production of artisanal cheese in rural or urban property, with a maximum size of 250 m<sup>2</sup> and

with beneficiation capacity up to 2000 liters of milk daily (SERGIPE, 2019).

Regarding the storage and transportation operation of fluid milk, it was possible to verify that 60% ( $n = 12$ ) of respondents said they had stored this raw material in protected and isolated milk cans, away from the milking area, in a clean place with appropriate air circulation. However, 65% ( $n = 13$ ) of respondents reported not performing physicochemical tests to verify the physicochemical quality of the milk. In addition, all respondents, regardless of the city surveyed, said they filtered milk before its processing, a stage that is advocated by Normative Instruction 76 of 2018 (MAPA) (BRASIL, 2018). Regarding raw milk, 80% ( $n = 16$ ) of respondents said they transport the milk to produce artisanal cheese in motorcycles or even in open cars.

The legislation in force in Brazil allows the transportation of raw milk in cans to the cheese factories, as long as it does not exceed two hours after milking (BRASIL, 2018), being an essential tool for maintaining the quality and microbiological safety of the milk and its dairy products, such as the artisanal Coalho cheese.

Regarding the transportation of artisanal Coalho cheese for commercialization, 90% of respondents, regardless of the city researched, reported no use of refrigerated cars. Instead, there is the use of iced styrofoam boxes to pack the cheese to maintain the integrity of the product. However, the practical absence of temperature control can negatively influence the quality and safety of the final product since the cold chain is basically to refrigerate the product from its production and keep it out throughout the sequence until final consumption, guaranteeing the microorganisms control and microbiological quality of this product (FLISH, 2016).

In addition, cheese should be conserved under refrigeration, in transportation, and in storage at a temperature between 10°C to 12°C to reduce the risk of contamination by microorganisms, considering that the cooling temperature decreases the multiplication of these contaminants (MIGUEL, 2006), as evidenced in the study of Dantas et al. (2013), where the authors demonstrated that Coalho cheese samples marketed in Paraíba and stored without refrigeration, generally presented higher total and thermotolerant coliform count, by the most likely number technique in comparison to the Coalho cheese samples that were stored under refrigeration.

Regarding buildings and facilities, it was possible to verify that all establishments visited and interviewed (100 %) ( $n = 20$ ) were located away from dumpsters, but 60 % ( $n = 2$ ) had an external area with some irregularity, for example, access roads with an absence of paving and presence of foreign objects such as bags, plastic bottles, water tank, drums, and tires.

The presence of objects in disuse or strange, as well as the presence of dust outbreaks

and the absence of paving in the external environment of food-producing establishments, such as cheese houses, can be configured as a potential physical or biological danger for processing food, as the presence of this inadequacy might favor the contamination of the raw material and the final product and provide the presence of urban pests and vectors, leading to economic damage to the establishment and risks to consumer health and integrity, and contradicts the requirements advocated by the legislation (NORONHA et al., 2005).

Regarding the type of surface used for the manufacture of artisanal Coalho cheese, it was possible to verify that 90% ( $n = 18$ ) of respondents reported the use of stainless steel for equipment and utensils, which is the most recommended material in the food area, as they have flat surfaces, are resistant to high temperatures and corrosion and capable of resisting repeated cleaning and disinfection operations, avoiding sources of contamination (BRASIL, 1997).

According to Noronha et al. (2005), the equipment and utensils used in the production area at the cheese factories should be made of non-corrosive, non-porous, non-toxic, and resistant to successive washes and disinfections, preferably stainless steel. Out of the 20 properties visited, 95% reported having suitable equipment for the conservation of artisanal Coalho cheese, whereas 85 % ( $n = 17$ ) of respondents have answered they used a freezer, 10 % ( $n = 2$ ) cold room, and only 5 %, ( $n = 1$ ) reported to use ice styrofoam boxes for final product packaging.

Different results were reported in the research of Pereira et al. (2016), which evaluated Coalho cheese storage. The authors have found that 28.5% of the produced cheeses were stored in the freezer, and 71.5% of producers held cheese after processing in refrigerators or styrofoam boxes. The Coalho cheese cooling process consists of keeping it at low temperatures, thus making it challenging to proliferate undesirable microorganisms that can deteriorate and cause diseases to the consumer. This process is fundamental for maintaining sensory and nutritional characteristics (PAULA et al., 2009).

Regarding cleaning the facilities, equipment, or utensils, out of the 20 producers interviewed, 80% ( $n = 16$ ) responded that they have sanitized those items daily. However, 70% ( $n = 14$ ) of Coalho cheese producers reported not having a duly trained hygiene practice and claiming not to register the sanitation control once a single manipulator was responsible for several operations, even without adequate training.

Different results were reported in the study of Saraiva (2018), where the authors concluded that approximately 90% of artisanal cheese factories were responsible for the sanitation operation. In contrast, Pereira et al. (2016) observed the absence of a qualified employee to perform the cleaning of the facilities only. It is important to emphasize that the

lack of responsibility for the hygiene process can cause ineffective hygiene of facilities, equipment, and utensils and may bring in numerous harms, including physical, biological, chemical, food, endangering consumer health (NASSU et al., 2006).

Among the producers, it was possible to attest that, regardless of the city researched, 60% ( $n = 12$ ) of respondents reported using hygiene products regularized by ANVISA. However, only 30% ( $n = 6$ ) performed dilution as advocated by the product label, which may impair the efficiency of the sanitation process. ANVISA must regularize the chemicals used for the hygiene of food industries. Dilutions recommended by manufacturers must be observed during the hygiene processes. Once incorrect diluted solution can lead to several problems, such as the inefficient disinfection of the environment, surfaces, utensils, and microbial resistance (STEINBACH, 2019).

Regarding the integrated control of urban pests and vectors, 80% ( $n = 16$ ) of the interviewed cheese producers claimed to perform the integrated management of urban problems and vectors in the inner area.

However, in 20% ( $n = 4$ ) of the establishments, domestic animals and urban pests were present in the external environment, such as cats, dogs, and flies. Pest and vectors control is the set of measures adopted to prevent the presence of insects, rodents, and birds in the food production facilities; this control can be performed through the correct sealing of the doors, windows, ceilings, siphoned drains, with the primary objective of controlling the presence of these animals. In case of need, chemical control might be implemented, which should be done by qualified companies registered under a competent body (MEDEIROS et al., 2017).

In addition, the respondents attested to performing integrated pest control through the use of non-recommended products by the Ministry of Health, which were purchased in local supermarkets, such as SBP, Baygon, insect trapping adhesives, and beyond. It is essential to emphasize that using those products in a food production environment is not allowed, and chemical control must be performed by a company with the ability to do control registration (BRASIL, 1997). Proper control of pests and vectors is a crucial tool advocated by GMP since those elements in the food production environment might contribute to cross-contamination between products and compromise their quality and safety (FLISCH, 2016).

Regarding the origin of the used water, it was found that 85% ( $n = 17$ ) of the respondents answered they used water from a public network, and 15% ( $n = 3$ ) reported using water truck supply water. According to Law Number 8,523 of 2019, the water used in the units of artisanal Coalho cheese should be potable. It might have come from spring water, coated and protected cistern from the outside or artesian well, channeled from the source straightly to the water tank

of the cheese factory, treated by filtration and chlorination system, then packed in a covered water tank and built adequately with the suitable material (SERGIPE, 2019).

In research conducted by Mera et al. (2020), it was observed that 20% of establishments had a water supply through the public network and 80% from artesian wells or related, in family-producing agroindustry from the Rio Grande do Sul municipalities.

Data from that research are divergent from the survey conducted in Alto Sertão Sergipano, as 85% of cheese factories used water from the public network. Drinking water has great importance to the food industry, as it directly influences the quality of the product. It is considered drinking water that meets the physicochemical and microbiological standards of current legislation, which in Brazil is governed by Ordinance Number. 2,914 of 2011 of the Ministry of Health. In addition, it is mandatory in Brazil that companies responsible for manufacturing food must have an available and abundant supply of drinking water, with proper pressure and convenient temperature, an appropriate water distribution system, and adequate protection against contamination (BRASIL, 1997).

Although most cheeses interviewed used treated water, it was found that only 45% of establishments performed some laboratory analysis to verify the physicochemical and microbiological quality of the water. The use of poor-quality water in food-producing establishments can cause contamination and proliferation of microorganisms in different food matrices, such as artisanal Coalho cheese, affecting its hygienic-sanitary quality, as water can be an agent of contaminating microorganisms, leading to economic losses to the producing establishment, as well as the possibility of negatively affecting consumers health (OLIVEIRA, 2011).

Of the interviewed producers, 70% ( $n = 15$ ) claimed to store the water to be used for artisanal Coalho cheese production in polyethylene boxes or cement cisterns, all with a lid and no apparent presence of cracks.

Regarding water reservoirs hygiene, 50% ( $n = 10$ ) of the total Coalho cheese producers have attested they perform this step every six months under controlled sanitation registration. The other 50% ( $n = 10$ ) are certified to perform sanitation procedures of reservoirs once a year. Food industries have a maximum time to complete the cleaning of water tanks, which should be done each six months or whenever necessary, so there is no risk of water contamination (SERGIPE, 2019). In addition, water can be contaminated in storage reservoirs, where the lack of regular cleaning and water tanks/cisterns disinfection are among the most frequent factors related to this contamination. (SIQUEIRA et al., 2010).

Regarding self-care related to manipulators, it was possible to find that, despite the city

research, 55% (n = 11) of respondents attested they wear work uniforms or light color clothes proper to the production area. Divergent results were reported by Oliveira et al. (2018) by evaluating manipulators at artisanal cheese factories in Sertão Paraíba when the authors found that 90% of them did not use uniforms. Manipulators working in any food sector must have personal hygiene at all production stages, including clean uniforms, proper shoes, and fully covered hair to avoid food contamination (BRASIL, 1997).

Regarding hygienic-sanitary habits, it was possible to verify that most respondents wash their hands before cheese handling and preparation or after any production interruption, except for the city of Canindé, where 40% (n = 2) of the interviewees do wash their hands frequently.

The low percentage of respondents who have reported sanitizing their hands frequently at cheese factories located in Canindé/SE might be related, among other reasons, due to the total absence of guidance posters towards hand hygiene. In addition, it was possible to verify that only 35% (n = 7) of the visited cheese factories had signs in appropriate places with guidelines on the correct form of handwashing, except for the city of Nossa Senhora da Glória/SE, where the producing establishments of artisanal Coalho cheese showed the most significant percentage of illustrative posters, which probably positively affected the correct rate of respondents regarding hand washing.

The high percentage of cheese manipulators in Alto Sertão Sergipano who do not often wash their hands might be related, but not exclusively, to the low degree of education, which makes it challenging to adopt hygienic practices, besides their lack of knowledge about the importance of the technique, since it is the principal measure to reduce risks of contamination by microorganisms and increase the cheese quality (ELIAS et al., 2008).

Within this context, the hygiene of the manipulator's hands happens to be indispensable when it comes to food safety since they have straight contact with the cheese daily, from production to the moment of commercialization, becoming a host of pathogenic agents for food disease when failures and errors get into the hygiene process (RIBEIRO, 2017).

In addition, the cleaning of the manipulator's hands should always be performed under running water, with neutral detergent and subsequent drying, by using a disposable paper towel and alcohol 70 or proper sanitizer to contribute to a reduction of the possible microorganisms on the hands of those responsible for food handling (MEDEIROS et al., 2017), highlighting that this operation must be performed whenever necessary.

In research developed by Oliveira et al. (2018) on a diagnosis of hygienic-sanitary conditions of Coalho cheese manufacturing process in Sertão Paraibano, the authors reported that most manipulators (90%) did not perform the correct handwashing, as well as the lack of

guiding posters about it or any other hygiene habits. Among the microorganisms commonly found in the hands of manipulators, the significant prevalence refers to *Staphylococcus aureus*, thermotolerant and total coliforms, and *Escherichia coli* (TEIXEIRA et al., 2015).

Regarding the health status of manipulators, 70% (n = 14) of respondents, regardless of the city surveyed, have attested that they did not present any disease. In comparison, 80% (n = 16) have informed that they did not periodically perform any clinical or laboratory examinations. In addition, 100% (n = 20) of respondents have reported not having records that could guarantee their health.

Similar results were reported by Pereira et al. (2016) on the evaluation of GMP at artisanal cheese factories in São Rafael, the state of Rio Grande do Norte. The authors concluded that only 21% of producers presented compliance with periodic examinations and registration of performed exams.

Observance of the health status of manipulators should be performed periodically through laboratory tests and records, which is fundamental to assure they do not route contamination to ensure the production process's safety (BRASIL, 2004). In addition, food manipulators that had injuries and symptoms of diseases that might compromise the sanitary-hygienic quality of the foods must be removed from their duties while not fully recovered (BRASIL, 2004).

All visited properties [100% (n = 20)] claimed to have Personal Protective Equipment (PPE), but only 60% (n = 12) of the interviewees have confirmed wearing the PPEs. PPE is Personal Protective Equipment for mandatory use for food manipulators, as they are essential for minimizing the risks of work accidents and ensuring safety and protection against contaminants in the food processing steps (NORONHA et al., 2005).

Oliveira et al. (2018) have found that 90% of cheese producers did not use PPEs. In contrast, in a survey conducted by Saraiva (2018), it was found that 45% of cheese manipulators reported using PPEs.

Both results found by Oliveira et al. (2018) and Saraiva (2010) are divergent from the data found in our research since 60% of our respondents have reported wearing PPEs.

The high percentage of manipulators who do not wear PPEs along different production stages of Coalho cheese assayed in Alto Sertão Sergipano might be related, but not exclusively, to the lack of technical assistance and training on the obligation of PPE usage to those responsible for the manipulation of the cheeses at the factories, since most cheese factories demonstrated not to have technical assistance in the region.

## CONCLUSION

Considering the obtained results, it was possible to verify that most of the cheese factories from Alto Sertão Sergipano presented some non-compliance with the guidelines advocated by the GMP, especially regarding the hygienic-sanitary conditions of manipulators, facilities, or buildings, besides the inadequate transportation of the raw material and the final product.

Observed non-adequations may be linked, but not limited to the low level of education of producers added to the lack of technical assistance and government public policies.

In addition, it is suggested that the most significant participation of governmental entities aiming the raising awareness among producers through lectures, technical assistance, and training courses related to GMP enables the reduction of inadequacies found, thus favoring the production and marketing of an artisanal Coalho cheese that meets the requirements of the current legislation and be safe for the consumers.

## REFERENCES

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 216, de 15 de setembro de 2004**, aprovou o regulamento técnico de Boas Práticas de Fabricação para serviços de alimentação.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 368, de 4 de setembro de 1997. Aprova o regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos elaboradores / industrializadores de alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 de setembro. 1 seção, 1997.

BRASIL, Agencia Nacional de Vigilância Sanitária ANVISA, **Resolução de Diretoria de Colegiado – RDC nº 275**, de 21 de outubro de 2002. Ministério da Saúde – MS, Brasil, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução nº 10, de 4 de maio de 2003. Institui o Programa Genérico de PROCEDIMENTOS – PADRÃO DE HIGIENE OPERACIONAL – PPHO, a ser utilizado nos Estabelecimentos de Leite e Derivados que funcionam sob o regime de Inspeção Federal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 de maio, seção 1, 2003.

BRASIL. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento MAPA. **Instrução normativa nº76 de 26 de novembro de 2018**. Diário Oficial da União República Federativo do Brasil, Brasília, 2018.

BRASIL, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Brasil 2015/2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipp/brasil>. Acesso em: 20/06/2022.

BARROS, D. M.; MACHADO, E. L. C.; MOURA, D. F.; FONTE, R. B. A.; FERREIRA, S. O. A.; BEZERRA, R. S. Aspectos do queijo de coalho com ênfase na importância das Boas

Práticas de Fabricação no sistema de produção. **Brazilian Journal of Development**, v.1, 67–93, 2019.

CUNHA, F. M. F., MAGALHÃES, M. B. H., & BONNAS, D. S. Desafios da gestão da segurança dos alimentos em unidades de alimentação e nutrição no Brasil: uma revisão. **Contextos Da Alimentação. Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade**, v. 1, pag. 4-14, 2012.

DANTAS, D. S., ARAÚJO, A. M., SANTOS, J. O., SANTOS, R. M. S. & RODRIGUES, O. G. 2013. **Qualidade microbiológica do queijo de coalho comercializado no município de Patos, Estado da Paraíba**. Agropecuária Científica no Semiárido, 9, 110-118

DEVIDES, G. G. G. et al. Perfil socioeconômico e profissional de manipuladores de alimentos e o impacto positivo de um curso de capacitação em Boas Práticas de Fabricação. **Revista Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 166-176, 2014.

DUARTE, D. A. M.; SCHUCH, D. M. T.; SANTOS, S. B.; RIBEIRO, A. R.; VASCONCELOS, A.M. M.; SILVA, J. V. D.; MOTA, R. A. Pesquisa de Listeria monocytogenes e microrganismos indicadores higiênico-sanitários em queijo de coalho produzido e comercializado no Estado do Pernambuco. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 72, n. 3, p. 297-302, 2005.

ELIAS, A. H., MADRONA, G. S. Avaliação de uma indústria produtora de embutidos cárneos quanto à higiene e legislação vigente no Brasil. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 02, n. 02, 71-81p., 2008.

FRAGA, E. E. A. **A indicação geográfica sob a perspectiva dos produtores de queijo de coalho de Nossa Senhora da Glória-se**. 97 f. 2016. Dissertação (mestrado em Ciência da Propriedade Intelectual) – Universidade Federal de Sergipe, 2016.

FRAGA, E. E. A.; RODRIGUES, S. M. S.; VASCONCELOS, C. R.; SANTANA, J. R.; SANTOS, M. J. C.; SILVA, D. P. Análise do descarte ambientalmente correto da produção do queijo coalho em fabriquetas do Sertão Sergipano. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.7, n.2, p.126-135, 2016.

FIGUEIREDO, S. C. **Importância do nível de escolaridade para os agricultores na gestão da propriedade rural**. 2018. Monografia (Curso de graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal da Paraíba, 2018.

FLISCH, V. M. J. **Elaboração do plano de análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) do processo de produção do queijo Reino**. 2016. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de leite e seus derivados) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, 2016.

MERA, C. M. P., MENEGAZZI, T. R., & DIAS, J. S. (2020). **Análises da conformidade higiênico-sanitária de unidades agroindustriais familiares produtoras de derivados lácteos em municípios do Rio Grande do Sul**. Redes (St. Cruz Sul, Online), Santa Cruz do Sul, 25(2), 832-856.

- MEDEIROS, A. G. G. M. et al. Percepção sobre a higiene dos manipuladores de alimentos e perfil microbiológico em restaurante universitário. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, São Paulo, 2017.
- MENEZES, S. S. M. **A força dos laços de proximidade na tradição e inovação no/do território sergipano das fabriquetas de queijo.** 2009. 359 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2009.
- MIGUEL, P. A. C. **Qualidade: enfoques e ferramentas.** 1<sup>a</sup> ed. São Paulo: Artliber, 2006. 272p.
- NASSU, R. T.; MACEDO, B. A.; LIMA, M. H. P. **Queijo coalho.** Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF: 1<sup>a</sup> ed, 2006.
- NORONHA, J. F de; SANTOS, C.; MALTA, M. C.; AZEVEDO, H. C. P. **Boas Práticas de Fabrico em Queijarias tradicionais.** Escola Superior Agrária de Coimbra, 2005.
- OLIVEIRA, S. C. P. L., SILVA, A. C. & CARVALHO, M. G. X. Diagnóstico das condições higiênicos sanitárias do processo de fabricação de queijo de coalho no sertão paraibano. **Higiene Alimentar**, 32 (284/285), 66-71, 2018.
- OLIVEIRA, V. J. **Da qualidade e organização da produção ao reconhecimento de região produtora de Queijo Minas Artesanal: análise da experiência dos produtores da região de São João Del Rei e seu entorno.** 2011. Tese (Doutorado em Ciência dos alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011
- PAULA, J. C. J.; CARVALHO, A. F.; FURTADO, M. M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 367/368, p. 19- 25, 2009.
- FUNDAÇÃO PROCON. **Pesquisa Comportamental poder de compra do consumidor na pandemia.** Procon-SP. 2021. Disponível em: [https://www.procon.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/Relat-Pesq-Poder\\_de\\_compra\\_do\\_consumidor\\_na\\_pandemia-0321.pdf](https://www.procon.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/03/Relat-Pesq-Poder_de_compra_do_consumidor_na_pandemia-0321.pdf). Acessado em: 24/08/2021.
- PEREZ, R. M. **Perfil sensorial, físico-químico e funcional de queijo coalho comercializado no município de Campinas, SP.** 2005. 122p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- PEREIRA, T. M. F., GOIS, V. A.; SOARES, K. M. P.; SOUSA, J. A.; SOUZA, L. B. **Avaliação das boas práticas de fabricação em queijarias artesanais de São Rafael-RN.** 2016.
- RIBEIRO, S. S. E. **Condições higiênico-sanitárias de uma unidade de alimentação e nutrição hospitalar: manipuladores de alimentos em foco.** 2017. Monografia (Curso de graduação em Nutrição) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.
- SARAIVA, L. K. V. **Caracterização do sistema de produção do queijo artesanal da Serra Geral - MG.** 2018. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Produção Animal, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2018.

SERGIPE, Assembleia Legislativa do Estado de Sergipe. **LEI N°. 8.523 de 29 de abril de 2019.** Dispõe normas sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais (tradicional e inovação). Sergipe, 2019.

SILVA, F. K. B da.; SANTOS, L. M. de L.; SOARES, V. F. Aspectos, socioeconômicos produtivos e sanitários da fabricação de queijo coalho em Jaguaribe, Ceará. **Ciência e Tecnologia**, v.13, n. 3, p. 41 – 49, 2019.

SIQUEIRA, L. P. et al. Avaliação microbiológica da água de consumo empregada em unidades de alimentação. **Ciência e Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, v.15, n.1, p.63-66, 2010.

SORIO, A.; Cadeia Agroindustrial do Leite no Brasil: diagnóstico dos fatores limitantes à competitividade, Brasília, 2018. Disponível em: [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/brz\\_sc\\_cadeia\\_produtoiva\\_leite\\_MICS\\_por\\_2018.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/brz_sc_cadeia_produtoiva_leite_MICS_por_2018.pdf). Acessado em: 15 fev.2021.

STEINBACH, J. **Estratégias de planejamento e controle de qualidade em queijaria da região sudoeste do Paraná**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2019.

TEIXEIRA, P. et al. O impacto de biofilmes microbianos na higiene e segurança alimentar. **Boletim de Biotecnologia**, v.6, n.2, p 31-34, 2015.



## APLICAÇÃO DE CHECKLIST PARA VERIFICAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO (BPF) EM UMA INDÚSTRIA DE POLPAS DE FRUTAS LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE MANACAPURU-AM

## APLICACIÓN DE CHECKLIST PARA VERIFICAR BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BPM) EN UNA INDUSTRIA DE PULPA DE FRUTAS UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MANACAPURU-AM

## APPLICATION OF CHECKLIST TO VERIFY GOOD MANUFACTURING PRACTICES (GMP) IN A FRUIT PULP INDUSTRY LOCATED IN THE MUNICIPALITY OF MANACAPURU-AM

Robson da Silveira Espíndola<sup>1</sup>; Maria Regina Sarkis Peixoto Joele<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.97-111>

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a aplicação de checklist para verificação das Boas Práticas de Fabricação da produção de polpas de frutas. Para que as polpas de frutas sejam consideradas seguras para o consumo é essencial à implantação dos requisitos de Boas Práticas de Fabricação para avaliação das condições higiênico-sanitárias. Foi aplicada a lista de verificação (Checklist) referente à RDC 275 de 2002, com base na Portaria nº 326, em uma pequena indústria de polpas de frutas localizada no município de Manacapuru – AM. Os resultados foram classificados de acordo com a ANVISA em três grupos, de acordo com o percentual de itens atendidos, Grupo I: 76 a 100%; Grupo II: 51 a 75% e Grupo III: 0 a 50%. A empresa avaliada foi classificada dentro do Grupo I, com 80% de itens de acordo com a Legislação. Vale ressaltar que alguns itens ainda precisam melhorar, porém este deve ser um processo gradativo, até que todas as normas e regras estabelecidas no manual tornem-se procedimentos de rotina. Apesar do percentual de itens não conformes apontados na aplicação do checklist, o estabelecimento possui condições higiênico-sanitárias e organização satisfatória.

**Palavras-Chave:** Polpas de frutas; Processamento; Qualidade; Avaliação.

### RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo aplicar una lista de verificación para verificar las Buenas Prácticas de Manufactura para la producción de pulpa de fruta. Para que las pulpas de frutas sean consideradas seguras para el consumo, es fundamental implementar los requisitos de las Buenas Prácticas de Manufactura para la evaluación de las condiciones higiénico-sanitarias. Se aplicó el checklist referente a la RDC 275 de 2002, con base en la Ordenanza nº 326, en una pequeña industria de pulpa de frutas ubicada en la ciudad de Manacapuru - AM. Los resultados fueron clasificados según ANVISA en tres grupos, según el porcentaje de ítems atendidos, Grupo I: 76 a 100%; Grupo II: 51 a 75% y Grupo III: 0 a 50%. La empresa evaluada fue clasificada en el Grupo I, con el 80% de los ítems de acuerdo con la Legislación. Cabe mencionar que aún falta mejorar algunos puntos, pero este proceso debe ser gradual, hasta que todas las normas y reglas establecidas en el manual se conviertan en procedimientos rutinarios. A pesar del porcentaje de elementos no conformes señalados en la aplicación de la lista de verificación, el establecimiento presenta condiciones higiénico-sanitarias y organización satisfactoria.

**Palabras Clave:** Pulpas de frutas; Procesando; Calidad; Evaluación

### ABSTRACT

The present work aimed to apply a checklist to verify the Good Manufacturing Practices for the production of fruit pulp. For fruit pulps to be considered safe for consumption, it is essential to

<sup>1</sup> Engenharia de Alimentos, Instituto Federal do Pará – IFPA Campus Castanhal, robsonespindola4@gmail.com

<sup>2</sup> Profa. Dra. Instituto Federal do Pará – IFPA Campus Castanhal, regina.joele@ifpa.edu.br

implement the requirements of Good Manufacturing Practices for the evaluation of hygienic-sanitary conditions. The checklist referring to RDC 275 of 2002 was applied, based on Ordinance nº 326, in a small fruit pulp industry located in the city of Manacapuru - AM. The results were classified according to ANVISA into three groups, according to the percentage of items attended, Group I: 76 to 100%; Group II: 51 to 75% and Group III: 0 to 50%. The evaluated company was classified in Group I, with 80% of the items in accordance with the Legislation. It is worth mentioning that some items still need to be improved, but this process must be gradual, until all the norms and rules established in the manual become routine procedures. Despite the percentage of non-conforming items pointed out in the application of the checklist, the establishment presents hygienic-sanitary conditions and satisfactory organization.

**Keywords:** Fruit pulps; Processing; Quality; Evaluation.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de frutas *in natura*, o terceiro maior produtor mundial, com cerca de 43 milhões de toneladas/ano, ocupando uma área de mais de 2 milhões de hectares. Paralelamente a esse segmento, a produção de polpas de frutas vem se notabilizando pelo forte crescimento do consumo (SEBRAE, 2011).

O processamento de frutas dá origem a vários subprodutos como: polpa, néctar e geleia. É uma alternativa para as frutas que não são vendidas *in natura* (frescas), pois a polpa pode se manter por longos períodos quando armazenada corretamente (ADAFAX, 2013).

No Brasil, a qualidade de polpas de fruta é regulamentada pela Instrução Normativa Nº 37, de 01 de outubro de 2018, que determina os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ). Esta resolução define polpa de fruta como sendo o produto não fermentado, não concentrado e não diluído, obtido de frutos polposos através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto (BRASIL, 2018).

Entretanto, por ser perecível maior parte dessas frutas degradam em poucos dias, prejudicando assim, a sua comercialização, quando a mesma encontra-se a longas distâncias da área de cultivo. A produção de polpas congeladas tem se sobressaído como uma alternativa considerável para o aproveitamento dos frutos durante a temporada de safra, consentindo com a estocagem fora de época de colheita atentando as demandas ao longo de todo ano. A indústria de polpas de frutas congeladas tem se ampliado bastante e buscando alternativas em termos de quantidade e produção (GONÇALVES, 2015).

Atender as exigências dos consumidores é o princípio básico para uma empresa se manter no mercado, além disso, é importante assegurar um produto de qualidade que não cause danos a esses consumidores. Levando em consideração esses informes, as empresas estão investindo cada vez mais em programas de gestão da qualidade que assessorem a manutenção do padrão de identidade e qualidade dos produtos, para que a empresa perdure em um mercado mais competitivo (ARAÚJO et al., 2015).

Os padrões de qualidade na área alimentícia estão cada vez mais exigentes, pois os consumidores estão buscando produtos de qualidade e de confiabilidade, através de características sensoriais, nutricionais, durabilidade e sem perigos para a saúde, (BERTI, 2016).

Atualmente cada empresa busca um diferencial para seus produtos no mercado. A qualidade tem sido o grande propósito a ser alcançado, o êxito está relacionado a cada decisão estratégica, assim, este cenário cada vez mais competitivo existe uma intensa corrida tecnológica a procura de ferramentas cada vez mais eficientes no que diz respeito à produtividade e qualidade, que reproduzirá no produto final, melhorando a imagem da empresa perante a sociedade, que está cada vez mais bem instruída, exigente. Favorecendo assim, que estas empresas atendam também os requisitos legais cada vez mais exigentes (BARRETO et al., 2013).

De maneira expressiva, o tema qualidade ganhou espaço na indústria de alimentos. A busca por produtos de qualidade fez progredir a criação e a utilização de ferramentas de gestão da qualidade, na expectativa de acatar exigências de segurança em respeito ao consumidor, proporcionando um produto seguro ao mesmo tempo em que leva em conta as exigências do mercado interno e externo, além de diminuir os custos da produção pela redução de perdas e aperfeiçoamento da produção (DIAS et al., 2010).

A qualidade dos alimentos por exigência, aumenta a procura das empresas e dos órgãos fiscalizadores por sistemas de controle desta qualidade. Das ferramentas disponíveis para atender esta demanda, podem ser citadas as Boas Práticas de Fabricação (BPF). As BPF são um conjunto de medidas que devem ser adotadas pelas indústrias de alimentos para garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos produtos alimentícios com os regulamentos técnicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

A legislação determina que qualquer indústria produtora e/ou manipuladora de alimentos tenha a implantação das Boas Práticas de Fabricação (BPF) e os Procedimentos Operacionais Padrão (POP), que objetivam adaptar os hábitos de trabalho e atividades padronizadas, de modo a conservar os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) das polpas e sua inocuidade, aliada a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). Essas ferramentas são essenciais para indústrias, uma vez que está relacionado ao bem estar do consumidor e lucratividade do produtor, trazem pontos positivos, sugerindo melhorias e adequações no processo produtivo garantindo assim, produtos de qualidade (SILVEIRA, 2016).

As Boas Práticas de Fabricação são os procedimentos e processos que garantem a segurança no processamento de alimentos, resultando em produto seguro para o consumidor e de qualidade uniforme (OPAS, 2001), e constitui o primeiro passo que uma indústria de

alimentos deve seguir para assegurar a qualidade de seu produto. As Boas Práticas de Fabricação consistem em um conjunto de práticas simples e eficazes para a produção de alimentos seguros, amparadas pela legislação para melhorar a qualidade e a segurança do processo de fabricação de alimentos, através da implantação de metodologias nos fluxos de produção, modificações estruturais quando necessárias, e realização de cursos de capacitação aos manipuladores e proprietários, visando práticas higiênicas para a produção de alimentos (ABERC,1999; ALMEIDA,1998; ARRUDA,1997).

Preocupado com as ações de controle sanitário das áreas de alimentos com vistas à proteção da saúde da população, e por recomendação de uma coletânea de padrões, códigos de conduta, orientações e outras recomendações relativas a alimentos, produção de alimentos e segurança alimentar, reconhecido internacionalmente como Codex Alimentarius, o Ministério da Saúde aprovou a Portaria SVS/MS no 368 em 30 de julho de 1997 que instituiu o Regulamento Técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para estabelecimentos produtores / industrializadores de alimentos. As legislações vigentes dirigidas ao controle sanitário de alimentos tratam as Boas Práticas de Fabricação como requisitos básicos para a garantia da inocuidade dos produtos (AGUIAR e LOOS, 2018).

Deste modo, o presente trabalho objetivou-se avaliar através de um *check-list* as instalações de uma indústria de polpa de frutas para adequação das exigências em Boas Práticas de Fabricação, afim de minimizar os riscos de contaminação dos alimentos, e realizar um diagnóstico inicial para melhoria nas condições higiênico-sanitária da produção, sendo possível assim, prover uma maior qualidade nos produtos da empresa para seus consumidores.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Boas Práticas de Fabricação

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), as BPF abrangem um conjunto de medidas que devem ser adotadas pelas indústrias de alimentos e serviços de alimentação a fim de garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos produtos alimentícios com os regulamentos técnicos (BRASIL, 2004). As BPF são obrigatórias pela legislação brasileira para todas as indústrias e estabelecimentos de alimentos, e estão pautados nas Portarias nº. 1428/93, 326/97, 368/97, Portaria CVS nº. 6/99 e nas Resoluções da Direção Colegiada RDC nº. 275/2002 e 216/2004 (SEIXAS, et al., 2008).

A avaliação dessas Boas Práticas de Fabricação (BPF) são um conjunto de normas empregadas em produtos, processos, serviços e edificações, visando a certificação da qualidade e da segurança do alimento. A qualidade da matéria-prima, a qualidade dos equipamentos e das

instalações, as condições higiênico-sanitárias do ambiente de trabalho, as técnicas de manipulação dos alimentos, e a saúde dos funcionários são alguns dos fatores importantes a serem considerados na produção de alimentos seguros e de qualidade (BRASIL, 2004).

Convém assinalar que o Boas Práticas de Fabricação mantém estreita relação com o ser humano que atua nos processos envolvidos, assegurando sua saúde, segurança e bem-estar e conferindo a ele educação e qualificação nos aspectos de higiene, sanitização, desinfecção e disciplina operacional. Sendo assim, há a comprovação de que a empresa que faz uso do BPF já se encontra em estágio superior na qualidade de seus produtos, fato este importante no mercado competitivo em que vivemos (PIOVESAN, 2005; SACCOL, 2006).

### ***Check-list***

A aplicação do *check-list* é uma ferramenta que identifica quais pontos estão adequados aos itens especificados no mesmo, voltada para as diversas áreas, bem como de alimentos, uma vez que permite verificar as porcentagens de conformidades e não conformidades referentes a legislação em vigor, por meio da resolução RDC Nº 275/2002 proposta pela ANVISA (BRASIL, 2002). As unidades produtoras e industrializadoras de alimentos buscam orientar profissionais da área de alimentos, bem como, os manipuladores acerca da higienização correta dos equipamentos, móveis e utensílios no setor de produção de alimentos indispensáveis para evitar o risco de contaminação e o comprometimento da saúde do consumidor (BRASIL, 2004).

### **METODOLOGIA**

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo de caso, pois objetiva realizar uma análise de uma empresa real, buscando compreender um determinado aspecto do objeto de estudo (YIN, 2001). A pesquisa ainda é classificada como aplicada, com abordagem quantitativa, por investigar com que frequência as características dos fatos ocorrem, já que visa entender o problema de uma organização específica (PRODANOV; FREITAS, 2013). O método de abordagem utilizado foi o analítico descritivo, uma vez que a análise dos dados obtidos foi através de um questionário aplicado no local de estudo (OLIVEIRA, 2017).

De forma a coletar informações e dados que fossem pertinentes à pesquisa, foi aplicado uma lista de verificação (*checklist*) *in loco*, para avaliação das condições higiênicas e sanitárias de uma indústria de polpas de frutas localizada no município de Manacapuru - AM, para diagnóstico das Boas Práticas de Fabricação com base em requisitos contidos nas Resoluções RDC 275/2002 e 216/2004, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, Ministério da Saúde, para garantia da qualidade e segurança dos alimentos (BRASIL, 2002, 2004). Neste

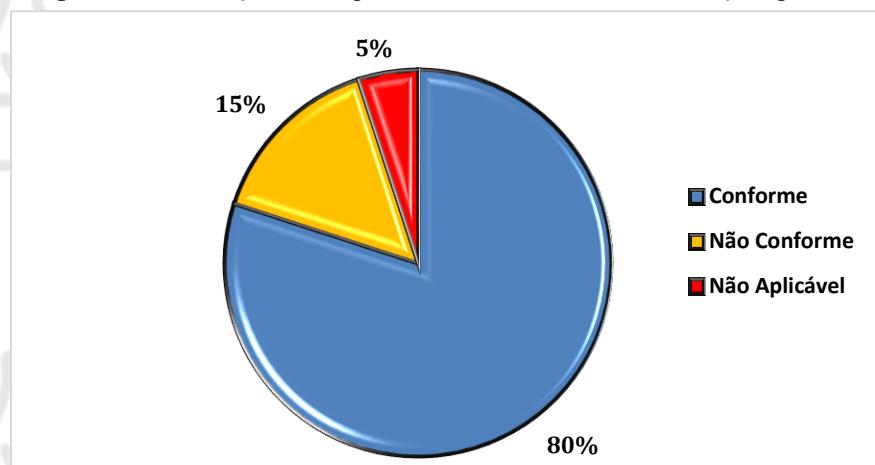
estudo de caso foram verificados os 166 itens da lista divididos em oito grandes itens, sendo eles: Edificação e Instalações (I); Equipamentos, Móveis e Utensílios (II); Controle Integrado de Pragas (III); Abastecimento de Água (IV); Manipuladores (V); Produção e Armazenamento de Alimentos (VI); Transporte de Produto Final (VII) e Documentação (VIII).

Os dados foram tabulados e analisados com a ajuda do programa Microsoft Office Excel for Windows® versão 2010. As opções de respostas para o preenchimento da lista de verificação foram: “Conforme” (C) quando o estabelecimento atendeu ao item observado, “Não Conforme” (NC) quando o mesmo apresentou não conformidade. Os itens, cuja resposta foi “Não Aplicável”, não foram estatisticamente avaliados (DODORICO, 2018). A lista de verificação foi preenchida por meio de observações no próprio local e informações fornecidas pelo supervisor de produção e colaboradores da indústria. A classificação foi realizada baseada na RDC nº 275 (BRASIL, 2002), que classifica os estabelecimentos de acordo com o percentual de itens atendidos em três grupos, denominados respectivamente, como bom, regular e ruim. Pertencente ao Grupo I, quando 76 a 100% dos itens foram atendidos, ao Grupo II, quando 51 a 75% dos itens foram atendidos e, pertencente ao Grupo III se enquadrando na faixa de 0 a 50% de atendimento dos itens avaliados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, avaliou-se o percentual de itens da lista de verificação que se aplicavam ao estabelecimento, assim como o percentual de não conformes e conformes de maneira generalizada. Na Figura 1, apresenta-se a distribuição das respostas aos itens da lista de verificação aplicada.

**Figura 1:** Distribuição das respostas aos itens da lista de verificação aplicada.



Fonte: Própria (2022).

De maneira global, pode-se observar que o estabelecimento auditado atendeu aos itens no percentual de aproximadamente 85%, desconsiderando os itens ‘não-aplicáveis’, estando aprovado na produção de alimentos seguros, pois o percentual de não conformidades listadas foi inferior a 25%. No trabalho de Vitória et al., (2013), na valiação das adequações das condições higiênico-sanitárias no preparo de alimentos em Unidade de Alimentação e Nutrição escolar apresentou condições sanitárias adequadas para o atendimento com 86% conformidade, classificando como (Bom) pertencente ao grupo I (quando 76 a 100% dos itens foram atendidos) promovendo a produção de alimentos seguros de acordo com os requisitos de Boas Práticas de Fabricação exigidos pela RDC 275/2002.

Em outro trabalho, realizado por Dodorico (2018), que se fez a avaliação das condições higiênico-sanitárias de uma pequena indústria de polpas de frutas constatou-se que a indústria foi classificada como (Regular), grupo II (de 51 a 75% dos itens atendidos), enquanto em estudos feitos por Arouche et al., (2020), na avaliação de estabelecimentos manipuladores de juçara no município de São Luiz no estado Maranhão, verificou-se em baixo percentual de não conformidade para todos os itens analisados classificado como (Ruim) pertencente ao grupo III (de 0 a 50% de conformidade).

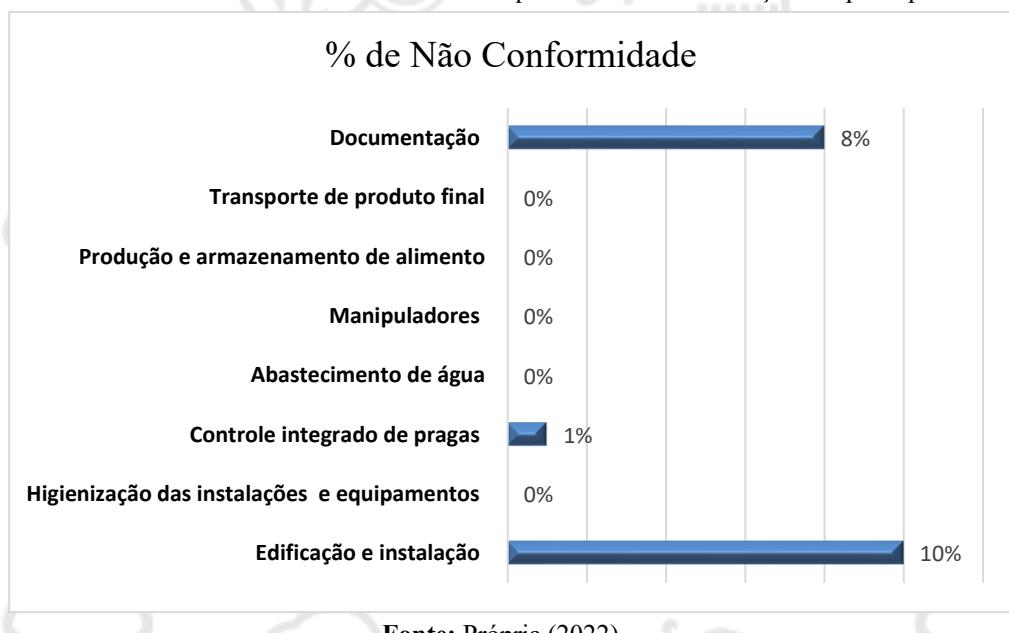
Na tabela 1, estão apresentados os resultados da auditoria em percentual de adequação dos pré-requisitos das BPFs. Na Figura 2, estão representados o percentual dos atributos (Não Conforme), divididos em oito atributos: Edificação e Instalações (I); Equipamentos, Móveis e Utensílios (II); Controle Integrado de Pragas (III); Abastecimento de Água (IV); Manipuladores (V); Produção e Armazenamento de Alimentos (VI); Transporte de Produto Final (VII) e Documentação (VIII).

**Tabela 1** – Percentual de adequação aos requisitos da lista em relação aos principais atributos.

Itens Avaliados	Total de Itens	Conformidades (n)	Conformidades (%)
Edificação e instalação	63	53	81,13
Higienização das instalações e equipamentos	16	16	100
Controle integrado de pragas	5	4	90
Abastecimento de água	13	13	100
Manipuladores	25	25	100
Produção e armazenamento de alimento	14	14	100
Transporte de produto final	5	5	100
Documentação	25	17	47
<b>TOTAL</b>	<b>166</b>	<b>145</b>	<b>87,4%</b>

Fonte: Própria (2022).

**Figura 2 – Percentual de Não Conformidades aos requisitos da lista em relação aos principais atributos.**



Fonte: Própria (2022).

A auditoria foi acompanhada pelo supervisor de qualidade e produção, que pode suscitar algumas das medidas aplicadas na gestão de qualidade do estabelecimento e também a respeito da documentação. Observou-se com relação ao atributo I (Edificação e instalação), que diz respeito à edificação e as instalações do estabelecimento, um dos principais problemas averiguados foi o acesso dos colaboradores da área externa para área de processamento, em que se faz necessário ajustes nas portas com fechamento automático (mola ou cortina de ar) ou seja, expostos as intempéries climáticas, ocasionando oportunidade de contaminação. Ainda nesse primeiro quesito, foi constatado que a indústria não faz uso de lavatórios com torneiras de açãoamento automático dentro do setor de processamento, de sabonete líquido inodoro antisséptico, toalhas de papel não reciclado ou outro sistema higiênico e seguro de secagem, e coletor de papel açãoados sem contato manual, sendo essencial para higienização das mãos dos manipuladores, na área externa, não foi encontrado vestiários com área compatível e armários individuais para os manipuladores, chuveiros com número insuficientes, o que representa um índice 10% das não conformidades.

Quanto ao atributo II (Equipamentos, móveis e utensílios), não só a manipulação dos alimentos como também o cuidado dos equipamentos e utensílios utilizados em todo o processo da manipulação, garantem a higiene e a inocuidade dos alimentos. Dos 16 itens avaliados quanto as condições de higiene de instalações, equipamentos, móveis e utensílios, todos apresentavam-se conformes, o que representa um índice de 100% de adequações. Os itens avaliados estavam relacionados às operações de higienização considerando sua frequência,

materiais e produtos utilizados e registro. No estabelecimento as operações de higienização são realizadas com frequência para manter as condições higiênico-sanitárias (durante e imediatamente após o término do trabalho). Funcionário capacitado para as atividades de higienização com utilização produtos químicos (hipoclorito de sódio e hidróxido de sódio) devidamente diluídos por uma pessoa responsável e as atividades são executadas com equipamentos de proteção individual. Pisos e paredes são lavados, todos os lixos são recolhidos, a eficácia da higienização é validada pelo responsável da qualidade, conforme sugerido por Bartz (2008).

Em relação atributo III (Controle Integrado de Pragas), foram avaliados 5 itens abordando questões sobre prevenção e controle de pragas, dos quais 1 apresentou não conformidade, foi constatado a falta de iscas luminosas próximas as entradas do empreendimento, a ausência desse item pode comprometer a segurança do alimento, caso haja presença de insetos aos arredores de processamento, contendo apenas armadilhas para roedores nas áreas externas, apresentaram o índice com 90% de adequação, concordando com o estudo de Andrade et al., (2011), que encontrou 88% de adequação no item “controle de pragas”. O supervisor da produção confirmou que os requisitos referentes ao controle de pragas ainda não tinham sido considerados no processo de implementação das BPF.

Ao atributo IV (Abastecimento de água) foi verificada a conformidade de 13 itens, relacionados ao abastecimento de água, às condições de conservação e higienização do reservatório. A água do estabelecimento avaliado é fornecida por poços presentes aos arredores da fábrica e sua potabilidade é avaliada em laboratório externo. A água é armazenada em um reservatório localizado em área estratégica a facilitar o fluxo no abastecimento. A caixa da água está conservada, sem vazamentos, infiltrações ou descascamentos, e é constituída de material adequado e a sua higienização e manutenção são feitas por empresa terceirizada. Não foram encontradas não conformidades nesta área.

A avaliação do atributo V (Manipuladores) contou com 25 itens, dos quais contemplou 100% das conformidades das questões relacionadas à saúde e conduta dos manipuladores, uso de uniformes, capacitações anuais comprovadas e requisitos de higiene para visitantes. Os que possuírem algum tipo de enfermidade são afastados da área de manipulação, apresentação de atestado médico. O estabelecimento disponibiliza três uniformes, diferenciados pela colocação de faixas coloridas em cada um deles. Sendo que cada uniforme disponibilizado conta com uma calça, camisa, touca, máscara e bota, as cores dos uniformes são distribuídas por setores (área limpa e área suja) facilitando na identificação dos colaboradores. A touca e máscara é fornecida pela empresa, porém não é descartável, sendo que a higienização desta, bem como dos

uniformes é de responsabilidade do próprio colaborador. Os manipuladores são dotados de boa apresentação, não possuem o hábito de fumar e manipular dinheiro. A educação e o treinamento periódico dos manipuladores, em todas as fases do processamento, são importantes para a manutenção da qualidade higiênico-sanitária dos alimentos, visto que a maioria das não conformidades tem alguma relação com a contaminação do alimento pelo manipulador. Através desse contexto, pode-se afirmar que as Boas Práticas são base para um efetivo controle de qualidade do processo (STOFFEL, 2013).

Ao quesito VI (Processamento e armazenamento de alimentos), a indústria apresenta área de recepção de frutos (Figura 3), considerada como “área suja”, em que o transporte do fruto até a fábrica é feito em caminhões aderidos em sacos de rafia ou caixas plásticas “basquetas”, ao chegar na indústria o caminhão é vistoriado pelo responsável do setor de recepção de frutos, informações como: nome do motorista, região do fruto, fornecedor do fruto, hora de chegada e placa do veículo e o responsável pelo recebimento da matéria-prima são devidamente checados.

**Figura 3 – Recebimento da matéria-prima**



**Fonte:** Própria (2022).

O fruto, descarregado, pesado, e selecionado acompanhado pelo responsável da qualidade para que possa dar prosseguimento ao fluxo (Figura 4). O fruto é despejado em uma peneira rotativa para que seja retirada o excesso de resíduo, posteriormente é transportado por esteiras até o tanque de pré-lavagem e em seguida ao tanque lavagem e branqueamento. Monteiro (2019), destaca que técnicas de branqueamento é uma tecnologia utilizada em frutas e vegetais, que possui como objetivo o tratamento térmico para inibir as

enzimas que causam alteração na coloração, diminui a carga microbiana do alimento, conservação das propriedades sensoriais, durável por mais tempo e maior qualidade.

**Figura 4** – Eliminação de excesso de resíduo.



**Fonte:** Própria (2022).

Foi verificado durante a avaliação que a área de processamento e armazenamento atendem aos critérios de conformidades, as polpas são acondicionadas em túneis de congelamento e câmaras frias com temperaturas ideais de conservação de alimentos. Os equipamentos, móveis e utensílios utilizados na área de processamento de alimento são devidamente higienizados, e guardados em local protegido, na própria área em armários fechados.

A avaliação do atributo VII (Transporte de produto final), conforme a lista de verificação, apresentou 100% de adequações. A indústria apresenta critérios de boas práticas de transporte de alimentos através de inspeção de embarque, averiguando temperatura do veículo, condições higiênicos-sanitárias, integridade das embalagens transportadas e se o veículo transporta carga que possa comprometer o produto.

Referente ao último item VIII (Documentos e registros), foram observados 17 itens apontada não conformidade entre os 25 avaliados, consistindo num percentual de 8% de não conformidades neste aspecto. Foi verificado a inexistência do Manual de Boas Práticas e do Procedimento Operacionais Padronizados para determinados setores. Para correção desta não conformidade, foi sugerida a implantação do Manual de Boas Práticas e atualização dos Procedimentos Operacionais Padronizados (POP), e a disposição dos mesmos para os funcionários envolvidos.

A implantação das Boas Práticas Fabricação em serviços de alimentação e em unidades industrializadoras de alimentos é um processo que deve ser realizado em etapas, envolvendo um planejamento das ações necessárias para a adequação do estabelecimento. A indústria conta com treinamentos periódicos e melhoria contínua em suas instalações, desta forma, os proprietários dos estabelecimentos conseguem ter uma percepção mais clara do trabalho que está sendo desenvolvido, da quantidade de itens a ser melhorado, acompanhar as evoluções e fazer uma projeção dos investimentos necessários. É importante ressaltar que alguns itens ainda precisam melhorar, porém este deve ser um processo gradativo, até que todas as normas e regras estabelecidas no manual tornem-se procedimentos de rotina

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise dos resultados obtidos, conclui-se que as condições higiênicas-sanitárias da indústria de polpas de frutas encontram-se em 87,4% dos itens avaliados, atendendo as condições higiênico-sanitária exigida pelas normas de qualidade e segurança alimentar vigentes no Brasil, sendo satisfatório (Bom), classificada no Grupo I, de acordo com a RDC 275/2002, em que apresenta adequação às Boas Práticas de Fabricação.

A maior quantidade de não conformidades ocorreu nos aspectos “Edificação e Instalações”, “Documentações” e “Controle integrado de pragas”. Já os demais itens tiveram os índices mais altos de adequação, com 100% de aprovação. Apesar da quantidade de itens não conformes apontados na aplicação do checklist, o estabelecimento possui condições higiênico-sanitárias e organização satisfatória.

As BPF estão diretamente relacionadas com a garantia da qualidade e segurança do consumidor, esse estudo foi de extrema importância, pois o referente trabalho teve resultados satisfatórios para os responsáveis do estabelecimento quanto para os consumidores da polpa de frutas buscando melhorias e adequações de todos os itens de acordo com a leis vigentes.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M.; HENRIQUE, N.; SILVA, R.; SOUZA, S. Avaliação do manual de boas práticas de fabricação de alimentos das instituições de longa permanência de idosos fiscalizadas pela vigilância sanitária do município do Rio de Janeiro. **Ceres: Nutrição & Saúde**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, ago. 2011.

ASSOCIAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR DO ALTO XINGU – ADAFAX. Beneficiamento de Polpa de Frutas. Disponível em: [http://www.fundovale.org/wp-content/uploads/2016/04/IEB\\_Polpa\\_Adafax\\_site.pdf](http://www.fundovale.org/wp-content/uploads/2016/04/IEB_Polpa_Adafax_site.pdf). Acesso em: 03 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA - **ABIP**. Performance do Setor de Panificação Brasileiro em 2009. Disponível em: <https://www.abip.org.br/site/>. Acesso em: 21 mar. 2022

**ABERC**. Manual ABERC de Práticas de Elaboração e Serviços de Refeição para Coletividade. 5. Ed. São Paulo, 1999.

AGUIAR, E. C.; LOOS, M. J. Metodologia de Aplicação do Checklist de verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores / Industrializadores de Alimentos utilizando a Matriz Gut. **ISSN 1679-723X FFBusiness** – Ano XVI – v. 16 – Nº 22 – Jan. a Jun. 2018

ALMEIDA, C.R. O sistema de HAPCCP como instrumento para garantir a inocuidade dos alimentos. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v.14, n.72, p. 35-46, maio, 1998.

ARAÚJO, A. L.; BITTENCOURT, J. V. M.; SANTOS, M. H. R. Implementação das ferramentas da qualidade em gelados comestíveis. **Revista científica online** v. 5, n. 1 (2015). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Ponta Grossa (Paraná).

ARRUDA, G. A. **Manual de Boas Práticas**. São Paulo: Ponto Crítico, 1997.

BARRETO et al. Implantação a Análise de Perigos e Pontos Críticos e Controle (APPCC), Garantia da Qualidade e Segurança na Indústria de Alimentos. **Acta Biomedica Brasiliensis**. V. 4, n 2, dezembro de 2013. Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde.

BARTZ, S. Contaminação microbiológica e avaliação de métodos de higienização de panos de limpeza utilizados em serviços de alimentação. **Dissertação (Mestrado)**. Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13308>. Acesso em 10 de jun. 2022.

BERTI RC, SANTOS DC. **Importância do controle de qualidade na indústria** alimentícia: prováveis medidas para evitar contaminação por resíduos de limpeza em bebidas UHT. Atas de ciências de saúde 2016 v. 4, n. 1, p. 23-28. Disponível em: <http://www.revistaseletronicas.fmu.br/index.php/ACIS/article/view/1084>. Acesso em: 30 jun 2022.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 37, de 01 de outubro de 2018**. Estabelece os parâmetros analíticos dos sucos e polpas. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 01 out. 2018.

BRASIL. Resolução - **RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002**. Regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 06 de nov. de 2002, Seção 1, p. 4-21.

CARDOSO, A. B.; CANDIDO, G. F.; KOSAR, M.; BIEGUN, P. M.; SILVA, T. C.; SANTOS, V. C.; URBANO, M. R. D.; COELHO, H. D. S.; MARCHIONI, D. M. L. Avaliação das condições higiênico-sanitárias de panificadoras. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 19, n. 130, p. 45-49, 2005.

DIAS, S. S.; BARBOSA, V. C.; COSTA, S. R. R. Utilização do APPCC como Ferramenta da Qualidade em Indústrias de Alimentos. Instituto de Tecnologia Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). **Rev. de Ci. Vida.** Seropédica v. 30 n. 2 99-111 julho/dezembro 2010

DODORICO, P. P.; TAVARES, I. M. C.; NOGUEIRA, A. P. S.; ROSSI, M. J. P.; VANZELA, E. S. L. **Aplicação de Lista de Verificação de Boas Práticas de Fabricação (BPF) em Indústria de Polpa de Frutas.** Disponível: <https://proceedings.science/seca/seca-2018/papers/aplicacao-de-lista-de-verificacao-de-boas-praticas-de-fabricacao--bpf--em-industria-de-polpa-de-frutas>. Acesso em: 26 jun. 2022

GONÇALVES, J. Gestão da qualidade em indústrias de polpas no estado de Pernambuco. Recife, 2015. **Dissertação** (Ciência e Tecnologia de Alimentos) - UNIVERSIDADE RURAL DE PERNAMBUCO, 2015.

GUIMARÃES, S. L.; FIGUEIREDO, E. L. Avaliação das condições higiênico-sanitárias de panificadoras localizadas no município de Santa Maria do Pará - PA. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 04, p. 198-206, 2010.

MACIEL, A.R. et al. Verificação das boas práticas de fabricação em panificadoras da cidade de Marabá, **Scientia Plena**, v. 12, n. 6, p. 1-5, 2016.

**MINISTÉRIO DA SAÚDE.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas de fabricação para os serviços de alimentação. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 16 set. 2004.

MONTEIRO, Vanessa Cristina De Oliveira. **Branqueamento: técnica de conservação de frutas e hortaliças através do calor.** Anais IV CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/56625>. Acesso em: 28 de jun. 2022.

OPAS-OMS. **HACCP:** Instrumento essencial para a inocuidade de alimentos. Buenos Aires, Argentina, 2001. 333p.

PIOVESAN, M. F.; PADRÃO, M. V. V.; DUMONT, M. U. Vigilância Sanitária: uma proposta de análise dos contextos locais. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 83-95, 2005.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico:** Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. Ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RODRIGUES, E. C. N.; RIBEIRO, S. C. A.; SILVA, F. L. Não padronização de procedimentos operacionais em agroindústria familiar de polpa de frutas e seus efeitos na renda e satisfação dos associados. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 1, p. 1-19, 2015.

SACCOL, A. L. F.; HECKTHEUER; L. H.; RICHARDS, N. S.; STANGARLIN, L. **Lista de Avaliação de Boas Práticas Para Serviços de Alimentação: RDC 216.** São Paulo: Varela, 47 p., 2006.

SEIXAS, F. R. F., SEIXAS, J. R. F., REIS, J. A., HOFFMANN, F. L. Check-list para diagnóstico das Boas Práticas de Fabricação (BPF) em estabelecimentos produtores de alimentos da cidade de São José do Rio Preto (SP). **Revista Analytica**. 33, 36-41, 2008. Disponível em: <http://www.revistaanalytica.com.br>. Acesso em: 15 Jun. 2022.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Processamento de polpas de frutas**. SEBRAE – ES, 2011. Disponível em:[https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebrae50mais50/?utm\\_source=google&utm\\_medium=institucional&utm\\_campaign=50&utm\\_term=sebrae50&utm\\_content=naugm-500045&gclid=Cj0KCQjwz96WBhC8ARIsAATR250o8GV4MsUJhtREsNRCWKlmeamNM4F-zT54QMBWS05s9pTK4ESRGQaAs29EALw\\_wcB](https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebrae50mais50/?utm_source=google&utm_medium=institucional&utm_campaign=50&utm_term=sebrae50&utm_content=naugm-500045&gclid=Cj0KCQjwz96WBhC8ARIsAATR250o8GV4MsUJhtREsNRCWKlmeamNM4F-zT54QMBWS05s9pTK4ESRGQaAs29EALw_wcB). Acesso em: 19 jun. 2022.

SILVEIRA, J. C. Atualização das boas práticas de fabricação (BPF) e procedimentos operacionais padrão (pop) em uma indústria de polpa de fruta. 2016. 71f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba**, Joao Pessoa, 2016. Disponível em:  
<https://security.ufpb.br/ccea/contents/documentos/downloads-tcc/actualizacao-das-boas-praticas-de-fabricacao-bpf-e-procedimentos-operacionais-padrão-pop-em-uma-indústria-de-polpa-de-frutas-julianna-cruz-silveira-2016.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2022.

STOFFEL, F.; LOCATELLI, J.; SANDRI, I. G.; PIEMOLINI-BARRETO, L. T. Condições Higiênico-Sanitárias de uma panificadora de médio porte: Estudo de caso. **Higiene Alimentar**, v.27, n. 218/219, Março/Abril, 2013. Disponível em:  
[https://higienealimentar.com.br/wp-content/uploads/2019/08/Anais\\_Higienistas\\_2013\\_compressed.pdf](https://higienealimentar.com.br/wp-content/uploads/2019/08/Anais_Higienistas_2013_compressed.pdf). Acesso em: 28 jun. 22.

VITÓRIA, P. S.; NÖRNBERG, F. R.; PEREIRA, C.; CASTRO, L. S. B.; CARDOZO, G. H. HELBIG, E. Adequação das Boas Práticas em Unidade de Alimentação Escolar no Município do Capão do Leão/Rs. **Higiene Alimentar**, v.27, n. 218/219, Março/Abril, 2013. Disponível em: [https://higienealimentar.com.br/wp-content/uploads/2019/08/Anais\\_Higienistas\\_2013\\_compressed.pdf](https://higienealimentar.com.br/wp-content/uploads/2019/08/Anais_Higienistas_2013_compressed.pdf). Acesso em: 26 jun 2022.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

## AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS DE PESCADOS COMERCIALIZADOS EM FEIRAS LIVRES DE GARANHUNS - PE

## EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES HIGIÉNICAS Y SANITARIAS DEL PESCAZO COMERCIALIZADO EN FERIAS LIBRES EN GARANHUNS – PE

## EVALUATION OF THE HYGIENIC AND SANITARY CONDITIONS OF FISH MARKETED AT FREE FAIRS IN GARANHUNS – PE

Krause Gonçalves Silveira Albuquerque<sup>1</sup>; Adilla Pereira Dávila Souza<sup>2</sup>; Matheus Antônio da Costa<sup>3</sup> Tayne  
Vitória Ramos da Silva<sup>4</sup>; José Denilson da Silva<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.112>

### RESUMO

Os pescados são amplamente consumidos, sobretudo por serem uma rica fonte de proteínas de fácil digestibilidade e ácidos graxos como o ômega 6, entretanto estes também possuem alto teor de umidade, que associados a vasta concentração de nutrientes caracterizam-se como um fator de alto impacto no que diz respeito a sua perecibilidade. A carência de cuidados constantes se dá pela necessidade de assegurar a qualidade nutricional e sensorial dos alimentos comercializados bem como a inocuidade dos mesmos, garantindo a segurança do consumidor. O presente estudo possui como objetivo avaliar as condições higiênico-sanitárias referentes à comercialização de pescados em feiras livres da cidade de Garanhuns - PE. A pesquisa foi realizada em duas feiras livres, situadas respectivamente no centro da cidade (Feira A) e em um dos bairros periféricos (Feira B). Para realização da avaliação das condições higiênico-sanitárias utilizou-se como ferramenta de trabalho um *check-list*, construído a partir da RDC n. 216 de Setembro de 2004 da Agencia Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa, abordando questões referentes à comercialização dos pescados, manipulador e a estrutura das barracas. Ao total foram avaliadas 11 barracas que comercializavam pescados, todas localizadas em ruas, áreas descobertas e de livre acesso. Ao fazer o levantamento das espécies comercializadas foram observadas: camarão (*Penaeus brasiliensis*), Traíra (*Hoplias spp.*), Corvina (*Plagioscion squamosissimus*), Piaba (*Astyanax bimaculatus*) e Tilápia (*Oreochromis niloticus*). Em ambas as feiras estudadas foram averiguadas irregularidades em relação às condições higiênico-sanitárias, em apenas 1 das barracas analisadas os manipuladores estavam utilizando vestimenta adequada. Foram identificadas roupas sujas, uso de adornos, falta de tocas, luvas e presença de barca sem o uso de máscara. Sobre a infraestrutura das barracas foi possível averiguar a despadronização das estruturas, indicando falta de apoio do poder público municipal e planejamento. As barracas são de madeira ou improvisadas, sendo em alguns casos caixas de isopor com gelo ou apresentados salgados sobre plásticos sobre bancos. Não foram detectadas fontes de água para higienização das mãos. No ambiente de comercialização dos pescados foram percebidos ainda odores fortes, característicos de peixes estragados e a presença de animais, principalmente cães e insetos. Através do estudo foi possível identificar condições insalubres de manipulação e comercialização de pescados, caracterizando-se como um risco para saúde pública e sendo necessária a realização de ações por parte do poder público para capacitar, conscientizar e fiscalizar os comerciantes que atuam neste seguimento.

**Palavras-Chave:** Higiene, Segurança dos Alimentos, Pescados e Saúde Pública.

<sup>1</sup> Eng. de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, [albuquerque.k.g.s@gmail.com](mailto:albuquerque.k.g.s@gmail.com)

<sup>2</sup> Eng. de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, [adillapereira@hotmail.com](mailto:adillapereira@hotmail.com)

<sup>3</sup> Eng. de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, [eng.matheus97@gmail.com](mailto:eng.matheus97@gmail.com)

<sup>4</sup> Eng. de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, [tayneramos1@gmail.com](mailto:tayneramos1@gmail.com)

<sup>5</sup> Agrônomo, Instituto Federal de Pernambuco, [denisonsila@gmail.com](mailto:denisonsila@gmail.com)

**EIXO**

# **INovação e TecNOLOGIAS EMERGENTES**

## GERAÇÃO DE IMAGENS SINTÉTICAS PARA A SEGMENTAÇÃO DE FOLHAS DE CAFÉ USANDO APRENDIZADO PROFUNDO

## GENERACIÓN DE IMÁGENES SINTÉTICAS PARA LA SEGMENTACIÓN DE HOJAS DE CAFÉ MEDIANTE DEEP LEARNING

## SYNTHETIC IMAGE GENERATION FOR COFFEE LEAF SEGMENTATION USING DEEP LEARNING

Michel Hanzen Scheeren<sup>1</sup>; Mauricio Antonio Gois de Almeida<sup>2</sup>; Ricardo Augusto Pereira Franco<sup>3</sup>; Arnaldo Candido Junior<sup>4</sup>; Pedro Luiz de Paula Filho<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.114-131>

### RESUMO

Pragas e doenças representam um risco sério para o café, podendo causar prejuízos e reduzir significativamente a produção. Nesse sentido, a identificação precoce e correta dos sintomas é uma tarefa importante para permitir um tratamento rápido e reduzir os danos. Uma área capaz de auxiliar na identificação de pragas e doenças é a inteligência artificial, mais especificamente o aprendizado profundo, responsável por melhorar o estado da arte em diversos domínios. Um problema comum nessa área é a discrepância entre o desempenho obtido com imagens de laboratório e com imagens reais de campo, o que pode ser mitigado a partir da utilização de técnicas de segmentação dos dados. No entanto, essa abordagem apresenta uma séria limitação: a necessidade de uma quantidade abundante de dados para a otimização dos parâmetros. Uma possível solução para esse problema é a utilização de procedimentos de geração de imagens sintéticas, que podem expandir a quantidade de dados disponíveis para o treinamento e melhorar consideravelmente o desempenho. Dessa forma, este trabalho estudou uma abordagem de geração de imagens sintéticas para auxiliar no treinamento de modelos de aprendizado profundo. A abordagem foi avaliada em um problema de segmentação de imagens de folhas de café obtidas em condições reais de campo a partir de dados sintéticos gerados utilizando imagens de laboratório. Como resultado, comprovou-se que a utilização das imagens sintéticas conseguiu melhorar o desempenho da segmentação em 1,3 pontos percentuais de intersecção sobre união e 0,7 pontos percentuais de F-score, demonstrando ser uma alternativa válida para o aumento de dados voltado ao treinamento de modelos de aprendizado profundo.

**Palavras-Chave:** imagens sintéticas, aumento de dados, aprendizado profundo.

### RESUMEN

Las plagas y enfermedades representan un grave riesgo para el café y pueden causar pérdidas y reducir considerablemente la producción. En este sentido, la identificación temprana y correcta de los síntomas es una tarea importante para permitir un tratamiento rápido y reducir los daños. Un área que puede ayudar en la identificación de plagas y enfermedades es la inteligencia artificial, más específicamente el aprendizaje profundo, que es responsable de mejorar el estado del arte en varios dominios. Un problema común en este ámbito es la discrepancia entre el rendimiento obtenido con imágenes de laboratorio y con imágenes reales de campo, que puede mitigarse a partir del uso de técnicas de segmentación de datos. Sin embargo, este enfoque presenta una grave limitación: la necesidad de una abundante cantidad de datos para la optimización de los parámetros. Una posible solución a este problema es el uso de procedimientos de generación de imágenes sintéticas, que pueden ampliar la cantidad de datos disponibles para el entrenamiento y mejorar considerablemente el rendimiento. Así, este trabajo estudió un enfoque de generación de imágenes sintéticas para ayudar en el entrenamiento de modelos de

<sup>1</sup> Ciência da Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [michelscheeren@alunos.utfpr.edu.br](mailto:michelscheeren@alunos.utfpr.edu.br)

<sup>2</sup> Ciência da Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [mauricioalmeida@alunos.utfpr.edu.br](mailto:mauricioalmeida@alunos.utfpr.edu.br)

<sup>3</sup> Doutor, Universidade Federal de Goiás, [ricardofranco@ufg.br](mailto:ricardofranco@ufg.br)

<sup>4</sup> Doutor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [arnaldocan@gmail.com](mailto:arnaldocan@gmail.com)

<sup>5</sup> Doutor, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [plpf2004@gmail.com](mailto:plpf2004@gmail.com)

aprendizaje profundo. El enfoque se evaluó en un problema de segmentación de hojas de café tomadas en condiciones reales de campo a partir de datos sintéticos generados con imágenes de laboratorio. Como resultado, se demostró que el uso del conjunto de datos sintéticos fue capaz de mejorar el rendimiento de la segmentación en 1,3 puntos porcentuales de intersección sobre unión y 0,7 puntos porcentuales de F-score, demostrando ser una alternativa válida para el aumento de datos destinados al entrenamiento de modelos de aprendizaje profundo.

**Palabras Clave:** imágenes sintéticas, aumento de datos, aprendizaje profundo.

## ABSTRACT

Pests and diseases represent a serious risk for coffee, and can cause losses and significantly reduce production. In this sense, early and correct identification of symptoms is an important task to allow a quick treatment and reduce damage. One area that can assist in the identification of pests and diseases is artificial intelligence, more specifically deep learning, which is responsible for improving the state of the art in various fields. A common problem in this area is the discrepancy between the performance obtained with laboratory images and real field images, which can be mitigated by using data segmentation techniques. However, this approach has a serious limitation: the need for an abundant amount of data for parameter optimization. A possible solution to this problem is the use of synthetic imaging procedures, which can expand the amount of available data for training and considerably improve performance. Thus, this paper studied a synthetic imaging approach to aid in the training of deep learning models. The approach was evaluated on a problem of segmenting coffee leaves taken in real field conditions from synthetic data generated using laboratory images. As a result, it was proven that the use of the synthetic dataset was able to improve the segmentation performance by 1.3 percentage points of intersection over union and 0.7 percentage points of F-score, proving to be a valid alternative for data augmentation aimed at training deep learning models.

**Keywords:** synthetic images, data augmentation, deep learning.

## INTRODUÇÃO

Entre os setores responsáveis por sustentar a economia brasileira, a agricultura desempenha um papel de suma importância, principalmente na geração de empregos e renda para o Brasil (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Nos anos de 2019 e 2020, o Brasil foi responsável por cerca de 32,2% de todas as exportações mundiais de café, consagrando-se como maior exportador de café do mundo (ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ, 2020). Além da importância econômica, o café também apresenta vários benefícios para a saúde, incluindo efeitos anti-inflamatórios, antioxidantes, auxílio no tratamento de doenças crônicas e atuação como um estimulante natural (CARVALHO *et al.*, 2018).

Existem diversos fatores capazes de prejudicar a produtividade agrícola, um risco tanto para pequenos agricultores familiares quanto para produtores de escala empresarial. Dentre esses fatores destaca-se a incidência de pragas e doenças, problema capaz de causar perdas severas e que podem até mesmo inviabilizar a exploração da cultura (FERRÃO *et al.*, 2017). Para permitir o controle efetivo da propagação de pragas e doenças e minimizar os eventuais danos que podem ser causados, é importante realizar a identificação precisa dos sintomas, principalmente nos estágios iniciais de contaminação (XIONG *et al.*, 2020).

Uma abordagem moderna para o problema de identificar corretamente os sintomas

provocados por pragas e doenças é a utilização de técnicas que combinam visão computacional e aprendizado profundo. Essa área apresentou um crescimento muito significativo, melhorando drasticamente o estado da arte nos mais diversos domínios (LECUN *et al.*, 2015) e demonstrando um desempenho de ponta se comparado às abordagens mais tradicionais de aprendizado de máquina (ALOM *et al.*, 2019).

Um obstáculo comum no treinamento de modelos para a detecção ou classificação de pragas e doenças em plantas é a discrepância entre a acurácia de reconhecimento quando são utilizadas imagens de laboratório, capturadas em condições controladas de fundo e iluminação, e quando são usadas imagens de campo em condições reais (ARSENOVIC *et al.*, 2019). É possível obter melhorias significativas nos resultados utilizando técnicas de segmentação, capazes de contribuir para a evidenciação dos principais padrões presentes nos dados e gerar imagens com características mais homogêneas, permitindo que a rede se concentre apenas nos elementos mais relevantes na cena (BARBEDO, 2019).

Apesar do desempenho de ponta que pode ser alcançado a partir da utilização dessas técnicas, elas apresentam uma séria limitação: o treinamento depende de uma quantidade abundante de dados prontamente disponíveis para a otimização dos parâmetros, até mesmo para compreender conceitos relativamente simples. Uma possível solução para esse problema é a utilização de técnicas de geração de imagens sintéticas, ou seja, exemplos artificiais que se aproximam ou imitam informações reais (MELO *et al.*, 2022). Elas podem ser utilizadas tanto isoladamente (PATKI *et al.*, 2016) quanto em conjunto com os dados reais, expandindo a quantidade de dados disponíveis para o treinamento (FAWAZ *et al.*, 2018).

Dessa forma, este artigo tem por objetivo o estudo de uma abordagem para a geração de imagens sintéticas a partir de técnicas de composição de imagens para auxiliar no treinamento de modelos de aprendizado profundo. Como estudo de caso, a abordagem foi testada na tarefa de segmentação de imagens de café tiradas em condições reais de campo utilizando imagens de laboratório.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Matematicamente, uma imagem digital pode ser definida como uma função de duas dimensões  $f(x, y)$ , em que  $x$  e  $y$  descrevem as coordenadas espaciais e  $f$  representa o brilho ou intensidade da imagem naquele ponto. Quando  $x$ ,  $y$  e  $f$  são valores finitos e discretos, estes representam uma imagem digital (GONZALEZ; WOODS, 2018). Em termos físicos, uma imagem pode ser representada como o produto da luz que incide na cena (iluminância) e da luz refletida pelos objetos na cena (reflectância) (PEDRINI; SCHWARTZ, 2007).

Portanto, uma imagem digital bidimensional  $I(m, n)$  retrata a resposta obtida por um sensor para uma série de posições fixas representadas em um sistema de coordenadas cartesianas de duas dimensões. Cada elemento individual da imagem  $I(m, n)$ , em que  $m$  indica a linha e  $n$  a coluna, é chamado pixel. Por convenção, a origem de uma imagem sempre está localizada no canto superior esquerdo (SOLOMON; BRECKON, 2011).

Uma representação muito comum de uma imagem digital colorida é feita utilizando um vetor triplo, em que cada posição representa a intensidade das cores primárias vermelho, verde e azul (RGB). Nesse caso, a imagem é uma combinação linear dos três canais de cores e também pode ser representada por três planos bidimensionais distintos. Alguns formatos de imagem podem ainda apresentar um quarto canal, conhecido como canal alfa, responsável por controlar a transparência da imagem (SOLOMON; BRECKON, 2011).

Por fim, a resolução de uma fonte de imagem pode ser definida de várias formas. A mais comum delas é a resolução espacial, que está fortemente relacionada com a densidade de pixels presente na imagem (PEDRINI; SCHWARTZ, 2007). Neste modelo, a quantidade de colunas ( $C$ ) e linhas ( $L$ ) da imagem define a quantidade de pixels usados para preencher o espaço. Normalmente, essa resolução é expressa como  $C \times L$ : 640×480, 1280×720, 1920×1080, entre outros (SOLOMON; BRECKON, 2011).

## Processamento de Imagens Digitais

O processamento de imagens digitais utiliza uma série de abordagens também presentes em áreas correlatas, como análise de imagens e visão computacional (GONZALEZ; WOODS, 2018). Ele pode ser definido como um conjunto específico de técnicas destinadas à captura, representação, transformação e identificação das principais informações de imagens digitais (PEDRINI; SCHWARTZ, 2007).

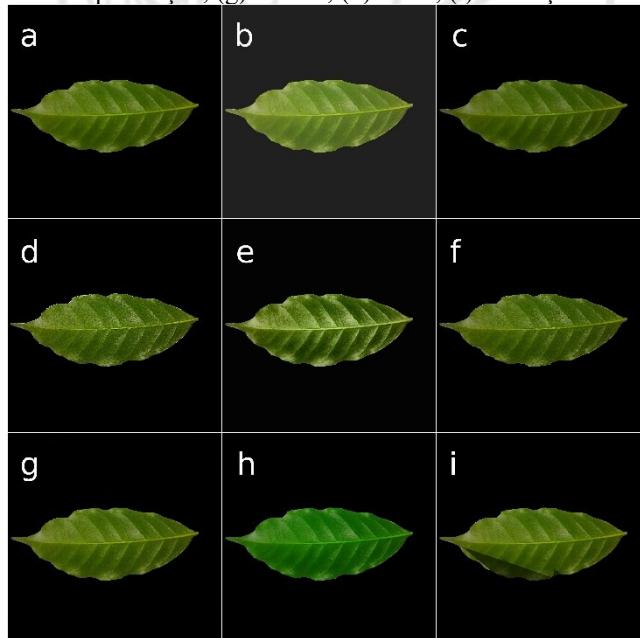
Transformações de pixel correspondem a uma série de transformações relacionadas com variações locais dos valores dos pixels, sem comprometer a localização física dos objetos na cena, ou seja, não precisam ser aplicadas em anotações prévias. Dentre as transformações de pixel mais comuns, destacam-se (ALBUMENTATIONS, 2022):

- Brilho: variação na luminosidade da imagem, tornando-a mais clara ou escura;
- Contraste: variação na diferença de brilho entre áreas claras e escuras da imagem;
- Saturação: variação na intensidade da cor da imagem;
- Equalização: ajuste do contraste da imagem a partir de seu histograma;
- Ruído: adição de variações aleatórias de brilho e cor nos pixels da imagem;

- Realce: aplicação de técnicas que destacam as bordas dos objetos na imagem;
- Nitidez: aplicação de filtros que destacam os contornos da imagem;
- Desfoque: aplicação de borramento, reduzindo os detalhes e o ruído da imagem.

A Figura 1 apresenta alguns exemplos das transformações de pixel citadas, aplicadas a uma mesma imagem de folha de café pertencente ao *dataset* Esgario *et al.* (2020).

**Figura 1:** Exemplos de transformações de pixel. (a) original; (b) desfoque; (c) brilho; (d) contraste; (e) realce; (f) equalização; (g) nitidez; (h) ruído; (i) saturação



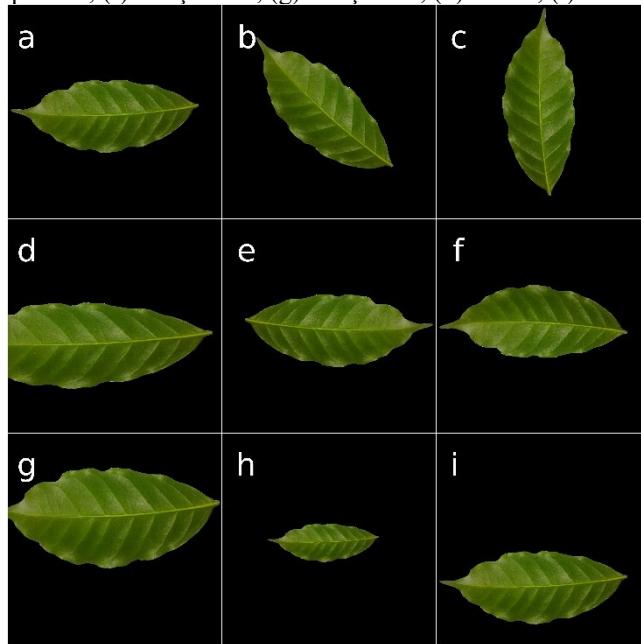
Fonte: Própria (2022).

Já as transformações espaciais correspondem a um conjunto de transformações que envolvem alterações na localização dos objetos na cena, ou seja, torna necessária a transformação dos conjuntos descritores da imagem (como caixas delimitadoras e máscaras de segmentação). Dentre as transformações espaciais mais comuns, destacam-se (ALBUMENTATIONS, 2022):

- Rotação: princípio de girar a imagem em um determinado ângulo;
- Recorte: processo de selecionar uma parte específica da imagem e remover o restante;
- Translação: movimentação da imagem em torno dos eixos *x* e *y*;
- Espelhamento: inversão horizontal ou vertical da imagem;
- Perspectiva: transformação da imagem de forma que ela pareça ter sido tirada de um ângulo diferente do original;
- Escala: aplicação de efeito de zoom à imagem.
- Distorção: deformação de regiões ou linhas da imagem.

A Figura 2 apresenta alguns exemplos das transformações espaciais citadas, aplicadas a uma mesma imagem de folha de café pertencente ao *dataset* Esgario *et al.* (2020).

**Figura 2:** Exemplos de transformações espaciais. (a) original; (b) recorte; (c) distorção; (d) espelhamento; (e) perspectiva; (f) rotação 90°; (g) rotação 45°; (h) escala; (i) translação



Fonte: Própria (2022).

### Redes Neurais Artificiais

O aprendizado profundo consiste no princípio de programar um computador de modo que ele se torne capaz de adquirir conhecimento de forma automática e de detectar padrões escondidos em um conjunto de informações (SHALEV-SHWARTZ; BEN-DAVID, 2014). As soluções de aprendizado profundo demonstram potencial na descoberta de padrões intrínsecos mesmo em dados complexos e de alta dimensionalidade (LECUN *et al.*, 2015).

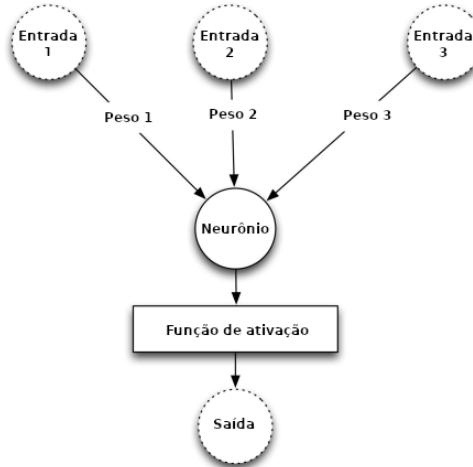
Essencialmente, o aprendizado profundo se baseia no uso de redes neurais profundas, que podem ser definidas como redes neurais que apresentam em sua arquitetura mais de duas camadas ocultas (HEATON, 2015). É justamente a organização da rede em várias camadas hierárquicas interconectadas que permite a compreensão e extração dos recursos dos dados em altos níveis de complexidade (VASILEV *et al.*, 2019).

Uma rede neural artificial (RNA) é um modelo computacional inspirado na maneira como o cérebro humano funciona. O cérebro é um sistema de processamento de dados complexo, paralelo e não linear. Ele consegue organizar suas estruturas básicas, os neurônios, para processar certos tipos de informação bem mais rapidamente do que qualquer computador já construído (HAYKIN, 2005). Partindo de um ponto de vista matemático, uma rede neural é

um grafo direcionado em que os nós correspondem aos neurônios e as arestas correspondem às ligações entre eles (SHALEV-SHWARTZ; BEN-DAVID, 2014).

O neurônio artificial é a unidade básica de processamento de informações dentro de uma RNA (HAYKIN, 2005). Ele multiplica cada valor de entrada que recebe por um peso sináptico, responsável por atribuir diferentes níveis de importância a cada atributo de entrada. Posteriormente, esses valores são somados e aplicados a uma função de ativação, responsável por restringir a amplitude de saída do neurônio (HEATON, 2015). A Figura 3 apresenta a estrutura básica de um neurônio artificial junto de seus principais componentes.

**Figura 3:** Estrutura básica e componentes principais de um neurônio artificial



**Fonte:** Adaptado de Heaton (2015).

Uma RNA pode apresentar uma vasta quantidade de neurônios em sua arquitetura, organizados ao longo de uma rede formada por várias camadas conectadas. A camada de entrada é a que recebe os dados de treinamento, ou seja, o estado inicial do sistema. A camada de saída é a responsável por apresentar os resultados obtidos durante o processamento. As camadas extras localizadas entre a entrada e a saída do modelo são chamadas camadas ocultas (VASILEV *et al.*, 2019).

Pode-se simplificar uma RNA como uma aproximação de função matemática com certo nível de erro. Treinar a rede significa fazer pequenas alterações nos pesos das conexões entre os neurônios visando minimizar o erro (VASILEV *et al.*, 2019). Se os recursos computacionais disponíveis para o treinamento dos modelos fossem infinitos, bastaria esgotar todas as possibilidades existentes para as configurações de pesos da rede até encontrar aquela que apresente o menor erro. No entanto, como os recursos são limitados, é necessário utilizar uma abordagem mais inteligente para o problema, já que mesmo redes extremamente simples podem

apresentar uma grande quantidade de combinações de pesos (HEATON, 2015).

Um dos métodos mais utilizados para o treinamento de redes neurais é o *backpropagation*, um tipo especial de algoritmo de gradiente descendente (HEATON, 2015). De forma geral, o algoritmo pode ser dividido em dois momentos: a fase *forward*, que consiste na multiplicação dos pesos de cada neurônio pelos valores da entrada e aplicação da função de ativação, da primeira até a última camada da rede; e a fase *backward*, que utiliza o erro gerado durante a fase anterior para fazer pequenas alterações nos pesos de modo a reduzir o erro geral da aproximação da função (FACELI *et al.*, 2011).

### Redes Neurais Convolucionais

As Redes Neurais Convolucionais (CNNs), são um tipo especial de rede neural profunda. Sua aplicação está normalmente associada com tarefas que envolvem processamento de imagens digitais, tais como reconhecimento e detecção de objetos, já que esse tipo de rede funciona muito bem com dados organizados em uma topologia de grade, ainda mais quando existe uma forte dependência espacial entre seus componentes (AGGARWAL, 2018). As CNNs utilizam um tipo especial de estrutura conhecida como camada de convolução, que possibilita a extração de recursos da imagem, tais como bordas, cores, manchas e outros elementos visuais (HEATON, 2015).

A U-Net é uma rede neural convolucional profunda proposta por Ronneberger *et al.* (2015). Foi inicialmente projetada para a tarefa de segmentação semântica para aplicação em imagens biomédicas, embora seja atualmente aplicada nas mais diversas áreas de segmentação. A arquitetura geral da U-Net é baseada em uma estrutura em formato de "U" com duas fases principais: contração, responsável por extraír as características e recursos da imagem, enquanto simplifica cada vez mais sua representação; e expansão, encarregada de reconstruir a imagem de forma segmentada (RONNEBERGER *et al.*, 2015).

### Métricas de Desempenho

Diversas métricas para avaliação da acurácia dos modelos de segmentação foram propostas pelos pesquisadores da área ao longo dos anos. A intersecção sobre união (IoU) mede a quantidade de pixels comuns entre a segmentação correta e o resultado do modelo em relação ao total de pixels compartilhados entre ambos os casos. É uma das métricas de avaliação de desempenho que mais se destaca na literatura devido a sua capacidade de representatividade aliada a simplicidade (GARCIA-GARCIA *et al.*, 2017).

A precisão é uma métrica responsável por descrever o quanto bom um modelo é na tarefa

de identificar corretamente os objetos em uma imagem. Já a cobertura é uma boa métrica para indicar a capacidade do modelo de identificar todos os casos relevantes. Por conta da natureza complementar dessas duas métricas, elas costumam ser combinadas em uma única métrica chamada de *F-score*, que nada mais é do que a média harmônica entre a precisão e a cobertura (ATIENZA, 2020).

### Dados Sintéticos

O aprendizado profundo possibilitou uma revolução de alto nível nas mais diversas áreas, com destaque para a visão computacional e o processamento de linguagem natural. Apesar do potencial, os modelos de aprendizado profundo apresentam uma séria limitação: dependem de uma enorme quantidade de dados anotados para a otimização de seus parâmetros, até mesmo para compreender conceitos relativamente simples (MELO *et al.*, 2022). Segundo Nikolenko (2021), as fases de obtenção e anotação dos dados para o treinamento de modelos de aprendizado profundo podem representar cerca de 80% do tempo gasto com qualquer projeto real da área.

Uma possível solução para o problema é a geração de conjuntos de dados sintéticos. A técnica consiste na criação de exemplos artificiais que buscam imitar ou, pelo menos, se aproximar de conjuntos de dados reais. Exemplos sintéticos costumam ser muito mais rápidos de serem obtidos do que exemplos reais, além de serem inegociáveis e pré-anotados. O uso de dados sintéticos também pode ajudar a prevenir dilemas éticos, como no caso de dados sigilosos, ou ser útil em situações em que a coleta pode ser impraticável ou envolver questões de segurança (MELO *et al.*, 2022).

Fawaz *et al.* (2018) comprovaram a partir de uma série de experimentos realizados que a utilização de conjuntos de dados sintéticos como uma forma de *data augmentation*, ou seja, de aumentar a quantidade de exemplares disponíveis para o treinamento dos modelos de aprendizado profundo, consegue proporcionar uma melhoria significativa dos resultados obtidos, principalmente considerando o desempenho com dados que ainda não foram vistos pela rede.

Uma abordagem adequada para a geração de conjuntos de dados sintéticos é a fusão de diferentes fontes de dados, a partir da sobreposição de objetos na cena (composição de imagem). A técnica baseia-se na combinação de objetos, como pessoas ou animais, sob diferentes configurações e fundos, garantindo uma maior variabilidade das amostras (MELO *et al.*, 2022).

## METODOLOGIA

Ao longo de todo o desenvolvimento do projeto, optou-se pela utilização do *Python*, uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, dinâmica, multiplataforma e de código aberto, amplamente utilizada para a construção de soluções de inteligência artificial, aprendizado de máquina e ciência de dados. O ambiente principal adotado foi o *Google Colaboratory*, mais conhecido como *Colab*, um ambiente on-line e interativo que permite escrever código Python direto no navegador. O Colab também possibilita o uso de *Graphics Processing Unit* (GPUs) e *Tensor Processing Unit* (TPUs), capazes de acelerar bastante o processo de treinamento de redes neurais profundas.

O *Tensorflow* é um ecossistema flexível, abrangente e *open source* de bibliotecas para a área de aprendizado de máquina que permite a criação e treinamento de redes neurais profundas de forma facilitada e com poucas linhas de código. *Segmentation Models*, desenvolvida por Yakubovskiy (2019), é uma biblioteca *Python* baseada em *Tensorflow* que conta com diversas implementações de redes neurais profundas para a segmentação de imagens, incluindo o modelo U-Net. *Albumentations* é uma biblioteca *Python* eficiente e flexível que oferece extensa variedade de operações de transformação de imagem, muito utilizada para o aumento de dados para tarefas de aprendizado profundo.

## Bases de Dados

Para a construção do conjunto de dados sintéticos, foi necessário buscar por bases de dados públicas com imagens que pudessem ser utilizadas como novo plano de fundo para as imagens sintéticas geradas. Dessa forma, diversos bancos de imagens disponíveis na Internet foram utilizados, tais como Pexels, Unsplash, IStock, Pixabay, FreeImages, Burst e o Repositório Digipathos. Desses conjuntos, foram selecionadas 200 imagens que apresentam características relacionadas com imagens de campo, tais como terra, grama, árvores, plantações e outras. A Figura 4 apresenta alguns exemplos das imagens utilizadas.

**Figura 4:** Exemplos usados como plano de fundo das imagens sintéticas



**Fonte:** Adaptado de Barbedo et al. (2018).

Quanto às imagens de folhas de café, o primeiro conjunto de dados utilizado foi produzido por Parraga-Alava et al. (2019) e possui 1.560 imagens de café da espécie conilon com resoluções variando de  $1280 \times 720$  a  $2048 \times 1152$  pixels. O conjunto contém imagens de folhas saudáveis e outras com um ou mais sintomas de ferrugem e ácaro vermelho. As fotos foram capturadas no campo em condições reais, incluindo variações de luminosidade (manhã e tarde, dias ensolarados e nublados) e diferentes planos de fundo (outras plantas, terra, ervas daninhas). A Figura 5a apresenta um exemplo de imagem desse conjunto de dados.

A segunda base de dados usada foi desenvolvida por Esgario et al. (2020) e conta com 1.747 imagens de café da espécie arábica com resolução de  $2048 \times 1024$  pixels. O *dataset* contém folhas saudáveis e outras apresentando um ou mais sintomas de bicho mineiro, cercospora, phoma e ferrugem. As imagens foram capturadas em laboratório e com uma variedade de câmeras e em diferentes épocas do ano para garantir maior variabilidade dos dados. A Figura 5b apresenta um exemplo de imagem desse conjunto de dados.

O terceiro *dataset* utilizado foi criado por Silva et al. (2020) e conta com um total de 539 imagens de café da espécie arábica com resolução de  $4000 \times 2250$  pixels. As folhas apresentam sintomas de bicho mineiro e de ferrugem em diversos estágios de contaminação. Todas as imagens foram coletadas com uma câmera de smartphone e em ambiente de laboratório. A Figura 5c apresenta um exemplo de imagem desse conjunto de dados.

**Figura 5:** Exemplos dos conjuntos de dados de folhas de café



**Fonte:** Adaptado de Parraga-Alava et al. (2019), Esgario et al. (2020) e Silva et al. (2020).

### Geração dos Dados Sintéticos

A geração das imagens sintéticas foi feita utilizando a biblioteca *Albumentations* e as imagens de laboratório dos *datasets* de Esgario et al. (2020) e Silva et al. (2020). O objetivo foi, a partir de imagens tiradas em condições controladas de fundo e iluminação, obter exemplares com características mais próximas das encontradas em imagens reais de campo, para aumentar a quantidade de dados relevantes disponíveis para o treinamento do modelo.

Primeiramente, foi realizado o ajuste das 2.286 imagens de folhas de café, processo que consistiu na adição de borda às imagens para que sua resolução corresponda ao tamanho alvo do *dataset* sintético ( $2.048 \times 2.048$ ), e aplicação de transparência ao fundo utilizando o canal alfa

e as máscaras de segmentação. Depois, foi realizado o ajuste das 200 imagens do fundo, o que consistiu na padronização da resolução para o intervalo de  $2.048 \times 2.048$  até  $3.072 \times 3.072$ , visando dar flexibilidade para que o fundo apresente pequenas mudanças mesmo quando a mesma imagem é utilizada mais de uma vez.

Por fim, foi feita a geração das imagens sintéticas a partir dos dois conjuntos pré-processados de folhas e fundos. As etapas de geração incluem:

- Etapa 1: uma imagem de fundo é escolhida aleatoriamente, lida e removida do conjunto, adicionada novamente quando todas as imagens foram escolhidas;
- Etapa 2: aplicam-se transformações espaciais na imagem selecionada na Etapa 1;
- Etapa 2.1: recorte aleatório para o tamanho alvo ( $2048 \times 2.048$ );
- Etapa 2.2: espelhamento horizontal e vertical, distorção (até 5%) e desfoque gaussiano (tamanho do *kernel* entre 5 e 7), com 50% de chance de aplicar cada transformação;
- Etapa 3: uma quantidade aleatória de imagens no intervalo de 2 a 6 é escolhida, lida e removida do conjunto total de 2.286 folhas, adicionada novamente quando todas as imagens foram escolhidas;
- Etapa 4: aplicam-se transformações espaciais em cada uma das imagens da Etapa 3, incluindo rotação (-180° a 180°), escala (60% a 90% do tamanho original), translação (até 50% do tamanho da imagem), perspectiva (-30° a 30°), espelhamento horizontal e vertical, cada transformação com 50% de chance de ser aplicada;
- Etapa 5: as imagens resultantes da Etapa 4 são combinadas com a imagem de fundo resultante da Etapa 2, gerando uma nova imagem sintética.

A Figura 6 apresenta um exemplo de imagem sintética gerada.

**Figura 6:** Exemplo de imagem gerada (esquerda) e sua máscara de segmentação (direita)



Fonte: Própria (2022).

Para garantir uma representatividade ainda maior do conjunto de imagens sintéticas, foram definidas mais uma série de transformações espaciais e de pixel aplicadas às imagens resultantes da geração do conjunto sintético. Cada operação teve uma chance de 40% de ser

aplicada. As transformações incluem:

- Brilho, contraste e saturação (variação de até 20% do valor original);
- Equalização adaptativa;
- Ruído Gaussiano (variação no intervalo de 10 a 50 dos valores originais);
- Realce de contornos (alfa 20% a 50%);
- Espelhamento horizontal e vertical;
- Escala (aumento ou redução de até 10% do tamanho original);
- Perspectiva (até 10°).

## Experimentos Propostos

O modelo de aprendizado profundo selecionado foi o U-Net, por tratar-se de uma rede consolidada e que apresenta um treinamento mais rápido do que outros modelos citados na literatura. Como CNN pré-treinada, optou-se pela utilização da ResNet-50, principalmente por conta de seu bom desempenho e baixo consumo de memória. A utilização de CNNs pré-treinadas é uma prática muito comum no treinamento de redes neurais profundas, relacionada com o conceito de transferência de aprendizado, em que uma rede treinada em um conjunto de dados A é utilizada para agilizar e melhorar a generalização em um conjunto de dados B.

A função de perda utilizada foi a *focal loss*, proposta por Lin et al. (2017), uma generalização da entropia cruzada binária que busca reduzir o efeito de desbalanceamento dos dados de treinamento. Além disso, as demais configurações de treinamento implementadas incluem a resolução das imagens em  $512 \times 512$ , taxa de aprendizado de  $10^{-4}$ , tamanho do lote igual a 16 e 100 épocas de treinamento. Optou-se ainda pelo descongelamento de todos os pesos treináveis da rede, incluindo tanto os parâmetros da CNN pré-treinada (ResNet-50) quanto os do modelo de segmentação (U-Net). Foram utilizadas 64 imagens para validação e 64 para teste do dataset de Parraga-Alava et al. (2019) divididas igualmente para os conjuntos de teste e validação.

Visando testar a eficiência do conjunto de dados sintéticos e comparar seu desempenho com a utilização de imagens reais, foram propostos 3 experimentos:

- Experimento 1: treinamento utilizando 510 imagens reais de folhas de café do *dataset* Parraga-Alava et al. (2019);
- Experimento 2: treinamento utilizando 571 imagens sintéticas geradas conforme o descrito na seção anterior;
- Experimento 3: treinamento utilizando a junção dos dois conjuntos de dados dos

Experimentos 1 e 2, totalizando 1.081 imagens.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a definição dos materiais e da metodologia adotada, a etapa seguinte consistiu na implementação dos experimentos propostos. A Tabela 1 ilustra os resultados obtidos. O Experimento 3, que reúne tanto as imagens reais de campo quanto às imagens sintéticas geradas utilizando as definições mencionadas no capítulo de metodologia, obteve os melhores resultados dos testes, com 1,3 pontos percentuais (pp) de IoU e 0,7 pp de *F-score* a mais do que o Experimento 1. Analisando as métricas de precisão e cobertura, percebe-se que, embora o Experimento 3 tenha ficado ligeiramente menos preciso (0,2 pp) do que o Experimento 1, ele ficou mais sensível na detecção das folhas presentes nas imagens (1,78 pp).

**Tabela 1:** Resultados obtidos no conjunto de experimentos propostos

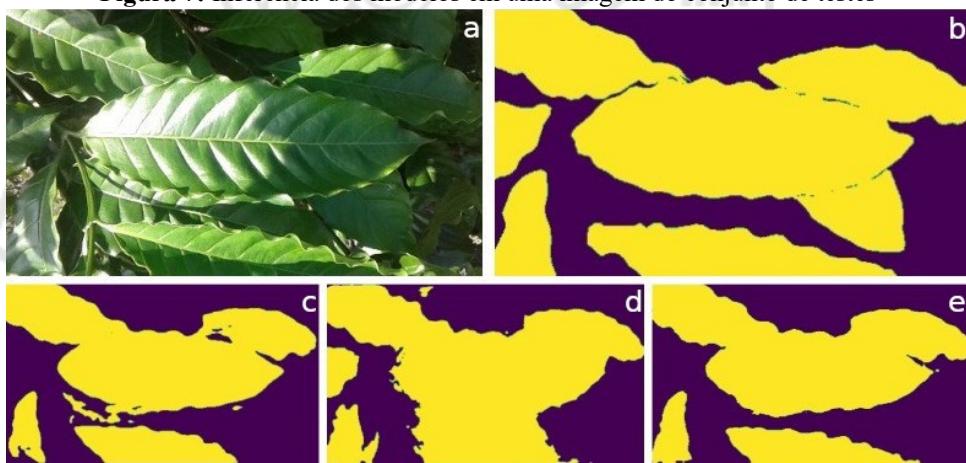
Experimento	IoU	Precisão	Cobertura	<i>F-score</i>
1	0,85995	0,94533	0,90563	0,92204
2	0,81735	0,90977	0,89173	0,89618
3	0,87371	0,94295	0,92343	0,92993

Fonte: Própria (2022).

O Experimento 2 apresentou os piores resultados entre os experimentos propostos (4,2 pp de IoU e 2,5 pp de *F-score* a menos que o Experimento 1). Entretanto, considerando que seu treinamento foi feito unicamente usando imagens sintéticas geradas com *datasets* de laboratório, tiradas sob condições controladas de fundo e iluminação, e que seu desempenho foi avaliado em imagens de campo em condições reais, seu resultado pode até ser considerado quando a quantidade de dados reais disponíveis não for suficiente para o treinamento.

A Figura 7 apresenta uma imagem do conjunto de testes (a), sua máscara verdadeira (b) e as máscaras geradas a partir dos modelos treinados nos experimentos 1 (c), 2 (d) e 3 (e). Por ela, é possível perceber que a inferência que mais se aproxima da máscara verdadeira (b) é a gerada no Experimento 3 (e), seguida pelo Experimento 1 (c) e pelo Experimento 2 (d).

**Figura 7:** Inferência dos modelos em uma imagem do conjunto de testes



Fonte: Própria (2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve por objetivo principal desenvolver e testar uma abordagem de geração de imagens sintéticas utilizando a composição de objetos na cena, com a finalidade de expandir a quantidade de dados representativos disponíveis para o treinamento de modelos de aprendizado profundo a partir de conjuntos de imagens mais simples. Como estudo de caso, foram utilizadas imagens de laboratório de folhas de café para o treinamento de um modelo de segmentação testado em imagens reais de campo.

O conjunto sintético desenvolvido se mostrou capaz de melhorar os resultados do modelo de segmentação quando utilizado com o conjunto de imagens reais, incrementando o desempenho do modelo em 1,3 pp de IoU e 0,7 pp de *F-score*, em comparação com o modelo treinado apenas com imagens reais. A utilização das imagens sintéticas, além de colaborar para o aumento na quantidade de dados disponíveis para o treinamento, fornece mais exemplos e situações únicas de combinações de folhas e fundos, contribuindo particularmente com a sensibilidade do modelo em localizar todas as folhas presentes nas imagens.

Por outro lado, a utilização apenas do conjunto sintético para o treinamento não conseguiu resultados tão satisfatórios, ficando 4,2 pp de IoU e 2,5 pp de *F-score* atrás do modelo treinado com as imagens reais. Isso pode indicar que a abordagem utilizada para a geração das imagens sintéticas não conseguiu representar todas as características de exemplares reais de folhas de café, indicando que mais testes e experimentos são necessários, visando melhorar a representatividade do conjunto.

Dessa forma, a utilização de imagens sintéticas geradas a partir das técnicas de combinação de objetos na cena apresenta o potencial de melhorar o desempenho de modelos de aprendizado profundo, principalmente quando a quantidade de dados reais disponíveis para o

treinamento é limitada. As folhas segmentadas geradas a partir do modelo de aprendizado profundo treinado neste trabalho também podem contribuir para a melhoria dos resultados em outras tarefas de visão computacional, como na classificação ou detecção de pragas e doenças.

## REFERÊNCIAS

AGGARWAL, Charu C. *Neural Networks and Deep Learning*. [S.l.]: Springer, 2018. ISBN 978-3-319-94463-0.

ALBUMENTATIONS. Welcome to Albumentations documentation. 2022. Disponível em: <https://albumentations.ai/docs/>.

ALOM, Md Zahangir; TAHA, Tarek M.; YAKOPCIC, Chris; WESTBERG, Stefan; SIDIKE, Paheding; NASRIN, Mst Shamima; HASAN, Mahmudul; ESSEN, Brian C. Van; AWWAL, Abdul A.S.; ASARI, Vijayan K. A state-of-the-art survey on deep learning theory and architectures. [S.l.]: MDPI AG, 2019.

ARSENOVIC, Marko; KARANOVIC, Mirjana; SLADOJEVIC, Srdjan; ANDERLA, Andras; STEFANOVIC, Darko. Solving current limitations of deep learning based approaches for plant disease detection. *Symmetry*, v. 11, 2019. ISSN 20738994.

ATIENZA, Rowel. *Advanced Deep Learning with TensorFlow 2 and Keras*. 2. ed. Birmingham, UK: Packt Publishing, 2020. 512 p. ISBN 9781838821654.

BARBEDO, Jayme Garcia Arnal. Plant disease identification from individual lesions and spots using deep learning. *Biosystems Engineering*, v. 180, 2019. ISSN 15375110.

BARBEDO, J. G. A.; KOENIGKAN, L. V.; HALFELD-VIEIRA, B. A.; COSTA, R. V.; NECHET, K. L.; GODOY, C. V. Annotated plant pathology databases for image-based detection and recognition of diseases. *IEEE Latin America Transactions*, v. 16, p. 1749–1757, 6 2018. ISSN 1548-0992.

CARNEIRO Álvaro Leandro Cavalcante; SILVA, Lucas de Brito; FAULIN, Marisa Silveira Almeida Renaud. Rust (*hemileia vastatrix*) and leaf miner (*leucoptera coffeella*) in coffee crop (*coffea arabica*). *Mendeley Data*, v. 5, 2020.

CARVALHO, Cleidisson Nunes de; OLIVEIRA, Ykaro Richard; SILVA, Paulo Henrique da; ABREU, Maria Carolina de. *Coffea arabica* l.: potencialidades e ações medicinais. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, v. 11, 2018. ISSN 1984-3577.

ESGARIO, José G.M.; KROHLING, Renato A.; VENTURA, José A. Deep learning for classification and severity estimation of coffee leaf biotic stress. *Computers and Electronics in Agriculture*, Elsevier B.V., v. 169, 2 2020. ISSN 01681699.

FACELI, Katti; LORENA, Ana Carolina; GAMA, João; CARVALHO, André C. P. L. F. De. Inteligência Artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina. [S.l.]: LTC, 2011. ISBN 978-85-216-1880-5.

FAWAZ, Hassan Ismail; FORESTIER, Germain; WEBER, Jonathan; MULLER, Pierre-

Alain. Data augmentation using synthetic data for time series classification with deep residual networks. In: . [S.l.]: arXiv, 2018.

FERRÃO, Romário Gava; FONSECA, Aymbiré Francisco Almeida da; FERRÃO, Maria Amélia Gava; MUNER, Lúcio Herzog de. Café Conilon. 2. ed. [S.l.]: Incaper, 2017. ISBN 978-85-89274-26-5.

GARCIA-GARCIA, Alberto; ORTS-ESCOLANO, Sergio; OPREA, Sergiu; VILLENA-MARTINEZ, Victor; RODRÍGUEZ, José García. A review on deep learning techniques applied to semantic segmentation. CoRR, abs/1704.06857, 2017. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1704.06857>.

GONZALEZ, Rafael C; WOODS, Richard E. Digital Image Processing. 4. ed. Pearson Education, 2018. ISBN 9780133356724. Disponível em: [www.pearsoned.com/](http://www.pearsoned.com/).

HEATON, Jeff. Artificial intelligence for humans. 1. ed. [S.l.]: Heaton Research, 2015. v. 3. ISBN 978-1505714340.

LECUN, Yann; BENGIO, Yoshua; HINTON, Geoffrey. Deep learning. Nature, Nature Publishing Group, v. 521, p. 436–444, 5 2015. ISSN 14764687.

LIN, Tsung-Yi; GOYAL, Priya; GIRSHICK, Ross; HE, Kaiming; DOLLÁR, Piotr. Focal loss for dense object detection. 8 2017. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/1708.02002>.

MELO, Celso M. de; TORRALBA, Antonio; GUIBAS, Leonidas; DICARLO, James; CHELLAPPA, Rama; HODGINS, Jessica. Next-generation deep learning based on simulators and synthetic data. Trends in Cognitive Sciences, Elsevier Ltd, v. 26, p. 174–187, 2 2022. ISSN 1879307X.

NIKOLENKO, Sergey I. Synthetic Data for Deep Learning. Springer Optimization and Its Applications, 2021. Disponível em: <http://www.springer.com/series/7393>.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Crop losses and the economic impact of insect pests on brazilian agriculture. Crop Protection, v. 56, p. 50–54, 2 2014. ISSN 02612194.

ORGANIZATION, International Coffee. Annual review: coffee year 2019/2020. 2020. Disponível em: [www.ico.org/documents/cy2020-21/annual-review-2019-2020-e.pdf](http://www.ico.org/documents/cy2020-21/annual-review-2019-2020-e.pdf).

PARRAGA-ALAVA, Jorge; CUSME, Kevin; LOOR, Ang Elica; SANTANDER, Esneider. Rocole: A robusta coffee leaf images dataset for evaluation of machine learning based methods in plant diseases recognition. Mendeley Data, v. 2, 2019.

PATKI, Neha; WEDGE, Roy; VEERAMACHANENI, Kalyan. The synthetic data vault. In: . [S.l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016. p. 399–410. ISBN 9781509052066.

PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, William. R. Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações. [S.l.]: Cengage Learning, 2007. ISBN 9788522128365.

RONNEBERGER, Olaf; FISCHER, Philipp; BROX, Thomas. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In: . [S.l.]: Springer Verlag, 2015. v. 9351, p. 234–241. ISBN 9783319245737. ISSN 16113349.

SHALEV-SHWARTZ, Shai; BEN-DAVID, Shai. Understanding Machine Learning. [S.l.]: Cambridge University, 2014. ISBN 978-1-107-05713-5.

SOLOMON, Chris; BRECKON, Toby. Fundamentals of Digital Image Processing: A Practical Approach with Examples in Matlab. 1. ed. [S.l.]: Wiley-Blackwell, 2011. ISBN 9780470689776.

VASILEV, Ivan; SLATER, Daniel; SPACAGNA, Gianmario; ROELANTES, Peter; ZOCCA, Valentino. Python deep learning: exploring deep learning techniques and neural network architectures with PyTorch, Keras, and TensorFlow. 2. ed. [S.l.]: Packt Publishing, 2019. ISBN 978-1-78934-846-0.

XIONG, Yonghua; LIANG, Longfei; WANG, Lin; SHE, Jinhua; WU, Min. Identification of cash crop diseases using automatic image segmentation algorithm and deep learning with expanded dataset. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 177, 2020. ISSN 01681699.

YAKUBOVSKIY, Pavel. Segmentation Models. 2019. Disponível em: [https://github.com/qubvel/segmentation\\_models](https://github.com/qubvel/segmentation_models).

## FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS À BASE DE RESÍDUOS DO BENEFICIAMENTO DE CARVÃO E DA AGROINDÚSTRIA: UMA ANÁLISE PRELIMINAR

## FERTILIZANTES ÓRGANO-MINERALES A BASE DE RESIDUOS DEL PROCESAMIENTO DEL CARBÓN Y DE LA AGROINDUSTRIA: UN ANÁLISIS PRELIMINAR

## WASTE-BASED ORGANO-MINERAL FERTILIZERS FROM COAL PROCESSING AND OF AGRO-INDUSTRY: A PRELIMINARY ANALYSIS

Eduarda Fraga Olivo<sup>1</sup>; Maria Fernanda Ebs<sup>2</sup>; Lisandro Simão<sup>3</sup> Jairo José Zocche<sup>4</sup>; Fabiano Raupp-Pereira<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.132-151>

### RESUMO

Este estudo fundamenta-se na hipótese de que algumas frações residuais do beneficiamento do carvão “run-of-mine” (ROM) da Bacia Carbonífera Catarinense apresentam potencialidade como resíduo candidato para a produção de fertilizantes organominerais (produto candidato). Tem como objetivo avaliar o potencial da fração residual gerada nas diversas etapas do processamento do carvão ROM, para a composição de fertilizantes organominerais, como forma de valorização de resíduos. A amostragem foi concentrada na fração inorgânica do carvão ROM, que atualmente é destinada em sua maior parte à depósitos tabulares controlados e resultou em 24 amostras identificadas por sequencia alfanumérica A1 a F6. Seguimos a sistemática de Classificação, Potencialidade, Quantidade/viabilidade e Aplicação (CPQvA), para avaliar a potencialidade dos resíduos para a produção de fertilizantes organominerais. As amostras dos resíduos foram classificadas (C) conforme sua periculosidade. O potencial de uso (P) teve por base a composição química das amostras em pó dos resíduos do beneficiamento do carvão ROM, analisada por Espectroscopia de Fluorescência (FRX), pH (coleta e estoque), Perda ao Fogo (% PF) e formas de enxofre (S) e, composição mineralógica, determinada por Difratometria de Raios X (DRX). Os dados relativos às quantidades/viabilidade (Qv) foram obtidos da literatura científica. Para a aplicação (A), analisamos apenas a nossa própria proposta, ou seja, o aproveitamento dos resíduos do carvão ROM para a produção de fertilizantes organominerais. A seleção das características químicas específicas dos resíduos se deu com base na Instrução Normativa brasileira nº 61 de 08 de julho de 2020. De acordo com a composição química, duas amostras evidenciaram potencial de utilização para a produção de fertilizantes: as amostras A3 e F6. Ambas as amostras evidenciaram valores de pH de estoque neutro (A3 = 7,0 e F6 = 7,1) baixos teores percentuais de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (A3 = 4,2% e F6 = 3,2%) baixos teores de SO<sub>3</sub> (A3 = 0,5% e F6 = 1,2%) e baixos teores de S total (St = 1,0%). Estas foram as características que qualificam as duas amostras como resíduos candidatos a serem utilizadas na composição de fertilizantes organominerais, de acordo com a legislação brasileira. No entanto, como é um estudo exploratório de caráter preliminar deve ser aprofundado, sobretudo com a produção experimental do fertilizante, atividade que será desenvolvida na sequência das pesquisas.

**Palavras-Chave:** Bacia Carbonífera Catarinense, Valorização de resíduos, Economia Circular.

### RESUMEN

Este estudio parte de la hipótesis de que algunos de los residuos del procesamiento del carbón run-of-mine (ROM) de la Cuenca Carbonífera Catarinense tienen potencial como residuo candidato para la

<sup>1</sup> Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), [eduardaolivo@unesc.net](mailto:eduardaolivo@unesc.net)

<sup>2</sup> Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), [mfernandaebs@gmail.com](mailto:mfernandaebs@gmail.com)

<sup>3</sup> Grupo de Pesquisa Valora, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), [lisandrosimao@gmail.com](mailto:lisandrosimao@gmail.com)

<sup>4</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), [jjz@unesc.net](mailto:jjz@unesc.net)

<sup>5</sup> Pós-Doutor, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM), Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), [fraupp@unesc.net](mailto:fraupp@unesc.net)

producción de fertilizantes organominerales (producto candidato). Su objetivo es evaluar el potencial de la fracción residual generada en las diferentes etapas del procesamiento del carbón ROM, para la composición de fertilizantes organominerales, como forma de valuación de residuos. El muestreo se concentró en la fracción inorgánica del carbón ROM, que actualmente se destina en su mayoría a depósitos tabulares controlados y resultó en 24 muestras identificadas por secuencia alfanumérica A1 a F6. Seguimos el sistema de Clasificación, Potencialidad, Cantidad/viabilidad y Aplicación (CPQvA) para evaluar el potencial de los residuos para la producción de fertilizantes organominerales. Las muestras de residuos se clasificaron (C) según su peligrosidad. El potencial de uso (P) se basó en la composición química de las muestras de polvo de los residuos del procesamiento del carbón ROM, analizadas por Espectroscopía de Fluorescencia (FRX), pH (recolección y almacenamiento), Pérdida por Incendio ((% PI) y formas de azufre (S) y, composición mineralógica, determinada por Difractometría de Rayos X (XRD). Los datos sobre cantidades/viabilidad (Qv) se obtuvieron de la literatura científica. Para la aplicación (A), analizamos solo nuestra propia propuesta, es decir, el uso de los residuos para la producción de fertilizantes organominerales. La selección de las características químicas específicas de los residuos se basó en la Instrucción Normativa brasileña n° 61 del 8 de julio de 2020. Según la composición química, dos muestras presentaron potencial para su uso en la producción de fertilizantes: las muestras A3 y F6. Ambas muestras mostraron valores de pH neutrales (A3 = 7.0 y F6 = 7.1) niveles bajos de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (A3 = 4.2% y F6 = 3.2%) niveles bajos de SO<sub>3</sub> (A3 = 0.5% y F6 = 1.2%) y niveles bajos de S total (St = 1,0%). Esas fueron las características que calificaron las dos muestras como residuos candidatos a ser utilizados en la composición de fertilizantes organominerales de acuerdo con la legislación brasileña. Sin embargo, por tratarse de un estudio exploratorio de carácter preliminar, se debe profundizar, especialmente con la producción experimental del fertilizante, actividad que se desarrollará como resultado de la investigación.

**Palabras Clave:** Cuenca Carbonífera Catarinense, Valorización de Residuos, Economía Circular.

## ABSTRACT

This study is based on the hypothesis that the residues from the processing of run-of-mine (ROM) coal from the Catarinense Carboniferous Basin have potential as a candidate residue for the production of organomineral fertilizers (candidate product). Its objective is to evaluate the potential of the residual fraction generated in the different stages of the processing of ROM coal, for the composition of organomineral fertilizers, as a form of waste valorization. Sampling was concentrated on the inorganic fraction of ROM, which is currently mostly destined for controlled tabular dumps, and resulted in 24 samples identified by alphanumeric sequence A1 to F6. We follow the Classification, Potentiality, Quantity/Viability and Application (CPQvA) systematic to assess the potential of residues for the production of organomineral fertilizers. Waste samples were classified (C) according to their hazardousness. The potential for use (P) was based on the chemical composition of the powder samples of waste from the processing of ROM coal, analyzed by Fluorescence Spectroscopy (FRX), pH (collection and storage), Loss of Ignition ((% LOI), and forms of sulfur (S) and, mineralogical composition, determined by X-Ray Diffractometry (XRD). Data on quantities/viability (Qv) were obtained from the scientific literature. For application (A), we analyzed only our proposal: the use of ROM coal for the production of organomineral fertilizers. The selection of the specific chemical characteristics of the residues was based on Brazilian Normative Instruction N°. 61 of July 8, 2020. According to the chemical composition, two samples showed potential for use in the production of fertilizers: samples A3 and F6. Both samples showed neutral stock pH values (A3 = 7.0 and F6 = 7.1) low levels of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (A3 = 4.2% and F6 = 3.2%) low levels of SO<sub>3</sub> (A3 = 0.5% and F6 = 1.2%) and low levels of total S (St = 1.0%). According to Brazilian legislation, these were the characteristics that qualify the two samples as candidate residues to be used in the composition of organomineral fertilizers. However, as it is an exploratory study of a preliminary nature, it must be deepened, especially with the experimental production of the fertilizer. This activity will be developed as a result of the research.

**Keywords:** Catarinense Coal Basin, Waste recovery, Circular Economy.

## INTRODUÇÃO

O carvão catarinense se caracteriza pela presença de elevados teores de sulfetos, pirita e marcassita (SILVA *et al.*, 2010), pela presença de compostos químicos de relevância ambiental, percentual de cinzas em torno de 50 – 60% e teores de enxofre de 3,3 – 7,7%, dos quais, a maior parte ocorre como enxofre piritico (KALKREUTH *et al.*, 2010). Tais características resultam da influência do ambiente deposicional do tipo estuário-barreira, a que as jazidas foram submetidas, o que produz sedimentos ricos em argilas e com elevado teor de enxofre (KALKREUTH *et al.*, 2010), conferindo baixa qualidade ao carvão catarinense quando comparado aos carvões de outras regiões do mundo.

Carvões de baixa qualidade e com alta geração de cinzas têm baixo poder calorífico e são comumente preteridos como combustíveis (YAN *et al.*, 2001). Sua exploração causa diversos problemas ambientais (SANTOS *et al.*, 2019) e a busca por usos alternativos é algo mundialmente desejável (PIETRZYKOWSKI, 2019). O uso de carvões de baixa qualidade (700 g.kg<sup>-1</sup>) como fertilizante orgânico, organomineral ou condicionador do solo é uma possibilidade promissora que vem sendo estudada (YAN *et al.*, 2001; DICK *et al.*, 2002). O aproveitamento de frações residuais do beneficiamento do carvão, para a produção de substrato para o cultivo de plantas (WEILER; FIRPO; SCHNEIDER, 2018) e para a construção de tecnosolos (FIRPO; AMARAL FILHO; SCHNEIDER, 2015; WEILER; FIRPO; SCHNEIDER, 2020; AMARAL FILHO *et al.*, 2020), também são oportunidades de valorização de resíduos da mineração que tem sido desenvolvidas nas últimas décadas.

Fertilizante organomineral é definido como um fertilizante obtido por meio de mistura, reação química, granulação ou dissolução em água, de fertilizantes inorgânicos (com teores de macro e micronutrientes conhecidos) com resíduos orgânicos, ou corretivos do solo (ANTILLE *et al.*, 2013). Os fertilizantes organominerais melhoram as propriedades físicas e químicas do solo, elevam a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e aumentam a produtividade das culturas (KOMINKO; GORAZDA; WZOREK, 2017). De modo geral há carência de informações sobre a potencialidade de utilização da fração residual do carvão ROM para a composição de fertilizantes organominerais, embora vários estudos tenham tratado da utilização das cinzas da combustão do carvão em termeléricas para a utilização na agricultura (BASU *et al.*, 2009). No Brasil, investigações relacionadas ao uso de cinzas do carvão na composição de fertilizantes ainda são incipientes (FLORES *et al.*, 2017) e até onde se tem conhecimento, não há estudos sobre a utilização de resíduos do beneficiamento do carvão na agricultura ou para a composição de fertilizantes.

Este estudo fundamenta-se na hipótese de que algumas frações residuais do

beneficiamento do carvão ROM da Bacia Carbonífera Catarinense apresentam potenciais de utilização como componente funcional de fertilizante organomineral. Portanto, objetiva-se avaliar o potencial de duas destas frações residuais, geradas nas diversas etapas do processamento do carvão ROM, como forma de valorização de resíduos.

Seguiu-se os critérios sistêmicos para a valorização de resíduos (CPQvA): Classificação, Potencialidade, Quantidade/viabilidade e Aplicação, apresentada por Raupp-Pereira (2006), para selecionar as frações residuais do beneficiamento do carvão ROM, com potencial para produção de fertilizantes organominerais. Nesta seleção, foram realizados ensaios de Espectroscopia de Fluorescência (FRX), Perda ao Fogo (% PF), determinação do pH, formas de enxofre (S) e, Difratometria de Raios X (DRX) para a caracterização de frações residuais potenciais para a produção de fertilizantes organominerais, com base na Instrução normativa (IN) nº 61 de 08 de julho de 2020 (BRASIL, 2020).

Espera-se com este estudo, o desenvolvimento de alternativas para gestão de resíduos que promovam a simbiose entre o meio ambiente e a indústria, e que contribuam para a transição para uma Economia Circular na indústria da mineração de carvão.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A produção de alimentos de boa qualidade e em quantidade suficiente para atender a demanda mundial leva a um aumento na dependência de insumos de fertilizantes e está diretamente relacionada com o crescimento populacional humano, que ainda se encontra em franca expansão (KOMINKO; GORAZDA; WZOREK, 2017).

A produção agrícola e alimentar estão entre as principais causas do esgotamento dos recursos naturais (KOMINKO; GORAZDA; WZOREK, 2017) e as previsões indicam que nos próximos 40 anos a demanda por alimentos aumentará em mais de 60%, pois, prevê-se que a população global aumentará para 9,3 bilhões em 2050 (LEE, 2011). Estima-se que o consumo de N, P e K na agricultura tenha aumentado anualmente, no período 2014–2018, na ordem de 1,4, 2,2, e 2,6%, respectivamente (FAO, 2015). Diversos macronutrientes, como por exemplo o fósforo, se originam de fontes não renováveis e podem vir a ser exauridas nos próximos 50–150 anos (CORDELL; DRANGERT; WHITE, 2009), uma vez que as reservas de fosfatos estão previstas para durarem o máximo de 300-400 anos (DAWSON; HILTON, 2011). Assim sendo é urgente minimizar as perdas de macronutrientes por lixiviação no solo, fechando ciclos para o aproveitamento de resíduos agroindustriais como corretivos agrícolas.

As ações antrópicas podem degradar os solos em um tempo muito curto (JIE *et al.*, 2002) aumentando a escassez desse recurso (BUTA *et al.*, 2019; EPELDE *et al.*, 2019). A

economia global está baseada em recursos minerais finitos e combustíveis fósseis (KINNUNEN; KAKSONEN, 2019; SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016), com demanda que está aumentando rapidamente, o que resulta em uma série de consequências ambientais (BUTA *et al.*, 2019). Os avanços da ciência e da tecnologia têm impulsionado continuamente o consumo de recursos minerais, que são a base do desenvolvimento econômico, da expansão industrial, da urbanização e do crescimento populacional (SHEORAN; SHEORAN; POONIA, 2010), pois esses processos antrópicos são fortemente dependentes da indústria de mineração para operar e manter o padrão de vida humano.

O processamento do carvão ROM, em geral, envolve diversas operações físicas, como cominuição, classificação múltipla de tamanho das partículas, limpeza, desague e secagem do carvão (MILLER, 2017). As características físicas e químicas do produto comercializável e dos resíduos originados em cada etapa do beneficiamento estão correlacionadas ao processo de coalificação, à tecnologia de mineração e processamento e as especificações técnicas definidas pelo mercado consumidor (MILLER, 2017). Para alcançar a qualidade exigida pelas usinas termoelétricas do sul do Brasil (até 43% de cinzas e até 2,3% de enxofre) são aplicadas técnicas de concentração (OLIVEIRA *et al.*, 2013), o que resulta na disposição de cerca de 60-70% do carvão ROM como resíduos (AMARAL FILHO *et al.*, 2013), os quais são ricos em sulfetos, pirita, minerais argilosos (SILVA *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2013) e metais pesados ambientalmente relevantes (KALKREUTH *et al.*, 2010). Esses resíduos tem sido descartados em depósitos tabulares controlados, cobertos por solo superficial e semeadura de gramíneas exóticas de rápido crescimento (AMARAL FILHO *et al.*, 2013). No entanto, esta é uma prática antiecológica e antieconômica porque, para recuperar uma área, outra será degradada em outro lugar (WEILER; FIRPO; SCHNEIDER, 2020). Para a Bacia Carbonífera Catarinense, estima-se que cerca de 320 milhões de toneladas de resíduos de carvão já tenham sido produzidas (WEILER; SCHNEIDER, 2019).

Estudos realizados sobre o aproveitamento de carvão de baixa qualidade energética (e.g. YAN *et al.*, 2001; DICK *et al.*, 2002; MIKOS-SZYMAŃSKA, *et al.*, 2019), sobre o aproveitamento de cinzas de usinas termelétricas (e.g. BASU *et al.*, 2009; FLORES *et al.*, 2017), sobre a utilização de resíduos da mineração do carvão para a produção de substratos para produção vegetal (WEILER; FIRPO; SCHNEIDER, 2018) e para a construção de tecnosolos (e.g. FIRPO; AMARAL FILHO; SCHNEIDER, 2015; WEILER; FIRPO; SCHNEIDER, 2020; AMARAL FILHO *et al.*, 2020), nos indicam a potencialidade de tais resíduos para a produção de fertilizantes organominerais.

Os fertilizantes organominerais são formados pela mistura ou combinação física de

adubos orgânicos com adubos minerais (ANTILLE *et al.*, 2013; ULSENHEIMER *et al.*, 2016; BRASIL, 2020). A matéria orgânica associada as fontes minerais constitui uma tecnologia que aumenta a eficiência dos fertilizantes (ULSENHEIMER *et al.*, 2016) e propicia a redução nos custos com adubações das lavouras. Estes fatores promovem melhorias nos solos, tais como maior disponibilidade de macro e micronutrientes para as plantas (KIEHL, 1985). Na forma sólida, os fertilizantes organominerais devem conter no mínimo: Carbono Orgânico (8%), macronutrientes primários (N, P e K) isoladamente ou em mistura (80 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), macronutrientes secundários (Ca, Mg e S) (10%) e umidade máxima (5 - 30%) (BRASIL, 2020). Dentre os macronutrientes, o enxofre desempenha função essencial no desenvolvimento e qualidade da planta, desde a participação na produção de aminoácidos e proteínas de controle até o controle hormonal, fotossíntese e mecanismos de defesa (VITTI; OTTO; SAVIETO, 2015).

No Brasil, o principal uso do enxofre é na indústria de fertilizantes, sendo este proveniente de folhelho pirobetuminoso (5%), beneficiamento do petróleo (28%) e processo de ustulação de sulfetos metálicos (67%) (FONSECA; BACIC, 2009). Porém, a produção nacional de enxofre não atende a demanda, sendo a importação responsável por quase a totalidade do suprimento (CZYCZA *et al.*, 2008; DAMINATO; BENITIZ, 2015).

Entre os anos de 1970 e 1990 os resíduos do carvão ROM da Bacia Carbonífera Catarinense, ricos em compostos piritosos, foram processados para produção de ácido sulfúrico, atividade abandonada por motivos econômicos (WEILER, 2016). Atualmente o País consome grande quantidade de enxofre, principalmente na forma de ácido sulfúrico para utilização na indústria de produtos químicos, siderurgia e agricultura (aproximadamente 55% do ácido sulfúrico são empregados como insumo na produção de fertilizantes) (WEILER, 2016). A fração residual do carvão ROM brasileiro e em especial o de Santa Catarina, apresenta potencial para a recuperação do enxofre, uma alternativa atraente para atender a demanda publicada no Diário Oficial da União nº 115 (BRASIL, 2021), a qual cita o enxofre como sendo o primeiro elemento da lista dos bens minerais dos quais o País depende de importação em alto percentual para o suprimento de setores vitais da economia. Esta demanda, aliada ao problema ambiental que os rejeitos da mineração de carvão com a presença de enxofre ocasionam, como a drenagem ácida de mina (DAM), estimulam pesquisas que busquem por soluções integradas para viabilizar técnica-economicamente o uso total desses rejeitos (BRASIL, 2021).

A gestão de resíduos na perspectiva da Economia Circular, semelhante aos sistemas biológicos, visa maximizar o ciclo de vida dos materiais (ELLEN MACARTHUR FUNDATION, 2022), transformando resíduos em matérias-primas e é uma excelente

alternativa que apoia a transição de uma Economia Linear para uma Economia Circular, à qual, os objetivos desse estudo estão alinhados.

## METODOLOGIA

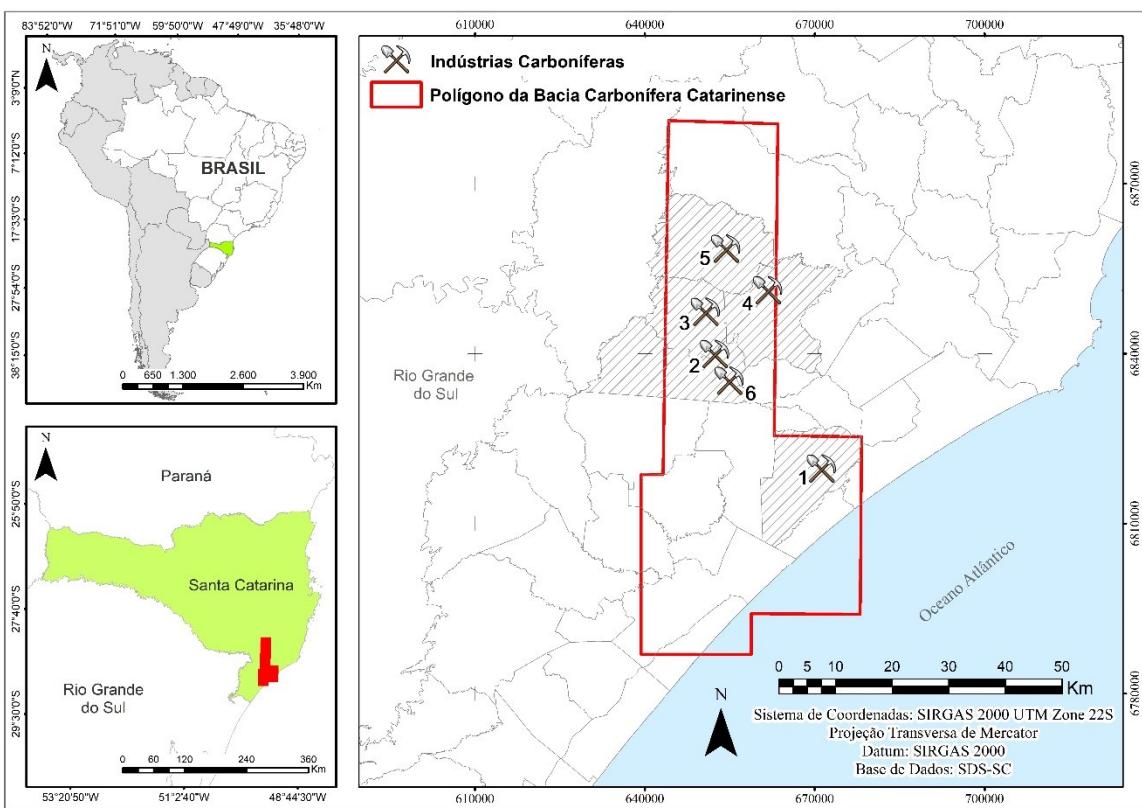
Esta pesquisa caracteriza-se como de natureza quantitativa experimental no campo das Ciências e Engenharia de Materiais e foi desenvolvida no Grupo de Pesquisa VALORA – Desenvolvimento de estratégias para o avanço da Economia Circular da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, SC, Brasil.

A coleta de amostras e análise de dados se deu com base nas características químicas e mineralógicas da fração residual do beneficiamento do minério bruto do carvão, denominado de run-of-mine (ROM), como resíduos candidatos à fornecer matéria-prima para o material de interesse tecnológico (produto candidato - fertilizante organomineral), em uma perspectiva de valorização de resíduos alinhada à Economia Circular.

As frações residuais do carvão ROM foram amostrados de acordo com a NBR 10007/2004 (ABNT, 2004a) em diferentes etapas do beneficiamento de seis mineradoras da Bacia Carbonífera Catarinense (BCC) (Figura 01). Estas mineradoras fornecem carvão (fração energética) para o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, o qual está localizado no município de Capivari de Baixo, sul de Santa Catarina.

A amostragem foi concentrada na fração inorgânica do carvão ROM, que atualmente é destinada em sua maior parte à depósitos tabulares controlados e resultou em 24 amostras identificadas por sequencia alfanumérica A1 a F6. As amostras dos resíduos foram classificadas (C) conforme sua periculosidade (ABNT, 2004b). O potencial de uso (P) teve por base a composição química das amostras em pó dos resíduos do beneficiamento do carvão ROM, analisada por Espectroscopia de Fluorescência (FRX), pH, Perda ao Fogo (% PF) e formas de enxofre (S) e, composição mineralógica, determinada por Difratometria de Raios X (DRX). Os dados relativos às quantidades/viabilidade (Qv) foram obtidos da literatura científica. Para a aplicação (A), analisamos apenas a nossa própria proposta, ou seja, o aproveitamento da fração residual do carvão ROM para a produção de fertilizantes organominerais.

**Figura 01:** Localização das seis mineradoras fornecedoras de amostras da fração residual de carvão ROM, coletadas nos diferentes etapas do beneficiamento, na Bacia Carbonífera Catarinense, sul de Santa Catarina, Brasil.



**Fonte:** Própria (2022)

As análises químicas e mineralógicas seguiram os métodos por energia dispersiva (espetrofotômetro Shimadzu - EDX 7000); pH (pH da H<sub>2</sub>O) determinada por meio da razão resíduo:água de 4 g:1000 ml v/v solubilizadas em H<sub>2</sub>O e a leitura em medidor AKSO - AK95. A Perda ao Fogo foi determinada a temperatura de 950 °C em forno mufla, por meio de combinação de H<sub>2</sub>O, matéria orgânica e inorgânica (ASTM D7348, 2007). As formas de enxofre (S) foram determinadas por combustão em forno tubular de alta temperatura (ASTM D2492, 2012), sendo o teor de S total determinado a partir de 0,2 g de amostra em pó em temperatura de 1350 ± 5 °C (forno LECO CHN 628 SERIES SULFUR); o S pirítico foi determinado por Titulometria, a partir da fervura por 30 min de 2 g da amostra diluídas em 50 mL HCl + 0,2 mL a 0,25 mL de C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, seguida de lavação repetida com HCl e filtragem e; o S sulfático foi determinado por Titulometria de Neutralização com HCl, conforme os procedimentos adotados para obtenção do S pirítico até a fase da filtragem, seguida da adição de 5 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, fervura por 5 min, filtragem e adição de 0,1 mL de alaranjado de metila. Finalmente, as formas de S foram calculadas como segue: %Ss = [0,13735 × (massa em g de BaSO<sub>4</sub> – massa em g da Referência Padrão) × 100]/massa em g do resíduo analisado; S orgânico

= S total – (S sulfático + S piritico). As fases mineralógicas foram determinadas por DRX (difratômetro Shimadzu LabX XRD 6100) com radiação Cu, voltagem do tubo de 40 kV, corrente de 30 mA, leitura entre 4° e 70° (2 $\Theta$ ) e velocidade 0,02°/s.

A seleção das características químicas específicas das frações residuais do beneficiamento do carvão ROM para a produção de fertilizantes organominerais se deu com base na Instrução normativa (IN) nº 61 de 08 de julho de 2020 (BRASIL, 2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As caracterizações para a seleção sistêmica de matérias-primas secundárias de baixo carbono e a preços acessíveis, concentrou-se na identificação de materiais, processos, tecnologias e sistemas que permitam o aproveitamento de resíduos e coprodutos industriais em componentes valiosos para a produção sustentável de soluções econômicas circulares de utilização em fertilizantes organominerais.

O alto teor de cinzas (de 50 – 60%) e enxofre (3,3 – 7,7%) (KALKREUTH *et al.*, 2010) no carvão da Bacia Carbonífera Catarinense resulta em uma recuperação média de aproximadamente 36% do ROM após o processamento (AMARAL FILHO *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2013). Os 64% restantes consistem em resíduos ricos em sulfeto, pirita, minerais argilosos (OLIVEIRA *et al.*, 2013) e metais ambientalmente relevantes (SILVA *et al.*, 2010), sendo portanto, classificados como resíduos não inertes (classe II A) de acordo com a NBR 10004/2004 (ABNT, 2004b).

Para além das características químicas e mineralógicas torna-se importante relacionar acidez/alcalinidade (valores de pH) com os materiais em meio aquoso. Muitos precipitados têm suas solubilidades alteradas em função do potencial Hidrogeniônico (pH), como consequência da alteração na concentração dos íons, por reações com o H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> ou OH do meio (OLIVEIRA; SILVA; TÓFANI, 2019). Para este estudo o pH foi determinado em dois momentos: na coleta do material e em estoque, um ano depois da coleta (Tabela 01). A Composição química, pH e a Perda ao Fogo de frações residuais do beneficiamento do carvão ROM, coletadas em diferentes etapas do beneficiamento na Bacia Carbonífera Catarinense são apresentadas na Tabela 01.

**Tabela 01:** pH, composição química, e perda ao fogo das amostras (A1 – F6) das frações residuais do carvão ROM, coletadas em diferentes etapas do beneficiamento em seis mineradoras na Bacia Carbonífera Catarinense.

ID	pH	Composição Química (%)										%		
		Coleta	Estoque	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ZrO <sub>2</sub>
A1	7,7	3,1	49,6	20,8	0,6	6,7	1,5	2,8	1,6	-	-	-	0,1	16,0

A2	8,0	7,0	36,7	16,1	1,9	11,3	7,6	2,3	1,3	-	-	-	-	22,4
A3	7,5	7,0	48,7	22,2	0,5	4,2	1,4	3,0	1,4	-	-	-	-	18,3
B1	6,0	3,3	36,4	12,7	10,8	8,4	6,4	3,9	1,1	0,5	0,2	0,1	-	19,5
B2	4,8	2,9	37,9	13,4	3,7	18,7	2,1	3,0	0,7	0,5	0,1	-	-	19,7
B3	3,4	2,8	37,5	13,9	10,2	12,6	5,4	3,6	0,8	-	0,1	0,1	-	15,7
B4	5,4	3,0	47,6	16,8	1,7	10,1	1,2	4,5	0,9	0,5	-	0	-	16,5
C1	6,1	2,6	47,2	18	0,5	11,7	1,0	4,4	1,1	0,6	-	-	-	15,2
C2	8,2	7,2	37,3	13,8	0,9	18,0	2,1	3,3	0,8	-	0,1	-	0,1	23,4
C3	4,2	2,7	44,6	20,5	0,1	12,8	0,3	2,7	1,4	-	-	-	0,1	17,3
C4	3,1	2,7	47,0	23,8	0,1	6,0	0,4	3,2	1,6	-	-	-	-	17,7
D1	2,9	2,4	42,4	16,9	4,3	8,8	2,1	2,7	1,4	-	-	-	0,1	21,1
D2	3,2	2,6	40,5	18,1	4,3	9,9	2,6	2,6	1,3	-	-	-	0,1	20,4
D3	3,6	2,5	35,5	15,7	2,2	16,9	1,2	2,0	1,0	-	-	-	0,1	25,2
D4	3,2	2,5	45,3	16,9	3,0	5,4	1,8	2,5	1,2	-	-	-	0,1	23,7
D5	3,2	2,6	40,3	14,9	4,8	8,0	2,3	2,7	1,3	-	-	-	0,1	25,5
D6	2,8	2,7	43,2	17,2	0,8	8,5	0,7	3,1	1,3	-	-	-	-	24,9
E1	3,7	3,0	39,3	15,3	2,5	10,7	5,0	3,5	1,0	0,5	0,1	-	-	22,0
F1	2,6	2,4	29,2	14,5	0,1	18,3	0,1	1,3	0,7	-	-	-	-	35,6
F2	3,6	2,5	40,4	18	0,1	12,5	-	1,8	1,0	-	-	-	-	26,0
F3	3,2	2,3	8,2	3,4	0,1	46,7	0,1	0,3	-	-	-	-	0,1	41,0
F4	3,5	2,7	49,8	22,8	0,1	2,9	-	2,5	1,6	-	-	-	0,1	20,1
F5	3,4	2,5	40,6	17,4	0,3	10,1	0,2	1,7	1,0	-	-	-	-	28,5
F6	8,5	7,1	47,9	22,0	1,2	3,2	1,0	2,2	1,4	0,7	-	-	0,1	20,2

Fonte: Própria (2022).

O teor de Fe presente nos resíduos que serão utilizados para a produção de fertilizantes deve ser baixo, equivalente a 1,5%/kg da amostra, pois valores elevados de Fe, tanto em fertilizantes quanto no solo se tornam tóxicos à planta (ULSENHEIMER *et al.*, 2016). A concentração de Fe aceitável em plantas cultivadas pode variar de 50 a 150 mg/kg na matéria seca de folhas (MENDES, 2007).

A fração piritosa encontrada no carvão da Bacia Carbonífera Catarinense tem sua origem na associação de sedimentos marinhos e estuarinos ricos em sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) com a matéria orgânica que originou o carvão, durante o processo de deposição (KALKREUTH *et al.*, 2010). As jazidas da Bacia Carbonífera Catarinense seguem um padrão de teores químicos, ligados a local de origem, onde, os teores de enxofre variam em sua maioria de 3,4 a 7,7% em massa, dos quais, a maior parte ocorre na forma de enxofre pirítico (KAUKREUTH *et. al.*, 2010).

O enxofre presente nas amostras e detectado via FRX refere-se ao enxofre pirítico da amostra. Esta constatação foi confirmada nos ensaios DRX. O enxofre pirítico em contato com o oxigênio e água gera o sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4$ ) e o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Esses compostos são geradores da Drenagem Ácida de Mina (DAM), que é um dos principais problemas

ambientais da extração de carvão (WEILER; AMARAL FILHO; SCHNEIDER, 2016) e, portanto, a fração residual selecionada como resíduo candidato à composição do fertilizante organomineral deve ter baixo ou nenhum teor de enxofre pirítico.

Nas amostras da fração residual do carvão ROM estudadas foi detectada a presença de quatro fases mineralógicas (Figura 2): Quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), Caulinita ( $\text{Al}_4(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})$ ), Pírita ( $\text{FeS}_2$ ) e Ilita ( $\text{KH}_3\text{O}(\text{AlMgFe})_2(\text{SiAl})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}]$ ). A pírita é a fase relacionada aos sulfatos e sulfetos de ferro e foi confirmada nos teores de  $\text{SO}_3$  da caracterização química das amostras.

A análise do teor de enxofre quantifica todas as formas de enxofre presentes nas amostras (ASTM D2492, 2012). As amostras apresentaram três formas diferentes de enxofre: enxofre pirítico, enxofre sulfático e enxofre orgânico (Tabela 2).

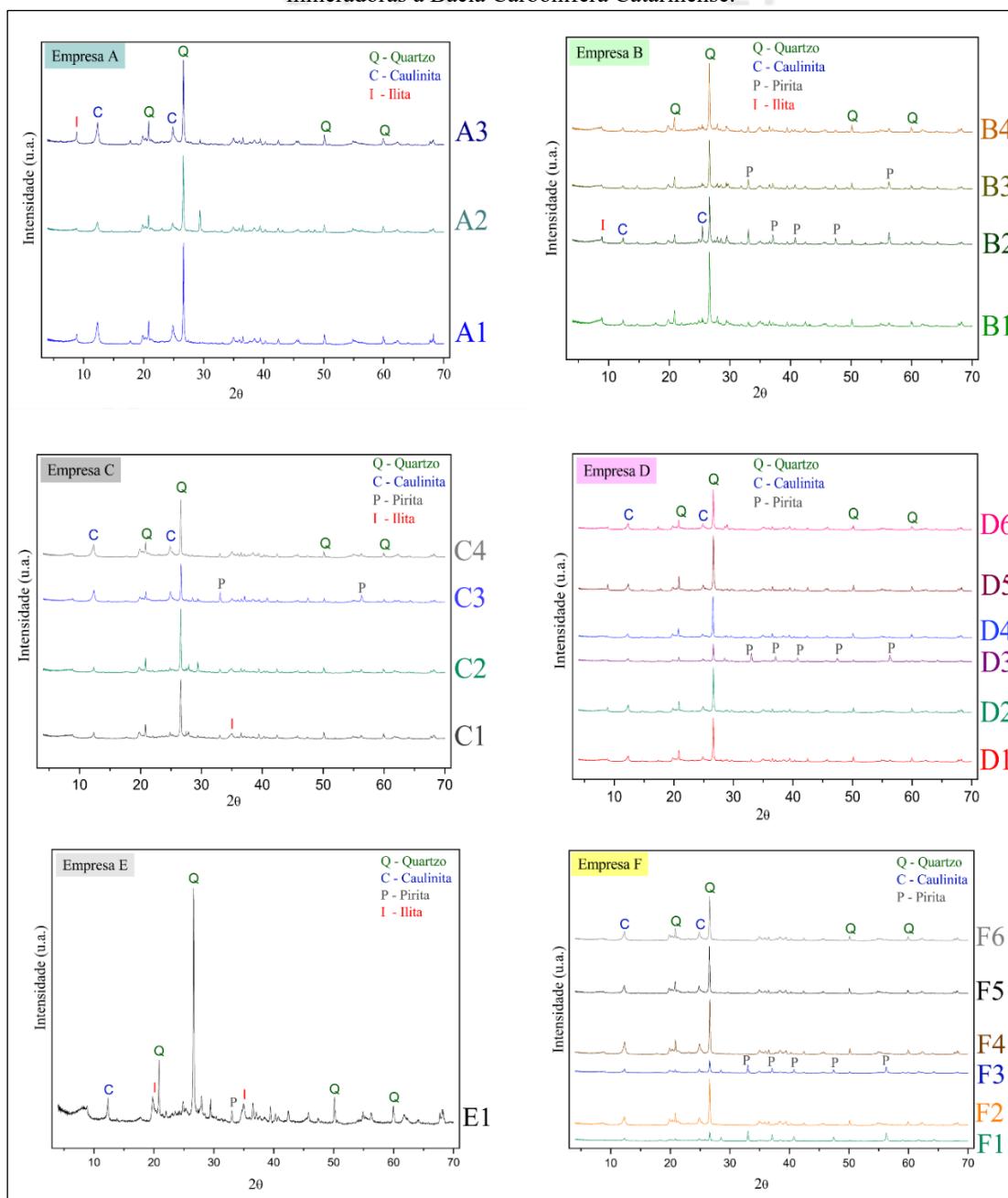
**Tabela 02.** Formas e teor percentual de enxofre presentes nas amostras das frações residuais do beneficiamento do ROM, selecionadas como resíduos de interesse tecnológico para a composição de fertilizante organomineral.

Amostras das Frações Residuais	Formas e Teor Percentual de Enxofre			
	Pirítico (%)	Sulfático (%)	Orgânico (%)	Total
A3	0,8	0,1	0,1	1,0
F6	0,6	0,1	0,3	1,0

Fonte: Própria (2022).

A maioria dos materiais fertilizantes contendo enxofre podem ser divididos em quatro grupos: fertilizantes contendo sulfato, fertilizantes contendo enxofre elementar, fertilizantes contendo uma combinação de sulfato e enxofre elementar e fertilizantes de enxofre líquidos (THE SULPHUR INSTITUTE, 2022). Grande parte do enxofre presente nas frações residuais amostradas, excluindo o enxofre pirítico, se encontra na forma de sulfato ( $\text{SO}_4$ ) e essa é a forma de enxofre que está prontamente disponível para absorção pelas plantas (THE SULPHUR INSTITUTE, 2022).

**Figura 02:** Fases mineralógicas presentes nas amostras da fração residual do carvão ROM, coletadas em seis mineradoras a Bacia Carbonífera Catarinense.



**Fonte:** Própria (2022).

O enxofre orgânico é o mais difícil de ser removido nos processos de beneficiamento do carvão ROM por meios físicos (densidade ou lavagem), pois este é parte da própria estrutura do carvão (CALKINS, 1995). Sistemas oxidantes viabilizam a solubilização do enxofre sulfático e pirítico (PINETOWN; WARD; WESTHUIZEN, 2007; WARD, 2002; FALLAVENA *et al.*, 2013). Sendo assim, o fertilizante formado terá disponibilidade de enxofre em solos com potencial oxidativo.

Para as frações residuais do carvão ROM que apresentam menores teores de enxofre

orgânico, a concentração de sulfato dissolvido reflete o percentual de enxofre total presente na amostra de carvão e para as frações residuais com maiores teores de enxofre orgânico as concentrações de sulfato dissolvido apontam para o somatório dos teores de enxofre pirítico e sulfático (FALLAVENA *et al.*, 2013). As duas amostras das frações residuais pré-selecionadas como resíduo candidato (A3 e F6) apresentaram baixos teores percentuais de enxofre orgânico, considerando-se ao final o teor de enxofre total.

Nos fertilizantes a base de NPK, o teor de S geralmente varia entre 1% e 10% (THE SULPHUR INSTITUTE, 2022). O nitrogênio e o enxofre participam conjuntamente no metabolismo das plantas, portanto, devem ser analisados em conjunto. A relação (N/S) varia de 10-15/1 ou 0,1 a 0,4 dag ou % de enxofre por kg (VITTI; OTTO; SAVIETO, 2015).

As duas amostras selecionadas neste estudo, como resíduos candidatos a composição do fertilizante organomineral, apresentaram baixos teores percentuais de enxofre total. A amostra que mais se aproximou do ideal foi a fração residual F6 seguida pela amostra da fração residual A3. De acordo com as informações das mineradoras que forneceram as respectivas amostras são produzidas em torno de 1,5 tonelada/mês da fração residual A3 e 6 toneladas/mês da fração residual F6. A avaliação da quantidade de resíduos necessária de cada fração residual A3 e F6, requer a definição da composição e da proporção de cada componente do fertilizante organomineral, etapas que não serão cumpridas nesse estudo, haja vista o objetivo do mesmo que se restringe em avaliar a potencialidade das frações residuais do beneficiamento do carvão ROM como matéria prima para a composição do fertilizantes organominerais. O estudo da viabilidade relacionado a quantidade de resídos disponíveis deverá ser avaliada em uma próxima etapa do estudo.

As especificações técnicas sobre os teores mínimos percentuais dos micro e macronutrientes em fertilizantes organominerais, conforme a IN nº 61 de 08/07/2020 (BRASIL, 2020) estão relacionadas na Tabela 03. Esses teores mínimos aceitáveis definiram a seleção dos resíduos de interesse tecnológico (produto candidato – fertilizante organomineral), com base em suas características químicas e mineralógicas.

**Tabela 03:** Teores mínimos percentuais dos micro e macronutrientes para a composição de fertilizantes organominerais conforme a Instrução Normativa nº 61 de 08 de julho de 2020.

Teor Mínimo (%)	Componentes																
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B	Cl	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Se	Si	Zn
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,01	0,1	0,005	0,02	0,02	0,02	0,005	0,005	0,003	0,05	0,1

**Fonte:** Instrução Normativa n. 61 de 08/07/2020 (Brasil, 2020).

Os fertilizantes organominerais são classificados em duas classes (A e B) de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua composição. Na classe A encontram-se os produtos que utilizam matéria-prima gerada nas atividades extractivas, agropecuárias, industriais, agroindustriais e comerciais, incluindo as de origem mineral, vegetal, animal, lodos industriais e agroindustriais, de sistema de tratamento de águas residuárias, resíduos de frutas, legumes, verduras e restos de alimentos gerados em pré e pós-consumo segregados na fonte geradora (BRASIL, 2020).

De acordo com o Artigo 9º da IN nº 61 (Brasil, 2020), os fertilizantes organominerais sólidos ou fluídos destinados à aplicação no solo ou por fertirrigação devem conter: I - carbono orgânico mínimo de 8% para produto sólido e 3% para produto fluído; II – umidade máxima de 20% para produto sólido; III – CTC mínima de 80 mmol/kg para produto sólido e; IV - quanto aos macronutrientes primários, secundários e micronutrientes garantidos ou declarados do produto, no mínimo: a) para os macronutrientes primários, macronutrientes secundários e micronutrientes, quando garantidos isoladamente ou em misturas não abrangidas pela alínea “b” deste inciso, observar os valores contidos na tabela 03; b) para a soma de macronutrientes primários, soma de macronutrientes secundários e soma de micronutrientes, quando garantidos mais de um nutriente: 1 - para as misturas de macronutrientes primários: somatório NPK, NP, NK ou PK mínimo igual a 5%, podendo a estes produtos ser adicionados macronutrientes secundários ou micronutrientes; 2 - para as misturas exclusivas de macronutrientes secundários: somatório Ca+Mg+S; Ca+Mg; Ca+S ou Mg+S, mínimo igual a 3%; 3 - para as misturas exclusivas de micronutrientes: somatório mínimo de dois ou mais micronutrientes igual a 3%; 4 - para as misturas exclusivas de macronutrientes secundários com micronutrientes: somatório mínimo dos nutrientes igual a 5%; 5 - para os produtos que contenham apenas um macronutriente primário adicionados de macronutrientes secundários, micronutrientes ou ambos: somatório mínimo de todos os nutrientes igual a 5%.

De acordo com FAN; ZHANG; WANG (2014) frações residuais de carvão que apresentarem relação  $Al_2O_3/SiO_2 > 0,7\%$  tem potencial para uso na composição de fertilizantes químicos ou organominerais. Com base nesses autores e apenas nessa característica, duas amostras estudadas se aproximam em termos de potencialidade: as amostras C4 ( $Al_2O_3/SiO_2 = 0,5\%$ ) e F1 ( $Al_2O_3/SiO_2 = 0,5\%$ ). De outra forma, os mesmos autores assinalam também que frações residuais que evidenciam conteúdo de  $SO_3 > 6\%$ , podem ter o enxofre recuperado através do processo de separação por gravidade. Nesse caso, as frações residuais B1 ( $SO_3 = 10,8\%$ ) e B3 ( $SO_3 = 10,2\%$ ) apresentaram potencial para tal. Isso se torna muito interessante para o presente estudo, pois, o que se pretende é selecionar tanto amostras para produção de

fertilizantes, quanto para produção de enxofre, uma vez que, conforme Resolução nº 2, de 18 de junho de 2021 (BRASIL, 2021), o enxofre figura como o mineral importado estratégico número um para o País. Essas indicações de potencialidades são de suma importância para a transição para a Economia Circular do carvão, principalmente para que se atinja um estado de menor deposição de resíduos. Certamente outras possibilidades se encontram ocultas junto as frações residuais e, portanto, essas frações devem ser estudadas de forma minuciosa para que não sejam tratadas todas como um resíduo único e possam ser utilizadas como matérias-primas candidatas para produtos candidatos de acordo com suas potencialidades, segundo suas características químicas, físicas e mineralógicas.

Para o desenvolvimento de fertilizantes organominerais, o ideal é a formação de um blend que se caracterize pela mistura de frações residuais do carvão ROM com frações residuais da agroindústria, como por exemplo cama de aviário, ambas com a menor transformação possível. A transformação que melhor resultaria em um produto econômico e ambientalmente sustentável seria a transformação física, pela retirada do excesso de umidade, cominuição e granulação. Esta é uma etapa que deve ser desenvolvida na continuidade desse e de outros estudos, que vêm sendo desenvolvidos pelos autores dessa pesquisa, todos com fundo essencialmente alinhados à Economia Circular.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas caracterizações química, mineralógica, de pH e formas de enxofre, duas amostras de frações residuais do carvão ROM foram selecionadas, amostras F6 e A3 (de um total de vinte e quatro geradas/amostradas) em ordem de potencialidade para a composição de fertilizantes organominerais conforme as recomendações da legislação brasileira.

No entanto, para que o desenvolvimento de fertilizantes organominerais se torne realidade, torna-se importante que o beneficiamento do carvão ROM ocorra em etapas distintas e as amostras das frações residuais sejam obtidas de forma seletiva. Também que as empresas mineradoras deixem de encaminhar/dispor estes materiais em um único local, como rejeitos. Pois esta ação inviabiliza a valorização de resíduos (neste caso frações potenciais), como o potencial evidenciado para F6 e A3 para a composição de fertilizantes organominerais com base no teor de Fe e enxofre.

Duas frações residuais (C4 e F1) apresentaram relação  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 >$  próximo a 0,7% evidenciando também potencial para uso na composição de fertilizantes químicos ou organominerais e ainda, duas outras frações residuais (B1 e B3) evidenciaram conteúdo de  $\text{SO}_3 > 6\%$ , indicando potencialidade para que o enxofre nelas contido possa ser recuperado através

do processo de separação por gravidade. Essas características, tendo em vista a resolução nº 2, de 18 de junho de 2021, que destaca o enxofre como o mineral estratégico número um para o País, torna estratégica a possível utilização destes materiais. Pois, a viabilidade do desenvolvimento nacional do enxofre a partir da fração residual do carvão ROM diminuiria significativamente a dependência de importações. Essas indicações de potencialidades são de suma importância para a transição para a Economia Circular.

Certamente outras possibilidades encontram-se ocultas junto as diferentes frações residuais e, portanto, estas devem ser estudadas de forma minuciosa para que possam ser utilizadas de acordo com suas potencialidades, como matérias-primas candidatas para produtos candidatos.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10004. Resíduos sólidos - Classificação, second ed. Rio de Janeiro. 2004b.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10007. Amostragem de resíduos sólidos, second ed. Rio de Janeiro. 2004a.
- AMARAL FILHO, J. R., SCHNEIDER, I. A. H., BRUM, I. A. S., SAMPAIO, C. H., MILTZAREK, G., SCHNEIDER, C. H. Caracterização de um depósito de rejeitos para o gerenciamento integrado dos resíduos de mineração na região carbonífera de Santa Catarina, Brasil. **REM-Revista da Escola de Minas**. 66(3): 347-353. 2013.
- AMARAL FILHO, J. R.; FIRPO, B. A.; BROADHURST, J. L.; HARRISON, S. T. L. On the feasibility of South African coal waste for production of “FabSoil”, a Technosol. **Minerals Engineering**, 146, 106059. 2020.
- ANTILLE, D. L.; SAKRABANI, R.; GODWIN, R. J. Field-scale evaluation of biosolids-derived organomineral fertilisers applied to ryegrass (*Lolium perenne* L.) in England. **Applied and Environmental Soil Science**. 2013: Article ID 960629. 1–9. 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 2492-20. Standard test methods for forms of sulfur in coal. In: Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, v.05.05, 251p. 2012.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 7348-07. Standard test methods for loss on ignition (LOI) of solid combustion residues. In: Book of Standards. West Conshohocken, PA, v.05.06, 6p. 2007.
- BASU, M.; PANDE, M.; BHADORIA, P. B. S.; MAHAPATRA, S. C. Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review. **Progress in Natural Science**. 19(10): 1173–1186. 2009.

BRASIL. Instrução normativa nº 61, de 08 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-61-de-8-de-julho-de-2020-266802148>. Acesso em: 10 de março de 2022.

BRASIL. Resolução nº 2, de 18 de junho de 2021. Define a relação de minerais estratégicos para o País, de acordo com os critérios de que trata o art. 2º do Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 115, p. 103-104, 22 de junho de 2021.

BUTA, M.; BLAGA, G.; PAULETTE, L.; PĂCURAR, I.; ROŞCA, S.; BORSAI, O.; GRECU, F.; SÎNZIANA, E.P.; NEGRUŞIER, C. Soil reclamation of abandoned mine lands by revegetation in northwestern part of Transylvania: A 40-year retrospective study. *Sustainability*. 11(12): 3393. 2019.

CALKINS, W. H. The chemical forms of sulfur in coal: a review. *Fuel*. 73(4): 475-484. 1995

CORDELL, D.; DRANGERT, J.; WHITE, S. The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Global Environmental Change*. 19(2): 292–305. 2009.

CZYCZA, R. V.; FONTANIVA, S.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; VALE, F. Eficiência agronômica de diferentes fertilizantes contendo enxofre para a cultura do milho. In: FERTIBIO – Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 28., 2008, Londrina. *Resumos...* Londrina: IAPAR, 2008. p. 36-40. 2008.

DAMINATO, B.; BENITIZ, L. **Caracterização das movimentações de fertilizantes no Brasil**. 2015. 28 p.

DAWSON, C.J.; HILTON, J. Fertilizer availability in a resource-limited world: production and recycling of nitrogen and phosphorus. *Food Policy*. 36:14–22. 2011.

DICK, D. P.; MANGRICH, A. S.; MENEZES, S. M. C.; PEREIRA, B. F. Chemical and spectroscopical characterization of humic acids from two South Brazilian coals of different ranks. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 13(2): 177–182. 2002.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Circular Economy - Schools of Thought**. , 2022. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/>. Acesso em 12 de maio de 2022).

EPELDE, L.; LANZÉN, A.; MARTÍN, I.; VIRGEL, S.; MIJANGOS, I.; BESGA, G.; GARBISU, C. The microbiota of technosols resembles that of a nearby forest soil three years after their establishment. *Chemosphere*. 220: 600-610. 2019.

FALLAVENA, V. L. V.; De ABREU, C. S.; INÁCIO, T. D. Pires, M.; AZEVEDO, C. Caracterização detalhada de material de referência certificado de carvão brasileiro. *Química Nova*. 36(6): 859-864. 2013.

FAN, G.; ZHANG, D.; WANG, X. Reduction and utilization of coal mine waste rock in China: A case study in Tiefang coalfield. *Resources, Conservation and Recycling*, 83, 24–33. 2014.

FAO. Food and Agriculture Organization of United Nations. **Worlds fertilizer trends and outlook to 2018.** Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome. 2015.

FIRPO, B. A.; AMARAL FILHO, J. R.; SCHNEIDER, I. A. H., A brief procedure to fabricate soils from coal mine wastes based on mineral processing, agricultural, and environmental concepts. **Minerals Engineering.** 76, 81-86. 2015.

FLORES, C. G.; SCHNEIDER, H.; MARCILIO, N. R.; FERRET, L.; OLIVEIRA, J. C. P. Potassic zeolites from Brazilian coal ash for use as a fertilizer in agriculture. **Waste Management**, 70, 263–271. 2017.

FONSECA, D. S.; BACIC, I. R. Enxofre. In: RODRIGUES, A. F. da S. **Economia Mineral do Brasil.** 2. ed. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, 2009.

JIE, C.; JING-ZHANG, C.; MAN-ZHI, T.; ZI-TONG, G. Soil degradation: a global problem endangering sustainable development. **Journal of Geographycal Science.** 12(2): 243-252. 2002.

KALKREUTH, W.; HOLZ, M.; MEXIAS, A.; BALBINOT, M.; LEVANDOWSKI, J., WILLETT, J.; FINKELMAN, R.; BURGER, H. Depositional setting, petrology and chemistry of Permian coals from the Paraná Basin: 2. South Santa Catarina coalfield, Brazil. **International Journal of Coal Geology.** 84(3-4), 213-223. 2010.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Ceres, 1985.

KINNUNEN, P.H.M., KAKSONEN, A.H. Towards circular economy in mining: Opportunities and bottlenecks for tailings valorization. **Journal of Cleanner Prododuction.** 228, 153-160. 2019.

KOMINKO, H.; GORAZDA, K.; WZOREK, Z. The Possibility of Organo-Mineral Fertilizer Production from Sewage Sludge. **Waste and Biomass Valorization**, 8(5): 1781–1791. 2017.

LEE, R. The outlook for population growth. **Science.** 333, 569–573. 2011.

MENDES, A. M. S. **Curso de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, SFA-BA: Embrapa Semiárido; Embrapa Solos - UEP Recife, 2007.

MIKOS-SZYMAŃSKA, M.; SCHAB, S.; RUSEK, P.; BOROWIK, K.; BOGUSZ, P.; WYZIŃSKA, M. Preliminary study of a method for obtaining brown coal and biochar based granular gompound fertilizer. **Waste and Biomass Valorization.** 10(12): 3673-3685. 2019.

MILLER, B.G. The chemical and physical characteristics of coal, in: Miller, B.G. (Ed.), **Clean coal engineering technology**, second ed. New York: Butterworth-Heinemann, pp. 3-60.

MINAS GERAIS. Decreto n. 18.579, de 14 de dezembro de 2009. Altera a lei n. 14.066, de 22 de novembro de 2001, que dispõe sobre a proteção dos consumidores de combustíveis.

OLIVEIRA, I. M. F.; SILVA, M. J.; TÓFANI, S. B. **Fundamentos de Química Analítica.** Curso de Licenciatura em Química, Modalidade a Distância. UFMG, Belo Horizonte, 2010.

OLIVEIRA, M. L. S., WARD, C. R., SAMPAIO, C. H., QUEROL, X., CUTRUNEO, C. M. N. L., TAFFAREL, S. R., SILVA, L. F. O., 2013. Partitioning of mineralogical and inorganic geochemical components of coals from Santa Catarina, Brazil, by industrial beneficiation processes. **International Journal of Coal Geology.** 116-117: 75-92. 2013.

PINETOWN, K. L.; WARD, C. R.; WESTHUIZEN, W. V. van der. Quantitative evaluation of minerals in coal deposits in Witbank and Highveld Coalfields, and the potential impact on acid mine drainage. **International Journal of Coal Geology.** 70: 166-183. 2007.

PIETRZYKOWSKI, M. Tree species selection and reaction to mine soil reconstructed at reforested post-mine sites: Central and Eastern European experiences. **Ecological Engineering.** X, 3: 100012. 2019.

RAUPP-PEREIRA, F. Valorização de resíduos industriais como fonte alternativa mineral: composições cerâmicas e cimentícneas. 2006. 267 p. **Tese (Ciência e Engenharia de Materiais)** Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro, UA, Portugal. 2006.

SANTOS, E. S.; ABREU, M.M.; MACÍAS, F. Rehabilitation of mining areas through integrated biotechnological approach: technosols derived from organic/inorganic wastes and autochthonous plant development. **Chemosphere.** 224, 765-775. 2019.

SAUVÉ, S.; BERNARD, S.; SLOAN, P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development.** 17: 48-56. 2016.

SHEORAN, V.; SHEORAN, A.S.; POONIA, P. Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: A review. **International Journal of Soil, Sediment and Water.** 3: 1-21. 2010.

SILVA, L. F. O.; IZQUIERDO, M.; QUEROL, X.; FINKELMAN, R. B.; OLIVEIRA, M. L. S.; WOLLENSCHLAGER, M.; TOWLER, M.; PÉREZ-LÓPEZ R.; MACIAS, F. Leaching of potential hazardous elements of coal cleaning rejects. **Environmental Monitoring and Assessment.** 175(1-4): 109-126. 2010.

THE SULPHUR INSTITUTE. **Sulphur – The fourth major plant nutrient.** 2022. Disponível em: <<https://www.sulphurinstitute.org/about-sulphur/sulphur-the-fourth-major-plant-nutrient/>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ULSENHEIMER, A. M.; SORDI, A.; CERICATO, A.; LAJÚS, C. formulação de fertilizantes organominerais e ensaio de produtividade. **Unoesc & Ciência.** 7(2): 195-202. 2016.

UTE ENGIE. Unidade Termelétrica Egie - Engie Brasil Energia S/A. **Relatório de Monitoramento ambiental: Complexo Termelétrico Jorge Lacerda,** 2017. 36 p.

VITTI, G. C.; OTTO, R.; SAVIETO, J. **Manejo do enxofre na agricultura. Informações agronômicas.** International Plant Nutrition Institute. 2015. 152 p.

WARD, C. R. Analysis and significance of mineral matter in coal seams. **International Journal of Coal Geology.** 50: 135-168. 2002.

WEILER, J. Benefícios ambientais da recuperação da pirita na mineração decarvão em SC. 2013. 106 p. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) Escola de Engenharia, UFRGS, 2013.

WEILER, J., FIRPO, B.A., SCHNEIDER, I.A.H., 2020. Technosol as an integrated management tool for turning urban and coal mining waste into a resource. **Minerals Engineering**. 147, 106179. 2020.

WEILER, J.; FIRPO, B.A.; SCHNEIDER, I.A.H. Coal waste derived soil-like substrate: An opportunity for coal waste in a sustainable mineral scenario. **Journal of Cleaner Production**. 174, 739-745. 2018.

WEILER, J.; SCHNEIDER, I. A. H. Pyrite utilization in the carboniferous region of Santa Catarina, Brazil - Potentials, challenges, and environmental advantages. **REM - International Engineering Journal**. 72(3): 515–522. 2019

YAN, R.; GAUTHIER, D.; FLAMANT, G. (2001). Volatility and chemistry of trace elements in a coal combustor. **Fuel**. 80(15): 2217–2226. 2001.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: TENDÊNCIAS EM EMBALAGENS ATIVAS PARA ALIMENTOS

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: TENDENCIAS EN ENVASES DE ALIMENTOS ACTIVOS

## LITERATURE REVIEW: TRENDS IN ACTIVE FOOD PACKAGING

Patricia Viera de Oliveira<sup>1</sup>; Leandro Pellenz<sup>2</sup>; Carlos Rafael Silva de Oliveira<sup>3</sup> Lisandro Simão<sup>4</sup>; Afonso Henrique da Silva Júnior<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.152-164>

### RESUMO

Aproximadamente um terço dos alimentos produzidos (1,3 bilhão de toneladas de alimentos) para consumo humano é perdido ou desperdiçado todos os anos em toda cadeia de suprimentos do mundo, desde a produção agrícola inicial até o consumo final. Além disso, a crescente demanda dos consumidores por alimentos minimamente processados e *in natura* vem sendo frequentemente discutidas e tornam-se um desafio da indústria de alimentos bem como a cadeia produtora de alimentos. Destaca-se que mais de 25% dos alimentos são desperdiçados devido a embalagens inadequadas, proteção e armazenamento insuficiente. As embalagens desempenham, portanto, funções importantes na indústria de alimentos, começando pelo transporte, distribuição, varejo e o principal a proteção e preservação. Diante disso, o estudo e desenvolvimento de embalagens apropriadas para atender a demanda dos mercados e de seus consumidores está em constante crescimento. A embalagem ativa compreende sistemas que interagem com o alimento de forma a incorporar deliberadamente componentes que liberam ou absorvem substâncias dentro ou fora do alimento embalado ou ao redor do ambiente do alimento, e atuam de forma a manter ou prolongar a vida útil dos produtos alimentícios. Os sistemas de embalagens ativas que serão apresentadas são: absorvedores de oxigênio, absorvedores de etileno, absorvedoras de umidade, absorvedores e/ou liberadores de sabor e odor, eliminadores de CO<sub>2</sub>, antimicrobianos e antioxidantes. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar algumas recentes inovações tecnológicas na área de embalagens ativas para alimentos. Os resultados deste trabalho são úteis para identificar tendências ou novas áreas de pesquisa, bem como ampliar a utilização desta tecnologia, pois apresentam inúmeras vantagens como redução da perda de produtos, aumento da vida de prateleira, retardando ou inibindo a deterioração dos alimentos. Diante disso, as embalagens ativas apresentam uma alternativa promissora para serem aplicadas em alimentos. Porém, ainda que esta tecnologia necessita ser aprimorada e um melhor entendimento dos princípios e mecanismos ainda são necessários para otimizar o uso destas embalagens e desenvolver sistemas eficazes e seguros.

**Palavras-Chave:** indústria de alimentos, embalagem ativa, tecnologia, conservação, vida de prateleira

### RESUMEN

Aproximadamente un tercio de los alimentos producidos (1300 millones de toneladas de alimentos) para

<sup>1</sup> Engenheira Química, Mestre em Nanociências (Universidade Franciscana), Doutoranda em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), p.v.oliveira@posgrad.ufsc.br

<sup>2</sup> Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis (Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS), Doutorando em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), leandropellenz@hotmail.com

<sup>3</sup> Engenheiro Têxtil (Universidade Estadual de Maringá – UEM), Doutor em Engenharia Química (UFSC), carlos.oliveira@ufsc.br;

<sup>4</sup> Engenheiro Ambiental e Sanitarista (Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC), Doutor em Ciência e Engenharia

de Materiais (Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC), lisandrosimao@gmail.com;

<sup>5</sup> Engenheiro Agroindustrial-Agroquímico (Universidade Federal do Rio Grande – FURG), Mestre em Engenharia Química, Doutorando em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), afonso.silva@posgrad.ufsc.br;

el consumo humano se pierden o desperdician cada año en la cadena de suministro mundial, desde la producción agrícola inicial hasta el consumo final. Además, la creciente demanda de los consumidores por alimentos mínimamente procesados e *in natura* ha sido objeto de debate frecuente y se convierte en un desafío para la industria alimentaria y la cadena de producción de alimentos. Cabe destacar que más del 25% de los alimentos se desperdician por inadecuado empaque, protección y almacenamiento insuficiente. Por lo tanto, el embalaje juega un papel importante en la industria alimentaria, empezando por el transporte, la distribución, la venta al por menor y, lo más importante, la protección y conservación. Por ello, el estudio y desarrollo de envases adecuados a la demanda de los mercados y sus consumidores está en constante crecimiento. Los envases activos comprenden sistemas que interactúan con los alimentos para incorporar deliberadamente componentes que liberan o absorben sustancias dentro o fuera de los alimentos envasados o alrededor del entorno alimentario, y actúan para mantener o extender la vida útil de los productos alimenticios. Los sistemas de envases activos que se presentarán son: absorbentes de oxígeno, absorbentes de etileno, absorbentes de humedad, absorbentes y/o liberadores de sabor y olor, secuestrantes de CO<sub>2</sub>, antimicrobianos y antioxidantes. En este contexto, el objetivo de este trabajo es presentar las innovaciones tecnológicas más recientes en el área de los envases activos para alimentos. Los resultados de este trabajo son útiles para identificar tendencias o nuevas áreas de investigación, así como ampliar el uso de esta tecnología, ya que presenta numerosas ventajas como reducir la pérdida de producto, aumentar la vida útil, retrasar o inhibir el deterioro de los alimentos. Por lo tanto, los envases activos presentan una alternativa prometedora para ser aplicada en alimentos. Sin embargo, esta tecnología aún debe mejorarse, aún se necesita una mejor comprensión de los principios y mecanismos para optimizar el uso de estos paquetes y desarrollar sistemas efectivos y seguros.

**Palabras Clave:** industria alimentaria, envasado activo, tecnología, conservación, vida útil.

## ABSTRACT

Approximately one-third of the food produced (1.3 billion tons of food) for human consumption is lost or wasted every year across the world's supply chain, from initial agricultural production to final consumption. In addition, the growing consumer demand for minimally processed and "*in nature*" foods has been frequently discussed and becomes a challenge for the food industry as well as the food production chain. It is noteworthy that more than 25% of food is wasted due to inadequate packaging, protection, and insufficient storage. Packaging, therefore, plays an important role in the food industry, starting with transport, distribution, retail, and, most importantly, protection and preservation. Therefore, the study and development of appropriate packaging to meet the demand of markets and their consumers are constantly growing. Active packaging comprises systems that interact with food to deliberately incorporate components that would release or absorb substances into or out of the packaged food or around the food environment, and act to maintain or extend the shelf life of food products. The active packaging systems that will be presented are oxygen absorbers, ethylene absorbers, moisture absorbers, flavor, and odor absorbers and/or releasers, CO<sub>2</sub> scavengers, antimicrobials, and antioxidants. In this context, the objective of this work is to present the most recent technological innovations in the field of active packaging for food. The results of this work are useful to identify trends or new areas of research, as well as to expand the use of this technology, as they have numerous advantages such as reducing product loss, increasing shelf life, and delaying or inhibiting food spoilage. Therefore, active packaging presents a promising alternative to be applied to food. However, this technology will still need to be improved, and a better understanding of the principles and mechanisms is still needed to optimize the use of these packages and to develop effective and safe systems.

**Keywords:** food industry, active packaging, technology, conservation, shelf life

## INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e alimentação (FAO), aproximadamente um terço dos alimentos produzidos (1,3 bilhão de toneladas de alimentos) para consumo humano é perdido ou desperdiçado todos os anos em toda cadeia de suprimentos do mundo, desde a produção agrícola inicial até o consumo final (ISHANGULYYEV; KIM;

LEE, 2019).

Acrescenta-se que fatores como a crescente pressão para alimentar uma população mundial exponencialmente crescente, aumento dos custos dos alimentos, questões relacionadas à segurança alimentar e a segurança dos alimentos, e o aumento da demanda dos consumidores por produtos minimamente processados e sensorialmente similares aos alimentos *in natura* são frequentemente discutidas e tornam-se portanto um desafio da indústria de alimentos bem como a cadeia produtora de alimentos cumprir rigorosas leis e regulamentos de segurança alimentar (GULATI et al., 2013; JANJARASSKUL; SUPPAKUL, 2017).

Diante disso, as embalagens desempenham um papel importante na cadeia de indústria de alimentos, começando pelo transporte, distribuição, varejo e o principal a proteção e preservação (BRODY et al., 2008). Um relatório publicado pela Organização Mundial de Embalagens mostra que mais de 25% dos alimentos são desperdiçados devido a embalagens inadequadas, dosagem inadequada e proteção de armazenamento insuficiente (WIKSTRÖM et al., 2019). De acordo com os Markets Business Insider (2020), o tamanho global do mercado de embalagens durante 2019 foi avaliado em US \$ 909,2 bilhões e deverá atingir US\$ 1.012,6 bilhões até 2021, registrando um CAGR de 5,5% durante a pandemia (MARKETS BUSINESS INSIDER, 2020).

As embalagens tradicionais apresentam como principal função atuar como barreira a impactos mecânicos e/ou físicos, reações químicas e invasão de microrganismo patogênicos (WIKSTRÖM et al., 2019). Em consideração a isso, torna-se essencial o estudo e desenvolvimento de novos materiais e embalagens. Avanços recentes incorporaram funcionalidades as embalagens, tal como embalagens inteligentes (KALPANA et al., 2019) e destaca-se as embalagens ativas que aumentam a vida útil de alimentos e minimizam o uso de conservantes e são alvo deste trabalho (DE JONG et al., 2005; YAN; HSIEH; RICACHO, 2022).

As embalagens ativas compreendem sistemas de embalagens que interagem com o alimento de forma a incorporar deliberadamente componentes que liberam ou absorvem substâncias dentro ou fora do alimento embalado ou do ambiente ao redor do alimento, e atuam de forma a manter ou prolongar a vida útil dos produtos alimentícios, garantindo sua qualidade, segurança e integridade (YILDIRIM et al., 2018).

Neste trabalho, apresentamos pesquisas recentes relacionadas à embalagens ativas aplicadas em alimentos. Este estudo fornece informações valiosas que podem ser úteis para identificar tendências ou novas áreas de pesquisa, bem como ampliar a produção/utilização desta tecnologia emergente.

## APLICAÇÃO DAS EMBALAGENS ATIVAS

As embalagens ativas são os sistemas que como resultado das atividades químicas, físicas e biológicas alteram ativamente as condições do alimento embalado, causam uma extensão de sua sustentabilidade e, portanto, sua vida de prateleira, garantem ou melhoram significativamente a segurança microbiológica e/ou ou propriedades sensoriais, mantendo e/ou melhorando sua qualidade (WYRWA; BARSKA, 2017). Além disso, as embalagens ativas, são embalagens que contêm certos aditivos conhecidos como “ativos” incorporados no material de embalagem ou colocados dentro do recipiente da embalagem para interagir diretamente com o produto perecível e/ou seu ambiente visando estender sua qualidade e/ou segurança (RODRIGUES ARRUDA et al., 2022). Acrescenta-se que estas embalagens promovem uma barreira entre comida e ambiente externo, onde o material reage com a comida e aumenta a vida útil, proporciona produtos frescos e seguros, retardam o processo de deterioração dos alimentos em consonância necessidade de fornecer alimentos suficientes para uma população global em rápido crescimento (BRODY; STRUPINSKY; KLINE, 2001; WYRWA; BARSKA, 2017).

Quanto ao material de embalagem ou revestimento ativo existem diversos, incluindo materiais como polietileno, polietileno de baixa densidade, polipropileno, tereftalato de polietileno, álcool etílico vinílico, poli (ácido lático), poliamida, poliestireno, álcool polivinílico, entre outros (WEI et al., 2021).

Acrescenta-se o uso de embalagens ativas biodegradáveis sendo utilizadas como alternativas sustentáveis para uso na indústria de alimentos (SANI et al., 2021). Também o uso de nanomateriais e transformação de compostos ativos de escala micro para nano, micro e nanoencapsulação de compostos ativos, o uso de metais e óxidos metálicos, nanopartículas orgânicas e nanocarreadores. Além disso as modificações química de polímeros, preparação de filmes são amplamente utilizadas e atuam fornecendo melhores funções ativas em embalagens (ALMASI; JAHANBAKHSH OSKOUIE; SALEH, 2020).

As embalagens ativas prolongam a vida útil de produtos através de impactos nos processos em alimentos tal como (*i*) processos fisiológicos, por exemplo, respiração de frutas e vegetais frescos; (*ii*) processos químicos, por exemplo, na oxidação de gorduras; (*iii*) processos físicos, tais como envelhecimento do pão; (*iv*) alterações microbiológicas devido impactos de microorganismos; e (*v*) infecções causadas por insetos (WYRWA; BARSKA, 2017).

Os sistemas de embalagem ativa podem ser categorizados como removedores /absorvedores de oxigênio, removedores/absorvedores de etileno, absorvedores de líquidos e umidade, absorvedores ou liberadores de sabor e odor, eliminadores/emissores de CO<sub>2</sub>, antimicrobianos, antioxidantes, entre outros (DE ABREU; CRUZ; LOSADA, 2012). O quadro

01, abaixo, sintetiza alguns exemplos de embalagens ativas e trabalhos recentes desenvolvidos na área e a seguir os principais resultados obtidos nas pesquisas são mencionados com mais detalhes.

**Quadro 01:** Exemplos de aplicação de área de embalagens ativas em alimentos.

Embalagem ativa/Sistema estudado	Aplicação	Referência
Antimicrobiana/Encapsulação de citral e trans-cinamaldeído em $\beta$ -Ciclodextrina.	Carne bovina resfriada	(CHEN et al., 2019)
Antioxidante/extrato de chá verde e óleo essencial de orégano	Presunto cozido fatiado	(PATEIRO et al., 2019)
Removedores de etileno/ filmes de triticale contendo $KMnO_4$	Tomates cereja	(ARAGÜEZ et al., 2020)
Removedores de oxigênio/Filme baseado em sistema catalítico com paládio	Óleo de linhaça	(FAAS et al., 2020)
Atmosfera modificada/sachê de remoção de umidade sílica grossa e sachê de gel e removedor de etileno contendo permanganato de potássio	Goiaba	(GAIKWAD; SINGH; AJJI, 2019)
Absorvedor de $CO_2$ /Impregnação de hidróxido de cálcio e meio poroso	kimchi	(LEE; JEONG; YOO, 2019)
Atmosfera modificada/ filme ativo de polietileno revestidos com zeína/gelatina	Frutas, morango	(AHMED et al., 2017)

**Fonte:** Própria (2022).

As embalagens ativas contendo antimicrobianos, minimizam a contaminação e aumentam a vida útil dos alimentos, pois elas interagem com o alimento embalado ou o *headspace* da embalagem para reduzir, retardar ou mesmo inibir o crescimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos. A atividade antimicrobiana de tais filmes pode ser alcançada pela incorporação de agentes antimicrobianos em uma matriz polimérica (DOBRUCKA; PRZEKOP, 2019). Além disso, as embalagens antimicrobianas podem ser utilizados como sachês contendo agentes antimicrobianos voláteis, incorporação de revestimentos antimicrobianos em polímeros que podem ser realizados por meio de ligações de

superfície, iônicas ou covalentes pela técnica de imobilização, funcionalização encapsulamento e/ou métodos combinados (APPENDINI; HOTCHKISS, 2002; SOFI et al., 2018). Um exemplo de embalagem antimicrobiana é o estudo desenvolvido por Chen et al (2019), na qual avaliou a encapsulação de antimicrobianos naturais, como citral e trans-cinamaldeído, em filme de um complexo de inclusão com  $\beta$ -Ciclodextrina. Foram estudadas as propriedades físicas e mecânicas do filme, além da taxa de liberação dos compostos antimicrobianos naturais do filme. Além disso, foram determinadas a estabilidade térmica do complexo e avaliado a função conservante de filmes potencializados com os complexos antimicrobianos em carne bovina resfriada embalada. Os resultados demonstraram que o filme contendo complexo de inclusão de  $\beta$ -ciclodextrina apresentou baixo coeficiente de difusão e alta concentração de equilíbrio de antimicrobianos naturais em simuladores de alimentos, e vida útil prolongada da carne bovina em cerca de 4 dias a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Em geral, os compostos ativos encapsulados em  $\beta$ -Ciclodextrina como um complexo de inclusão apresentaram alta estabilidade térmica e taxa de liberação lenta, o que resultou no prolongamento da vida útil da carne refrigerada (CHEN et al., 2019).

As embalagens ativas contendo revestimento antioxidante na superfície da embalagem podem permitir, por exemplo, uma proteção imediata contra a oxidação lipídica. As embalagens antioxidantes podem conter óleos ou extratos vegetais (DOBRUCKA; PRZEKOP, 2019) (GÓMEZ-ESTACA et al., 2014). Destaca-se o uso de antioxidantes naturais como  $\alpha$ -tocoferol, ácido cafeico, catequina, quercetina, carvacrol que são incorporados a embalagens de alimentos (SANCHES-SILVA et al., 2014). Acrescenta-se a tendência atual a incorporação de óleos essenciais em materiais e filmes biodegradáveis no desenvolvimento de embalagens ativas com propriedades de preservação aprimoradas. Estas estratégias geram inúmeros benefícios como redução do desperdício de alimentos e a combinação de embalagens biodegradáveis e óleos essenciais extraídos de produtos agroindustriais conduzem processos sustentáveis na indústria de alimentos (CARPENA et al., 2021).

Pateiro et al (2019) avaliaram a eficácia de sistemas de embalagens ativas com extrato de chá verde e óleo essencial de orégano em presunto cozido fatiado. Três sistemas de embalagem foram avaliados: grupo controle sem filme ativo; ATGT (embalado com filme ativo de extrato de chá verde (1%)); e ATRX (com mistura de extrato de chá verde e óleo essencial de orégano (1%)). Foram avaliados atributos microbiológicos, físico-químicos (pH, aw, cor e oxidação lipídica) e sensoriais após 0, 7, 14 e 21 dias de armazenamento refrigerado. Como principais resultados, as amostras embaladas com ATGT mostraram a melhor atividade antimicrobiana contra contagens viáveis totais e bactérias lácticas. Em relação à cor, foram encontradas pequenas diferenças entre as amostras embaladas com filmes ativos e controles. Os

filmes que continham chá verde (ATGT) foram os que apresentaram menor descoloração ao final do armazenamento (8,86 vs. 8,63 e 7,50 para ATGT vs. CON e ATRX, respectivamente). O baixo teor de gordura deste tipo de produto e o uso de atmosfera anaeróbia para a embalagem do presunto cozido não permitiram mostrar efeito antioxidante na oxidação lipídica (valores abaixo de 0,15 mg MDA/kg). Por fim, o uso de ATGT e ATRX não apresentou uma modificação dos atributos sensoriais do produto, ficando as notas de aceitação abaixo do limite de aceitação durante toda a aplicação (PATEIRO et al., 2019).

As embalagens ativas contendo removedores de etileno são aplicadas para o armazenamento de frutas e vegetais (JANJARASSKUL; SUPPAKUL, 2017). O sistema de atmosfera modificada, reduz as taxas de respiração e de produção de etileno, promovendo um retardamento na deterioração desses produtos. Este material está contido em um sachê ou incorporado diretamente à embalagem, sendo capaz de promover alterações na composição gasosa (AZEREDO; FARIA; AZEREDO, 2000). O uso de empacotamento de removedores de etileno como zeólitas, dióxido de titânio e metais de transição tem sido amplamente estudados, onde estes materiais são incorporados em filmes e materiais compósitos. Porém a aplicação comercial desta tecnologia ainda é um pouco limitada devido a fatores como interação entre embalagens, alimentos e meio ambiente. Tais fatores, ainda devem ser explorados e poderão fornecer orientações importantes para o desenvolvimento deste tipo de embalagens (WEI et al., 2021). Araguez et al (2020), desenvolveram caixas de embalagem ativas com filmes de tricicale contendo  $KMnO_4$ . Os autores avaliaram os efeitos da incorporação de  $KMnO_4$  e do tempo de armazenamento nas propriedades do filme de tricicale quando aplicados em tomates cerejas em diferentes temperaturas durante 20 dias. As mudanças na firmeza, perda de peso, sólidos solúveis totais e pH dos tomates foram monitoradas. Os tomates em caixas de embalagens ativas apresentaram menores alterações de qualidade, menor perda de peso e maior firmeza durante o armazenamento do que aqueles em caixas controle e abertas. Os resultados mostraram que ao longo de 20 dias de armazenamento o filme ativo exibiu uma atividade contínua de oxidação do etileno e consequentemente atrasou o processo de amadurecimento e alterações na qualidade dos tomates (ARAGÜEZ et al., 2020).

As embalagens ativas absorvedores de  $O_2$  controlam os níveis de oxigênio. Estes são geralmente incorporados ao sistema na forma de sachês, mas, em alguns casos, podem ser incorporados diretamente à face interna de embalagens. Os absorvedores de  $O_2$  atuam prevenindo o crescimento de microrganismos aeróbios; retardam oxidação de lipídios e de compostos de sabor; podendo substituir pesticidas químicos para prevenção de danos por insetos (AZEREDO; FARIA; AZEREDO, 2000; WEI et al., 2021). Faas et al (2020)

desenvolveram um filme sequestrante de oxigênio baseado em sistema catalítico com paládio utilizado para prevenir a oxidação lipídica em óleo de linhaça. Como resultado o nível significativamente mais alto de produtos de oxidação foi medido em óleo de linhaça armazenado sob atmosfera normal em comparação com atmosfera modificada com 2 vol% de oxigênio sem sistema catalítico com paládio. Os limites indicando óleo de boa qualidade com base no valor de peróxido (15 miliequivalentes O<sub>2</sub>/g de óleo) e no valor de para-anisidina (2 unidades de absorbância/g de óleo) foram excedidos em ambas as condições de embalagem. Nas embalagens com sistema catalítico com paládio, no entanto, a remoção do oxigênio do *headspace* manteve os parâmetros de oxidação abaixo desses limites, indicando óleo de boa qualidade durante todo o período de armazenamento de 6 meses (FAAS et al., 2020).

O uso de embalagens ativas baseadas em atmosfera modificada com sistema removedores/absorvedores de umidade, são de extrema importância para serem aplicados a produtos alimentícios, pois o excesso de umidade em uma embalagem é desfavorável à qualidade do produto alimentício e à integridade da embalagem, particularmente no caso de alimentos com alta atividade de água, como produtos frescos e alimentos crus. O processo comum envolvido na absorção de umidade em embalagens de alimentos é a adsorção física (GAIKWAD; SINGH; AJJI, 2019). Gaikwad, Singh, Ajji (2019) estudaram embalagem em atmosfera modificada, sachê de remoção de umidade contendo 30-50 g de sílica grossa e sachê de gel e removedor de etileno contendo 0-4 g de permanganato de potássio e aplicadas em goiabas. O *headspace* de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> das embalagens foram estudados a 4, 8 e 12 °C por 30 dias e as goiabas foram deixadas por dois dias para amadurecer a 30°C. Como resultados, as goiabas armazenadas a 4°C, com 3 g de removedor de etileno e 46 g de removedor de umidade, foram menos afetada pela injúria pelo frio, pois tinham a cor mais brilhante, menor firmeza e o maior número de goiabas aceitáveis (95,33%) em relação aos demais tratamentos. As amostras armazenadas na condição ótima apresentaram menor perda de massa fisiológica, maior retenção do teor de fenol total e teor de ácido ascórbico após 32 dias de armazenamento o que talvez tenha induzido resistência da goiaba e reduzido o crescimento de fungos significativamente em relação ao controle (GAIKWAD; SINGH; AJJI, 2019).

Embalagens ativas removedores e mediadores de dióxido de carbono são incorporados nos materiais de embalagem. O dióxido de carbono diminui a taxa de respiração dos alimentos frescos (DOBRUCKA; PRZEKOP, 2019). Acrescenta-se a isto, o fato de que o dióxido de carbono possui também propriedades microbianas, e são utilizados na indústria de alimentos para preservação da qualidade de vida de prateleira. O atuação do CO<sub>2</sub> é baseado em um conjunto complexo de mecanismos, na qual ainda não são muito compreendidos, mas acredita-

se que ocorre alteração molecular da membrana bacteriana e alteração do pH citoplasmático faz com que ocorra a inibição do crescimento de bactérias deteriorantes (VILELA et al., 2018; YILDIRIM et al., 2018) Lee, Jeong, Yoo (2019) estudaram a embalagem de kimchi (alimentos típicos da culinária da Coreia, com base em hortaliças). A embalagem do kimchi pode ser facilmente danificada pelo dióxido de carbono gerado durante a fermentação do kimchi, e os adsorventes foram desenvolvidos para superar os problemas de expansão de volume e quebra da embalagem do kimchi causados pelo dióxido de carbono. Foi estudado a impregnação de hidróxido de cálcio e de meio poroso incorporados ao polietileno de baixa densidade para desenvolver a embalagem. Como resultado, na embalagem de kimchi, o efeito da adsorção não afetou o amadurecimento do kimchi ( $p>0,05$ ). A concentração ideal de dióxido de carbono na embalagem de kimchi foi de 40 a 55%, e a concentração de dióxido de carbono pode ser controlada usando os materiais de embalagem de adsorção desenvolvidos (LEE; JEONG; YOO, 2019).

Ahmed et al (2017) desenvolveu um filme ativo de polietileno revestidos com zeína/gelatina que foi desenvolvido em escala industrial e efetivamente retardou o crescimento microbiano e a perda de peso de frutos com diferentes taxas de respiração durante o armazenamento. Durante a preservação com baixa taxa de respiração, a produção de *off-flavor* foi reduzida e mais sesquiterpenos foram reservados devido à capacidade antimicrobiana e de absorção de umidade do filme que levou à inibição seletiva em gêneros de bactérias deteriorantes, incluindo *Zymobacter*, *Gluconobacter* e *Pantoea*. Já para morango com alta taxa de respiração, as alterações do perfil volátil foram mais relacionadas à concentração de gás no *headspace*, independentemente da comunidade bacteriana, em que ocorreu o acúmulo de ésteres etílicos e reduziu o nível de ésteres metílicos e etílicos durante a preservação. Os autores ressaltam que a pesquisa desenvolve novos conhecimentos sobre os impactos das embalagens ativas no perfil volátil de frutas e fornece orientações para o design inteligente de embalagens ativas para preservação de frutas aromáticas (AHMED et al., 2017).

Segundo Wyrwa, Barska (2017), as principais vantagens do uso de embalagens ativas como já mencionadas é o aumento da vida útil do alimento, melhora significativa na segurança microbiológica dos alimentos, podendo reduzir o uso de conservantes, promoção do consumo sustentável através de embalagens biodegradáveis, biocompatíveis. Já as principais desvantagens é o preço mais elevado em relação à embalagem tradicional. Acrescenta-se que certas substâncias liberadas podem afetar a composição dos alimentos; alguns compostos químicos por exemplo CO<sub>2</sub>, podem ajudar a prolongar a vida de prateleira da carne por exemplo mas afetar a cor do produto (WYRWA; BARSKA, 2017).

## PERSPECTIVAS FUTURAS

O uso de sistemas ativos deve atender aos requisitos de diferentes agências reguladoras, como o FDA (*Food and Drug Administration*) (EUA), a European Food Safety Authority (União Europeia), que estabelecem a base legal para seu uso preciso, segurança e marketing (VILELA et al., 2018). No Brasil a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), não estabeleceu legislações específicas para segurança de embalagens ativas, no entanto, existem algumas regulações que são levados em consideração para o desenvolvimento de embalagens ativas, tal como a que classifica os materiais para embalagens e equipamentos em contato com alimentos (MONÇÃO et al., 2022).

Diante disso, as embalagens ativas devem cumprir o propósito pretendido da sua aplicação de forma adequada e eficaz e devem cumprir os requisitos previstos na legislação, os materiais que entrarem em contato com os alimentos tal como as embalagens ativas podem mudar composição, características organolépticas dos alimentos e estas alterações devem estar de acordo com regulamentos sobre alimentos e modificações decorrentes destes materiais podem mascarar sinais de deterioração dos alimentos induzindo erros ao consumidor (WYRWA; BARSKA, 2017)

Acrescenta-se que a tecnologia de embalagens ativas ainda é considerada inovadora no setor de embalagens, pois as primeiras patentes de embalagens ativas são no início do século XX, e os mercados estão, portanto recentemente adotando esta tecnologia (WESTLAKE et al., 2022). Apesar da enorme popularidade das embalagens ativas no Japão introduzidas no mercado em meados da década de 1970 seu uso na Europa só agora está começando a aumentar. A dificuldade de difusão no mercado é o alto custo, baixa aceitação do consumidor e legislação rigorosa de alguns países (VILELA et al., 2018)

Diante disso, pesquisas precisam ser desenvolvidas a fim de tornar as embalagens ativas comercialmente viáveis em aspectos como custo, aceitação, confiança dos consumidores, aspectos regulatórios e multifuncionalidade (GHAANI et al., 2016).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do grande desperdício de alimentos em toda cadeia produtiva de alimentos, crescimento da população mundial e o aumento da demanda dos consumidores por produtos minimamente processados e sensorialmente similares aos alimentos *in natura*.

As embalagens ativas mostram-se como uma excelente solução para uma ampla gama de aplicações na indústria alimentícia. Embora as tecnologias tradicionais de embalagem de alimentos ainda sejam amplamente utilizadas, o futuro sem dúvida pertencerá à inovação

representada pela embalagem ativa, pois como mencionados apresentam inúmeras vantagens como redução da perda de produtos e aumento da vida de prateleira, retardando ou inibindo a deterioração dos alimentos, entre outras mencionadas neste trabalho.

Portanto conclui-se que as embalagens ativas apresentam como uma alternativa promissora para serem aplicadas em na indústria de alimentos e na cadeia produtora de alimentos, porém estudos ainda devem ser realizados buscando uma melhor compreensão das mesmas bem como aprimoramento desta tecnologia.

## REFERÊNCIAS

- AHMED, I. et al. A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. **Food Control**, v. 82, p. 163–178, 1 dez. 2017.
- ALMASI, H.; JAHANBAKHS OSKOUIE, M.; SALEH, A. A review on techniques utilized for design of controlled release food active packaging. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1783199>, v. 61, n. 15, p. 2601–2621, 2020.
- APPENDINI, P.; HOTCHKISS, J. H. Review of antimicrobial food packaging. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 3, n. 2, p. 113–126, 1 jun. 2002.
- ARAGÜEZ, L. et al. Active packaging from triticale flour films for prolonging storage life of cherry tomato. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 25, p. 100520, 1 set. 2020.
- AZEREDO, H. M. C. DE; FARIA, J. DE A. F.; AZEREDO, A. M. C. DE. Embalagens ativas para alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, p. 337–341, dez. 2000.
- BRODY, A. L. et al. Innovative food packaging solutions. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 8, 2008.
- BRODY, A.; STRUPINSKY, E.; KLINE, L. Active packaging for food applications. 2001.
- CARPENA, M. et al. Essential Oils and Their Application on Active Packaging Systems: A Review. **Resources 2021, Vol. 10, Page 7**, v. 10, n. 1, p. 7, 17 jan. 2021.
- CHEN, H. et al. Development of active packaging film containing bioactive components encapsulated in  $\beta$ -cyclodextrin and its application. **Food Hydrocolloids**, v. 90, p. 360–366, 1 maio 2019.
- DE ABREU, D. A. P.; CRUZ, J. M.; LOSADA, P. P. Active and Intelligent Packaging for the Food Industry. **Food Reviews International**, v. 28, n. 2, p. 146–187, abr. 2012.
- DE JONG, A. R. et al. Active and intelligent packaging for food: is it the future? **Taylor & Francis**, v. 22, n. 10, p. 975–979, out. 2005.
- DOBRUCKA, R.; PRZEKOP, R. New perspectives in active and intelligent food packaging. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 11, p. e14194, 1 nov. 2019.
- FAAS, N. et al. Prevention of lipid oxidation in linseed oil using a palladium-based oxygen

scavenging film. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, p. 100488, 1 jun. 2020.

GAIKWAD, K. K.; SINGH, S.; AJJI, A. Moisture absorbers for food packaging applications. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, n. 2, p. 609–628, 15 jun. 2019.

GHAANI, M. et al. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. **Trends in Food Science & Technology**, v. 51, p. 1–11, 1 maio 2016.

GÓMEZ-ESTACA, J. et al. Advances in antioxidant active food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, v. 35, n. 1, p. 42–51, 1 jan. 2014.

GULATI, M. et al. The Water–energy–food Security Nexus: Challenges and Opportunities for Food Security in South Africa. **Aquatic Procedia**, v. 1, p. 150–164, 2013.

ISHANGULYYEV, R.; KIM, S.; LEE, S. H. Understanding food loss and waste-why are we losing and wasting food? **Foods**, v. 8, n. 8, p. 297, 29 jul. 2019.

JANJARASSKUL, T.; SUPPAKUL, P. Active and intelligent packaging: The indication of quality and safety. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1225278>, v. 58, n. 5, p. 808–831, 24 mar. 2017.

KALPANA, S. et al. Intelligent packaging: Trends and applications in food systems. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 145–157, 1 nov. 2019.

LEE, H. G.; JEONG, S.; YOO, S. R. Development of food packaging materials containing calcium hydroxide and porous medium with carbon dioxide-adsorptive function. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 21, p. 100352, 1 set. 2019.

MARKETS BUSINESS INSIDER. **COVID-19 Impact on Packaging Market by Material Type, Application And Region - Global Forecast to 2021**. Disponível em: <<https://markets.businessinsider.com/news/stocks/covid-19-impact-on-packaging-market-by-material-type-application-and-region-global-forecast-to-2021-1029187123>>. Acesso em: 5 jun. 2022.

MONÇÃO, É. DA C. et al. Active packaging for lipid foods and development challenges for marketing. **Food Bioscience**, v. 45, 1 fev. 2022.

PATEIRO, M. et al. Antioxidant active packaging systems to extend the shelf life of sliced cooked ham. **Current Research in Food Science**, v. 1, p. 24–30, 1 nov. 2019.

RODRIGUES ARRUDA, T. et al. Natural bioactives in perspective: The future of active packaging based on essential oils and plant extracts themselves and those complexed by cyclodextrins. **Food Research International**, v. 156, 2022.

SANCHES-SILVA, A. et al. Trends in the use of natural antioxidants in active food packaging: a review. <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.879215>, v. 31, n. 3, p. 374–395, 2014.

SANI, M. A. et al. **Recent advances in the development of smart and active biodegradable packaging materials**. **Nanomaterials**, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1114042>>. Acesso em: 4 jun. 2022

SOFI, S. A. et al. A Comprehensive Review on Antimicrobial Packaging and its Use in Food Packaging. **Current Nutrition & Food Science**, v. 14, n. 4, p. 305–312, 23 fev. 2018.

VILELA, C. et al. A concise guide to active agents for active food packaging. **Trends in Food Science and Technology**, v. 80, p. 212–222, 1 out. 2018.

WEI, H. et al. Ethylene scavengers for the preservation of fruits and vegetables: A review. **Food Chemistry**, v. 337, p. 127750, 1 fev. 2021.

WESTLAKE, J. R. et al. Biodegradable Active Packaging with Controlled Release: Principles, Progress, and Prospects. **ACS Food Science & Technology**, v. 1, 2022.

WIKSTRÖM, F. et al. The Importance of Packaging Functions for Food Waste of Different Products in Households. **Sustainability 2019, Vol. 11, Page 2641**, v. 11, n. 9, p. 2641, 8 maio 2019.

WYRWA, J.; BARSKA, A. Innovations in the food packaging market: active packaging. **European Food Research and Technology**, v. 243, n. 10, p. 1681–1692, 1 out. 2017.

YAN, M. R.; HSIEH, S.; RICACHO, N. Innovative Food Packaging, Food Quality and Safety, and Consumer Perspectives. **Processes**, v. 10, n. 4, p. 747, 12 abr. 2022.

YILDIRIM, S. et al. Active Packaging Applications for Food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, n. 1, p. 165–199, 1 jan. 2018.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: LECTINAS – ASPECTOS GERAIS E SEUS BENEFÍCIOS À AGROINDÚSTRIA

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: LECTINAS - ASPECTOS GENERALES Y SUS BENEFICIOS PARA LA AGROINDUSTRIA

## LITERATURE REVIEW: LECTINS - GENERAL ASPECTS AND THEIR BENEFITS TO AGRIBUSINESS

Maria Clara do Nascimento<sup>1</sup>; Juanize Matias da Silva Batista<sup>2</sup>; Thiago Pajeú Nascimento<sup>3</sup>; Romero Marcos Pedrosa Brandão Costa<sup>4</sup>; Ana Lúcia Figueiredo Porto<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.165-182>

### RESUMO

Proteínas capazes de se ligar a carboidratos são denominadas "lectinas". São glicoproteínas que interagem com diversos tipos de carboidratos, processo caracterizado por duas particularidades: a lectina não altera a estrutura do açúcar e essa ligação pode ser revertida. O amplo grupo possui classificações que variam de acordo com sua fonte de extração, por qual carboidrato é específica e por sua estrutura. A descoberta das lectinas ocorreu devido a observação da capacidade que determinadas proteínas apresentavam de aglutinar eritrócitos, a primeira lectina foi nomeada como "ricina" e desde então muitas outras foram descobertas e estudadas, apresentando até hoje um grande potencial biotecnológico. Por isso, o intuito deste trabalho é revisar as principais características das lectinas e suas possíveis aplicações, principalmente no agronegócio já que evidências comprovam grandes benefícios de sua utilização na área. Esta revisão bibliográfica foi desenvolvida a partir de buscas em sites científicos que levaram a seleção de artigos que mais estivessem condizentes com o tema. Logo foi observado que, lectinas podem ser encontradas e extraídas de animais, microrganismos e plantas e que uma das suas primeiras aplicações, graças a sua capacidade de aglutinar eritrócitos, foi na organização de informações sobre o Sistema ABO. Sua aplicação não ficou delimitada só nesse eixo, por todas as suas características já citadas, sua facilidade de obtenção e por não ter uma única função definida as lectinas logo tiveram seu uso aplicado em outros setores, como nas atividades de agricultura e pecuária. Um exemplo de aplicação na agricultura é o controle e extermínio de pragas agrícolas. Naturalmente presente nos vegetais, as lectinas funcionam como agentes da imunidade e como barreira bioquímica contra predadores, um sucesso de pesquisa foi a descoberta da capacidade da lectina extraída de *Moringa oleifera* de serem usadas contra o gorgulho-do-milho, a WSMoL demonstrou competência em causar desordens no sistema digestório do inseto levando a morte. Já na pecuária, exemplos de aplicações foram constatados a partir da eficácia de lectinas contra microrganismos, levando seu uso ao combate de doenças como a mastite e infecções causadas por *E. coli*. Seus atributos também levaram as lectinas a serem utilizadas como biomarcadores de espermatozoides bovinos, o que se torna uma peça triunfal numa inseminação artificial. Sem embargo, é irrefutável que as particularidades das lectinas as tornam proteínas ouro de ampla aplicação, podendo ser utilizada como defensivo agrícola, antibióticos e no melhoramento genético de atuais/futuras gerações, demonstrando então ser extremamente poderosa no agronegócio.

**Palavras-Chave:** Glicoproteínas, biotecnologia, agronegócio.

### RESUMEN

Las proteínas capaces de unirse a los carbohidratos se denominan "lectinas". Se trata de glicoproteínas que interaccionan con distintos tipos de hidratos de carbono, proceso caracterizado por dos

<sup>1</sup> Mestranda em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, [mclaranaascimento@gmail.com](mailto:mclaranaascimento@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutora em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, [juanizematias@yahoo.com.br](mailto:juanizematias@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Doutor em Biología Aplicada À Saúde, Universidade Federal do Piauí, [thiago\\_pajeu@hotmail.com](mailto:thiago_pajeu@hotmail.com)

<sup>4</sup> Doutor em Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco, [romero.brandao@upe.br](mailto:romero.brandao@upe.br)

<sup>5</sup> Professora Titular, Universidade Federal Rural de Pernambuco, [analuporto@yahoo.com.br](mailto:analuporto@yahoo.com.br)

particularidades: la lectina no modifica la estructura del azúcar y este enlace puede revertirse. El amplio grupo tiene clasificaciones que varían según su fuente de extracción, para qué carbohidrato es específico y por su estructura. El descubrimiento de las lectinas se dio debido a la observación de la capacidad que tenían ciertas proteínas para aglutinar los eritrocitos, la primera lectina se denominó “ricina” y desde entonces se han descubierto y estudiado muchas otras, mostrando un gran potencial biotecnológico hasta el día de hoy. Por lo tanto, el propósito de este trabajo es revisar las principales características de las lectinas y sus posibles aplicaciones, especialmente en la agroindustria, ya que la evidencia muestra grandes beneficios de su uso en el área. Esta revisión bibliográfica se desarrolló a partir de búsquedas en sitios web científicos que llevaron a la selección de los artículos más acordes con el tema. Pronto se observó que las lectinas se pueden encontrar y extraer de animales, microorganismos y plantas y que una de sus primeras aplicaciones, gracias a su capacidad de aglutinar eritrocitos, fue en la organización de la información sobre el Sistema ABO. Su aplicación no se limitó únicamente a este eje, por todas sus características ya mencionadas, su facilidad de obtención y por no tener una única función definida, las lectinas pronto tuvieron su uso aplicado en otros sectores, como en actividades agrícolas y ganaderas. Un ejemplo de aplicación en agricultura es el control y exterminio de plagas agrícolas. Presentes naturalmente en las plantas, las lectinas funcionan como agentes de inmunidad y como barrera bioquímica contra los depredadores, un éxito de investigación fue el descubrimiento de la capacidad de la lectina extraída de *Moringa oleifera* para ser utilizada contra el picudo del maíz, WSMoL demostró competencia en causar trastornos en el insecto sistema digestivo que lleva a la muerte. En ganadería se han encontrado ejemplos de aplicaciones a partir de la eficacia de las lectinas frente a microorganismos, dando lugar a su uso en la lucha contra enfermedades como la mastitis y las infecciones provocadas por *E. coli*. Sus atributos también han llevado a que las lectinas se utilicen como biomarcadores del esperma bovino, que se convierte en pieza triunfal en la inseminación artificial. Sin embargo, es innegable que las particularidades de las lectinas las convierten en proteínas de oro de amplia aplicación, pudiendo ser utilizadas como plaguicidas, antibióticos y en el mejoramiento genético de las generaciones actuales/futuras, demostrando así ser sumamente poderosas en la agroindustria.

**Palabras Clave:** Glicoproteínas, biotecnología, agroindustria.

## ABSTRACT

Proteins capable of binding carbohydrates are called “lectins”. These are glycoproteins that interact with different types of carbohydrates, a process characterized by two particularities: the lectin does not change the structure of the sugar and this bond can be reversed. The broad group has classifications that vary according to its source of extraction, which carbohydrate it is specific for, and by its structure. The discovery of lectins occurred due to the observation of the ability of certain proteins to agglutinate erythrocytes, the first lectin was named as “ricin” and since then many others have been discovered and studied, presenting to this day a great biotechnological potential. Therefore, the purpose of this work is to review the main characteristics of lectins and their possible applications, especially in agribusiness, as evidence shows great benefits of their use in the area. This bibliographic review was developed from searches on scientific websites that led to the selection of articles that were most consistent with the theme. It was soon observed that lectins can be found and extracted from animals, microorganisms and plants and that one of their first applications, thanks to their ability to agglutinate erythrocytes, was in the organization of information about the ABO System. Its application was not limited to this axis alone, for all its characteristics already mentioned, its ease of obtaining and for not having a single defined function, lectins soon had their use applied in other sectors, such as in agriculture and livestock activities. An example of application in agriculture is the control and extermination of agricultural pests. Naturally present in plants, lectins function as immunity agents and as a biochemical barrier against predators, a research success was the discovery of the ability of lectin extracted from *Moringa oleifera* to be used against the corn weevil, WSMoL demonstrated competence in cause disorders in the insect's digestive system leading to death. In livestock, examples of applications were found from the effectiveness of lectins against microorganisms, leading to their use in the fight against diseases such as mastitis and infections caused by *E. coli*. Its attributes have also led lectins to be used as biomarkers of bovine sperm, which becomes a triumphant piece in artificial insemination. However, it is undeniable that the particularities of lectins make them gold proteins of wide application, being able to be used as a pesticide, antibiotics and in the genetic improvement of current/future generations, thus proving to be extremely powerful in agribusiness.

**Keywords:** Glycoproteins, biotechnology, agribusiness.

## INTRODUÇÃO

As técnicas de agricultura e agropecuária são utilizadas pela humanidade a séculos para o sustento familiar, geração de empregos e renda e o mais importante a viabilização direta e indireta de alimentos. No Brasil, país de imensa biodiversidade de animais e plantas, os setores agrícolas e a criação de animais são os de maiores peso na economia. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2022) o produto interno bruto do agronegócio do Brasil cresceu cerca de 8% em 2021, entre os anos de 2020-2021 o lucro da agricultura cresceu em 15%, já a agropecuária teve uma queda 8% principalmente devido à alta dos insumos que são utilizados na prática. Agricultores e criadores de animais sempre estão em busca de soluções para possíveis problemas que podem acometer as plantações ou os animais como doenças e as infestações por pragas, assim como também buscam o melhoramento dos indivíduos através de processos genéticos que consequentemente levam a indivíduos melhores, mais saudáveis e que proporcionem os melhores produtos. A biotecnologia é o campo da ciência que mais pode proporcionar as soluções desejadas, o avanço no estudo de biomoléculas por exemplo é algo que vem acrescentando muitas vantagens no setor da agroindústria (ZIMDAHL, 2022).

Lectinas é um grupo de proteínas que são capazes de se ligarem a carboidratos de maneira seletiva e reversível a vários tipos de carboidratos. Essas glicoproteínas podem ser classificadas de acordo com sua estrutura, origem, carboidrato específico e pelo local onde são localizadas dentro de uma célula. Quanto as fontes, plantas, animais e microrganismos são dotados de lectinas, porém a fonte vegetal é a mais abundante quanto se trata de quantidade de produção e quanto ao número de pesquisas científicas envolvendo lectinas vegetais. Não existe uma única função até hoje atribuída as lectinas, a sua especificidade pelos carboidratos faz com que ela atue nos diversos sistemas presentes em um organismo. Nas plantas podem agir como repelente de possíveis predadores, nos animais e nos humanos podem contribuem no sistema complemento (defesa contra patógenos) e quanto aos microrganismos as lectinas podem ser a principal chave para uma adesão celular. Por ser uma biomolécula de múltiplas funções, as lectinas começaram a ser amplamente utilizadas na biotecnologia voltada para a saúde, alimentação e sustentabilidade. Lectinas já foram relatadas como adjuvantes de vacinas, princípio ativo de medicamentos, defensivo agrícola, ferramenta de melhoramento genético e no tratamento de águas e efluentes (KOIKE *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2020; DA SILVA *et al.*, 2021; DE CONINCK & VAN DAMME, 2021; KONOZY *et al.*, 2022).

Na agroindústria, as lectinas são estudadas quanto ao seu potencial na melhoria de raças animais e de seus produtos, no tratamento e prevenção de doenças entre animais e zoonoses, no controle de insetos e microrganismos e também a favor da saúde pública. Por isso, o objetivo desta revisão é destacar as principais características das lectinas e algumas das suas aplicações na agricultura e na pecuária, afim de destacar o potencial biotecnológico e inovador desta biomolécula.

## METODOLOGIA

Para construção desta revisão de literatura foram realizadas buscas nos bancos de dados científicos *Scielo*, *Scienc Direct* e Google Acadêmico utilizando palavras-chave de acordo com a temática abordada, como *lectin*, *agroindustry*, *biotechnology* e *agricultural*, utilizando o conectivo booleano *and*. Foram selecionados os trabalhos que mais demonstraram similaridades com o tema e exclusos aqueles que mesmo fora do contexto apareceram nas buscas.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### *Histórico e aspectos gerais das lectinas*

A primeira evidência da capacidade de extratos de plantas aglutinarem eritrócitos foi a partir de estudos sobre a toxicidade da dicotiledónea *Ricinus communis*, popularmente conhecida como “manona ou ricino”, por Stillmark em 1888. O autor percebeu que a molécula se tratava de uma proteína e a denominou como “ricina”. Um pouco mais tarde, mais uma lectina de fonte vegetal foi descoberta essa por sua vez denominada “abrina”. A proteína foi extraída da leguminosa *Abrus precatorius* (ervilha-do-rosário) e foi definida como uma lectina tóxica, considerada um veneno muito ativo (SOL *et al.*, 2006; DECS 2007). Após alguns anos, ao observar algumas similaridades entre as duas lectinas, Elfstand as reuniu e as definiu como “hemaglutinas”, sendo o termo utilizado para proteínas consideradas tóxicas e capazes de aglutinar eritrócitos (SOUSA, 2010; OLIVEIRA, 2018).

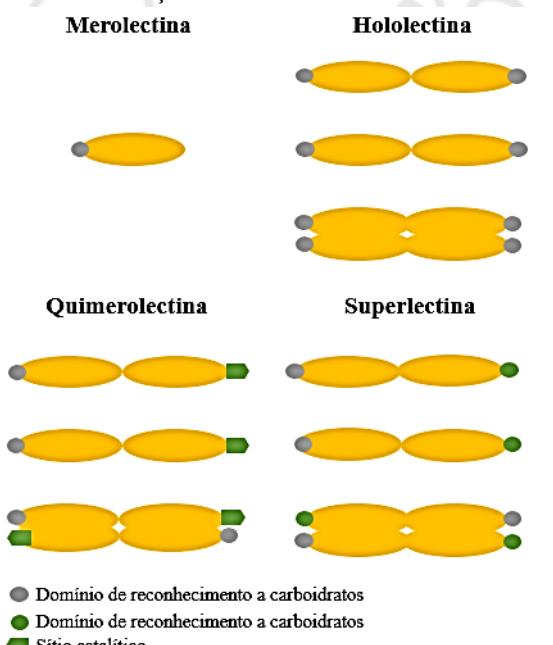
Com o avanço nos estudos das características físico-químicas das lectinas, foi visto que a atividade hemaglutinante de cada extrato era diferente, tanto a glicoproteína especificidades similares e singulares para cada tipo sanguíneo. Já a especificidade por determinados carboidratos foi descoberta a partir dos estudos de Sumner e Howell (1936) que, ao purificar a lectina da *C. ensiformis*, denominada como concavalina A, pode observar sua atividade hemaglutinante inibida na presença do açúcar da cana (*Saccharum sp.*), pressupondo então que a hemaglutinação dos eritrócitos era por consequência da interação da lectina com carboidratos

presentes na superfície dos eritrócitos. Com o aparecimento de novos estudos sobre as especificidades e particularidades dessas proteínas, seu nome foi atualizado de “aglutina” para “lectinas”, sendo esse um termo mais amplo designado para todas as proteínas de origem não imunológica que possuem a capacidade de se ligar de modo específico e reversível a carboidratos, sem que as estruturas dos mesmos fossem alteradas.

### *A classificação das lectinas*

As diferentes especificidades das ligações entre lectinas e carboidratos permitiu que essas proteínas fossem distribuídas em diversos grupos de acordo com suas características variáveis. De acordo com a quantidade de sítios de ligação, as lectinas foram classificadas em: merolectinas, hololectinas, quimolectina e superlectina (Figura 01). As merolectinas apresentam apenas um domínio de reconhecimento a carboidratos (CRB), tem cadeia única e incapaz de realizar aglutinação de células e de precipitar glicoconjugados. Hololectinas possuem dois ou mais domínios de ligação a carboidratos, neste grupo estão a maioria das lectinas já estudadas. Além de apresentar um CRB, as quimolectinas possuem um outro sítio de ligação com atividade catalítica ou biológica que reage independente do CRB. Superlectinas são aquelas que possuem dois ou mais domínios diferentes de ligação a carboidratos multivalentes (OLIVEIRA, 2017; FAVERO, 2019).

**Figura 01** – Classificação das lectinas de acordo com sua estrutura.



**Fonte:** Adaptado de Oliveira, 2017.

Lectinas também podem ser classificadas de acordo com o carboidrato a qual tem maior afinidade, sendo divididas como lectinas específicas por: fucose, glicose/manose (Man), ácido

N-acetilneuramínico, galactose/N-acetilgalactosamina (Gal/GalNAc), Nacetilglicosamina (GlcNAc) e outros. Podem ser determinadas de acordo com sua família/fonte, como por exemplo os grupos: lectinas relacionadas a jacalina, lectinas tipo C, lectinas de leguminosas, lectinas ligantes à ramnose e lectinas ligantes a quitina. Além das suas possíveis classificações citadas, há a classificação de lectinas envolvendo a sua localização dentro da célula, como lectinas ligadas às membranas, lectinas do aparelho de Golgi, lectinas extra/intracelulares ou lectinas do retículo endoplasmático (OLIVEIRA, 2017; GAUTAM *et al.*, 2019; CHETTRI *et al.*, 2021; OLIVEIRA *et al.*, 2021; ZISCHLER *et al.*, 2022).

### *Fontes de Lectinas*

As plantas são capazes de produzirem e acumularem uma grande quantidade de lectinas, e por isso são consideradas a maior fonte de lectinas. A proteína pode ser encontrada em toda a extensão da planta, sendo documentadas nas sementes, frutos, raízes, folhas e flores (DA SILVA *et al.*, 2019a; RAMOS *et al.*, 2020; NAITHANI *et al.*, 2021; PATRIOTA *et al.*, 2022). Estudos também demonstraram que a maioria das lectinas já conhecidas pertencem ao grupo das Fabaceae principalmente em suas sementes onde chegam atingir 10% do total de proteínas, e regulamente são encontradas lectinas nas famílias Cactaceae, Labiateae, Moraceae, etc. Até hoje as lectinas vegetais seguem sendo líderes em estudos publicados quanto a extração, purificação e aplicação de lectinas (WINK, 2013; VALENTIN, 2017; GAUTAM *et al.*, 2019).

Apesar das lectinas vegetais terem sido as primeiras a serem estudadas devido a sua capacidade de aglutinar células, a primeira fonte de lectinas descoberta foram os animais. Lectinas animais são conhecidas por possuírem uma alta diversificação de aminoácidos em sua cadeia, apresentam inúmeras funções e possuem sua própria classificação que inclui as lectinas: tipo C, tipo P e tipo I. (LOH *et al.*, 2017). Já foram identificadas lectinas em artrópodes, insetos, peixes, répteis e outros (JAYANTHI *et al.*, 2017; LU *et al.*, 2020; QIAO *et al.*, 2022).

Algumas proteínas de algas foram reconhecidas como lectinas, essas se caracterizaram por sua particularidade de reconhecimento, sendo apenas específicas para glicoproteínas. Essas foram classificadas em lectinas específicas para os três tipos de N-glicano (complexo, rico em manose e híbrido). São ricas em aminoácidos e muito utilizadas em pesquisas de promoção a saúde (MISHRA *et al.*, 2019).

Lectinas foram evidenciadas não só em animais ou plantas, mas também em microrganismos. Geralmente a fonte microbiana é a mais cobiçada em termos de produção de bioativos por apresentar grandes quantidades em pouco tempo e por ter um baixo custo, porém quando se trata de lectinas, as de origem microbiana não lideram os trabalhos já publicados.

Muitas investigações científicas já proporcionaram a descoberta de várias lectinas bacterianas, fúngicas, viral e produzidas por protozoários com grandes potenciais biotecnológicos a serem aplicados em vários setores industriais (GALLEGOS *et al.*, 2014; KOTECHA & PODUVAL, 2019; EL-MARADNY *et al.*, 2021). Lectinas de algas, plantas, microrganismos e animais podem ser observadas na Tabela 01.

**Tabela 01:** Fontes variadas de lectinas.

Lectina	Especificidade	Fonte	Espécie	Referência
FRIL	Glicose/manose	Planta (sementes)	<i>Lablab purpureus</i>	LIU, Y <i>et al.</i> , 2020
NTL-125	Manose	Planta (bulbo)	<i>Narcissus tazetta</i>	SAKAR <i>et al.</i> , 2022
MAL	Manose	Planta (pseudocaule)	<i>Musa acuminata</i>	SRINIVAS, SHIVAMADHU, e JAYARAMA, 2021
MvRL	Glicose	Planta (rizoma)	<i>Microgramma vaccinifolia</i>	SILVA <i>et al.</i> , 2021
GCL	Manose	Alga (inteira)	<i>Grateloupia chiangii</i>	HWANG <i>et al.</i> , 2020
Lectina Siglec-7, -8 e -9	Ácido siálico	Bactéria	<i>Escherichia coli</i>	PRÖPSTER <i>et al.</i> , 2015
SHA	l - ramnose- e d - galactose	Bactéria	<i>Streptomyces sp.</i>	FUJITA-YAMAGUCHI <i>et al.</i> , 2018
HBPLc	Fucose-manose	Protozoário	<i>Leishmania chagasi</i>	MARTINS <i>et al.</i> , 2015
Gal/galnac	Galactose	Protozoário	<i>Entamoeba histolytica</i>	SÁNCHEZ <i>et al.</i> , 2016
AofleA	Fucose	Fungo	<i>Arthrobotrys oligospora</i>	LIU, M <i>et al.</i> , 2020
PSL	Neu5Aca2-6Gal $\beta$	Fungo	<i>Polyporus squamosus</i>	KADIRVELRAJ <i>et al.</i> , 2011
RBL	Ramnose e galactose	Inseto	<i>Rhodnius prolixus</i>	ARAÚJO <i>et al.</i> , 2021
BJcuL	Galactose	Serpente	<i>Bothrops jararacussu</i>	ZISCHLER <i>et al.</i> , 2022
zFEL	-	Peixe	<i>Danio rerio</i>	QIAO <i>et al.</i> , 2022
Aalb_CTL1	Manose	Mosquito	<i>Aedes albopictus</i>	CHENG <i>et al.</i> , 2014

**Fonte:** Própria (2022).

### Funções das Lectinas

Para as lectinas nunca foi empregada uma única definição da sua função. As particularidades de cada tipo de lectinas fizeram com que inúmeras funções fossem descobertas em cada organismo ou interação a determinado carboidrato. Assim enfatizando a amplitude da finalidade desse grande grupo de proteínas (MISHRA *et al.*, 2019).

No Reino Plantae as lectinas estão envolvidas na maioria dos eventos biológicos e fisiológicos, estando presentes desde a germinação até a defesa contra potenciais predadores, e em respostas a estímulos simbióticos, bióticos ou abióticos. Nas plantas as lectinas: participam da mitose para a formação de células e dos protoplastos, assim como também estão envolvidas na morfogênese; reconhecem receptores de membras; auxiliam nos processos de crescimento e de espessamento da parede celular; são uma das moléculas encarregadas de transportar, armazenar e fixar carboidratos; desempenham algumas atividades enzimas e como proteínas de reserva; agem na proteção celular e na fagocitose contra predadores e patógenos; e medeiam a relação de simbiose entre as raízes e bactérias (POVINELI & FINARDI, 2002; MISHRA *et al.*, 2019).

Lectinas presentes em animais têm suas funções intimamente ligadas as suas estruturas primárias. Apesar de não serem de origem imunológica, uma das principais funções nos animais é o reconhecimento de agentes patogênicos. Alguns receptores de manose presentes na superfície da membrana de macrófagos são capazes de interagir com a manose de glicanos expressos por algum patógeno, isso facilita a detecção desses agentes pelos macrófagos que por sua vez irão agir na destruição desse inimigo. Além de agir reconhecimento, adesão e na sinalização de células, lectinas já foram observadas capazes de agir na morfogênese de células animais e na migração celular (LOH *et al.*, 2017; MARTÍNEZ-ALARCÓN *et al.*, 2018; XIA *et al.*, 2018).

Como citado anteriormente, as lectinas possuem um papel importante na adesão celular, e isso se estende aos microrganismos. Bactérias e vírus, por exemplo, podem expressar em sua superfície de membrana lectinas como proteínas estruturais que irão agir na adesão a células do hospedeiro, facilitando a sua invasão. As lectinas de fungos possuem uma grande afinidade por resíduos de N-acetil galactosamina e mucinas, e além de interagirem com os glicoconjungados do hospedeiro, estão envolvidas no desenvolvimento do próprio fungo (MISHRA *et al.*, 2019; JÉGOUZO *et al.*, 2020).

As diversas atividades biológicas que as lectinas são capazes de realizar, fizeram com que o campo da imunologia não fosse o único de aplicação dessas glicoproteínas. Sendo elas extensamente utilizadas em vários outros ramos da medicina, incluindo a medicina veterinária, e também em muitos setores industriais como a agroindústria (CHETTRI *et al.*, 2021).

### *Lectinas como estratégia defensiva de plantas*

Diversas espécies de invertebrados possuem a herbivoria como principal ou único hábito alimentar, o que os levam a consumirem os mais diversos tipos de plantas existentes. Alguns desses indivíduos se reproduzem em grande quantidade e podem se tornar um perigo às plantações, já que o descontrole da população levará a um maior consumo dos vegetais. Esse é um dos maiores problemas enfrentados na agricultura, as pragas agrícolas (como são conhecidos esses animais) causam prejuízos a plantação como a redução da produção e a má qualidade dos produtos, fazendo com que ocorra uma queda no lucro das vendas desses produtos. Para se proteger das pragas as plantas desenvolveram diversos atributos físicos e/ou bioquímicos que lhe permitem responder ao ataque ou até mesmo a capacidade de evitá-lo por afastar o inseto de suas estruturas (MIRANDA, 2018; BARROS *et al.*, 2019).

As lectinas são uma das proteínas produzidas por plantas que agem como barreira bioquímica contra patógenos, fazendo com que insetos os microrganismos parem de danificar seu organismo. A extração de lectinas para uso como inseticidas vem crescendo cada vez mais, já que a tendência é abandonar o uso de compostos tóxicos ao ambiente e a saúde humana e consolidar o uso de defensivos agrícolas de composição mais natural possível. Os efeitos das lectinas como inseticidas já estudados se concentram na ação da proteína no sistema digestório dos indivíduos, revelando que a interação da lectina com carboidratos presentes nesse sistema pode causar danos como a desregulação na ação de enzimas digestivas e o processo de intoxicação (SANTOS, 2018). O extrato da semente de *Moringa oleifera* é rico em lectinas, denominadas WSMoL, essas foram exploradas quanto a seu potencial inseticida contra o *Sitophilus zeamais* popularmente conhecido como “gorgulho-do-milho”, inseto que traz prejuízos ao ramo da alimentação e agricultura por se alimentar de alimentos industrializados e cereais. A WSMoL foi capaz de afetar o funcionamento intestinal desse inseto por estimular atividade tipo tripsina, levando o morte indivíduo a morte (OLIVEIRA *et al.*, 2020). A ação de lectinas no intestino de insetos também foi detectada por LAGARDA-DIAZ *et al.* (2016), os autores evidenciaram que a lectina PF2 extraída da Fabaceae *Olneya tesota* possui atividades larvicidas sobre a espécie *Zabrotes subfasciatus* (caruncho-do-feijoeiro), que levou consideravelmente a morte esse besouro predador de leguminosas de grande consideração econômica negativa.

### *Lectinas nas atividades pecuárias e no bem estar animal*

A inseminação artificial é um processo que permite o melhoramento genético de linhagens futuras antes da concepção ou até mesmo permite que ocorra a gravidez de fêmeas que possuem dificuldade para concretizar a gestação. O desejo por raças puras e animais que proporcionem o melhor produto faz com que a técnica cresça entre o setor pecuário, levando os criadores de bovinos, suínos e ovinos, por exemplo, a adquirirem cada vez mais a inseminação artificial. Entretanto, a técnica enfrenta alguns problemas como os fatores anatômicos e fisiológicos dos animais e a viabilidade do espermatozoide, fazendo aumentar o número de buscas por soluções para esses e outros limites da inseminação artificial (SILVA, 2016). Como visto, as lectinas não possuem apenas uma função e sua capacidade de se associar a vários tipos de carboidratos permitem seu uso para diversos fins, entre eles o uso de lectinas na inseminação artificial. Essas glicoproteínas são vistas como ótimos biomarcadores molecular de espermatozoides de humanos e animais, as lectinas galectina-1, 7, 8, GalNAc-T6 e ERGIC-53 são uns dos tipos de um *microarray* lectinas humanas que foram capazes a se ligar a membrana de espermatozoides humanos trazendo benefícios como o aumento da reação acrossônica, processo onde são liberadas enzimas que permitem a entrada dos espermatozoides no óvulo (SUN *et al.*, 2016). Lectinas específicas de GalNAc foram observadas por Dutta *et al.* (2019) e demonstraram ser capazes a se ligarem a triglicerídeos presentes na membrana de espermatozoides de bovinos e suínos, a interação permitiu que a vida útil do esperma fosse prolongada e que sua viabilidade fosse aumentada em até 60%. O processo de congelação do sêmen pode causar danos ao esperma como a redução na motilidade, viabilidade, DNA e acrossomo dos espermatozoides principalmente no uso após o descongelamento. O revestimento de espermas de burro com nanopartículas magnéticas compostas por lectina PNA (lectina do amendoim) levou a um decréscimo de danos causados pelo crio congelamento, dando ao esperma mais motilidade, maior integridade da membrana e menos prejuízos ao acrossomo (YOUSEF *et al.*, 2020).

A mastite bovina é uma inflamação causada que levam a alterações patológicas do tecido mamário. A doença não tem uma única causa, podendo ocorrer a partir de um trauma na região, por disfunções fisiológicas ou metabólicas ou por uma infecção causada por microrganismos. Quando de origem infecciosa, geralmente, a mastite é causada por bactérias dos gêneros *Staphylococcus* *sp.* e *Streptococcus* *sp.* e são contagiosas, aumento assim o risco de ter um grande número de indivíduos contaminados. Um rebanho com mastite trás diversos problemas na produção e comercialização do leite e seus derivados, o leite de um animal com mastite está sujeito a alterações químicas e físicas, podendo ser alterados sabor, textura e cor do produto. Consequentemente isso leva a uma queda na produção de leite e derivados e no

lucro obtidos por sua comercialização. Tirando uma das maiores vantagens da bovinocultura (BHATTARAI *et al.*, 2018; MASSOTE *et al.*, 2019). O interesse na saúde do rebanho e também na economia, levam inúmeros pesquisadores a estudarem intervenções de prevenção e novos medicamentos para serem utilizados no tratamento da mastite. Novas buscas levaram ao uso de lectinas contra a infecção bacteriana causadora da doença. Lectinas foram estudadas em ensaios de combinação gênica contra o desenvolvimento de mastite. Uma dessas pesquisas envolve a interação da lectina ligadora de manose (*mannose-binding lectin* – MBL) com uma serina protease I (MASP-1), objetivando tornar bovinos naturalmente mais resistentes a infecções que levam à mastite (DOBÓ *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2019). Um dos processos fisiológicos de respostas a infecções é o sistema complemento, que está incluso nas imunidades inata e adaptativa e proporciona uma série de respostas inflamatórias para o combate a infecção. A MBL é um dos principais componentes desse sistema, na via das lectinas (imunidade adaptativa) essa lectina age reconhecendo a manose presente na superfície de bactérias (SEKINE *et al.*, 2013; SAHU *et al.*, 2021). No processo ocorre a ligação da MBL a serino proteases associadas à MBL (MASP), formando o complexo MBL-MASP que levará a última fase do sistema complemento onde o complexo C5bC6C7 será formado e por sua vez junto a proteína C8 causará danos à membrana da bactéria, levando a lise celular (DEGASPERI *et al.*, 2019; FERREIRA & CORTES, 2022). Isso torna o papel das lectinas na imunidade ainda mais importante, tornando como opção de combate a mastite recombinações gênicas que aumentem a produção de lectina ligadora de manose e consequentemente a atuação do sistema complemento contra patógenos, levando a um rebanho mais resistente ao desenvolvimento da mastite ou outras infecções bacterianas (ZHANG *et al.*, 2019).

*Escherichia coli* é uma bactéria Gram-negativa comum a microbiota intestinal de humanos e alguns animais. Algumas cepas da *E. coli* são capazes de causar infecções por todo o organismo, principalmente no trato digestório, causando doenças como gastroenterite que trazem sintomas leves, moderados ou graves (DENAMUR *et al.*, 2021). Os animais bovinos são considerados grandes reservatórios da *E. Coli*, a contaminação da carne dos bovinos ocorre principalmente quando são submetidas a processos industriais, como por exemplo a técnica de moagem, a embalagem, transporte e armazenamento, onde o produto será inúmeras vezes manipulados e expostos a equipamentos que podem estar contaminados (DA SILVA *et al.*, 2014). Inúmeras linhagens patogênicas já foram relatadas em boi e vacas, como a *E. coli* do sorotípico O157:H7, causando surtos gastrointestinais nesses animais e a contaminação de seus produtos, principalmente a carne bovina, gerando prejuízos na saúde do rebanho e população que consome a carne, e perdas econômicas nas atividades pecuárias. Lectinas já foram

observadas no organismo de animais bovinos demonstrando potencial combate a *Escherichia coli* O157:H7, as interlectinas bovinas são capazes de reconhecer resíduos de galactofuranose em bactérias e funcionam como receptores da glicoproteína antimicrobiana lactoferrina que interagem com o patógeno e aciona os processos da imunidade inata para cessar a ação da bactéria (BLEASE *et al.*, 2009). Porém essas propriedades não tornam o rebanho resistente a contaminação por *E. coli*, sendo necessária o desenvolvimento de técnicas ou produtos biotecnológicos que ajam contra essa ou outras bactérias que possam contaminar o rebanho e seus produtos, como as práticas gênicas que levam ao aumento na produção de lectinas pelo próprio organismo ou o uso de substâncias antibacterianas de origem biológica como já foi relatado o sucesso no uso de uma lectina vegetal isolada da romã (*Punica granatum*), a PgTe, contra isolados de *Escherichia coli* (DA SILVA *et al.*, 2019b).

Outra enfermidade que acomete os bovinos e outros mamíferos como búfalos e os humanos é a tuberculose. A tuberculose bovina é uma infecção bacteriana causada por *Mycobacterium bovis*, bacilos da família Mycobacteriaceae muito conhecida por englobar outras bactérias atenuantes na saúde pública. Por ser uma doença infectocontagiosa possuem uma transmissão rápida e fácil entre os indivíduos, sendo as vias aéreas as principais porta de entradas da *M. bovis*. Ao se instalarem nos pulmões (principal local de infestação) a *M. bovis* causa a morte de células e tecidos do local caracterizando-os como nódulos da tuberculose causando sintomas respiratórios, neurológicos, fraqueza, perda de peso e outros. A transmissão da doença pode ocorrer antes mesmo do aparecimento dos sintomas, ou seja, antes que ocorra as lesões teciduais. A tuberculose bovina é uma zoonose, doença que pode ser transmitida de animais para os humanos, neste caso dos bovinos para o homem. A transmissão pode ocorrer de modo direto, por aerossóis, ou de modo indireto, através do consumo de leite contaminados. Colectinas são lectinas capazes de reconhecer padrões moleculares associados aos patógenos, as colectinas CL-43 e CL-46 foram capazes de interagir com *Mycobacterium bovis* através da manose presente em sua membrana externa, que junto com a ligação ao dimicolato de trealose serve não só para sinalizar a presença da bactéria no organismo, mas também permite a sua imobilização e sinalização para as células de defesa. Uma lectina ligadora de manose (MBL) e ficolinas também são lectinas que foram estudadas acerca da interação com cepas de *Mycobacterium sp.* e incentivam a via lectina do sistema complemento fazendo com que o sistema adaptativo imunológico seja enriquecido contra a ação de *M. bovis* ou outra linhagem da mesma família (BARTLOMIEJCZYK *et al.*, 2013; JÉGOUZO *et al.*, 2020).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Contudo, é significante que as propriedades das lectinas as fazem ser proteínas de ampla aplicação em diversos eixos e setores industriais. Seu emprego na agricultura e na pecuária é notório e muito benéfico já que consegue solucionar alguns dos principais problemas que atingem a criação de vegetais e animais com fins lucrativos ou não. Também é evidente o *upgrade* que lectinas podem proporcionar no agronegócio a partir do melhoramento genético e dos produtos gerados. Sendo assim, é indispensável o desenvolvimento de novas pesquisas quanto o potencial das lectinas já que demonstram tamanho benefícios a agroindústria.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C. A. C. *et al.* A rhamnose-binding lectin from *Rhodnius prolixus* and the impact of its silencing on gut bacterial microbiota and *Trypanosoma cruzi*. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 114, p. 103823, 2021.
- BHATTARAI, D. *et al.* Mechanism of pattern recognition receptors (PRRs) and host pathogen interplay in bovine mastitis. **Microbial pathogenesis**, v. 120, p. 64-70, 2018.
- BARTLOMIEJCZYK, M. A. *et al.* The interaction of complement-activating lectins with *Mycobacterium tuberculosis*. **Molecular Immunology**, v. 3, n. 56, p. 303, 2013.
- BARROS, G. S. C. *et al.* A questão econômica da incidência de pragas e doenças e da escolha dos métodos de controle. In: BARROS *et al.* **Mensuração econômica da incidência de pragas e doenças no Brasil**: uma aplicação para as culturas de soja, milho e algodão. 1. ed. São Paulo: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2019. cap. 1, p. 4-5.
- BLEASE, S. C. *et al.* Bovine intelectins: cDNA sequencing and expression in the bovine intestine. **Research in veterinary science**, v. 86, n. 2, p. 254-256, 2009.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em 15 mai. 2022.
- CHENG, J. *et al.* Cloning and characterization of a mannose binding C-type lectin gene from salivary gland of *Aedes albopictus*. **Parasites & vectors**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2014.
- CHETTRI, D. *et al.* Lectins: Biological significance to biotechnological application. **Carbohydrate Research**, v. 506, p. 108367, 2021.
- DA SILVA, J. D. F. *et al.* *Portulaca elatior* root contains a trehalose-binding lectin with antibacterial and antifungal activities. **International journal of biological macromolecules**, v. 126, p. 291-297, 2019a.
- DA SILVA, D. J. R. *et al.* Contaminação de carne bovina moída por *Escherichia coli* e *Salmonella* sp. **Revista contexto & saúde**, v. 14, n. 26, p. 20-27, 2014.
- DA SILVA, N. L. C. *et al.* Exploring lectin–glycan interactions to combat COVID-19: Lessons acquired from other enveloped viruses. **Glycobiology**, v. 31, n. 4, p. 358-371, 2021.

DA SILVA, P. M. *et al.* *Punica granatum* sarcotesta lectin (PgTeL) has antibacterial activity and synergistic effects with antibiotics against  $\beta$ -lactamase-producing *Escherichia coli*. **International journal of biological macromolecules**, v. 135, p. 931-939, 2019b.

DE CONINCK, T.; VAN DAMME, E. J. M. The multiple roles of plant lectins. **Plant Science**, v. 313, p. 111096, 2021.

DEGASPERI, G. R. *et al.* Revisitando o Sistema Complemento–Revisão de Literatura. **Jornal Interdisciplinar de Biociências**, v. 4, n. 1, p. 30-34, 2019.

DENAMUR, E. *et al.* The population genetics of pathogenic *Escherichia coli*. **Nature Reviews Microbiology**, v. 19, n. 1, p. 37-54, 2021.

Descritores em Ciências da Saúde. **Abrina**. 2007. Disponível em: [https://decs.bvsalud.org/ths/resource/?id=39&filter=ths\\_exact\\_term&q=abrina#Details](https://decs.bvsalud.org/ths/resource/?id=39&filter=ths_exact_term&q=abrina#Details). Acesso em 21 abr. 2022.

DOBÓ, J. *et al.* Multiple roles of complement MASP-1 at the interface of innate immune response and coagulation. **Molecular immunology**, v. 61, n. 2, p. 69-78, 2014.

DUTTA, S. *et al.* Sulfated Lewis A trisaccharide on oviduct membrane glycoproteins binds bovine sperm and lengthens sperm lifespan. **Journal of Biological Chemistry**, v. 294, n. 36, p. 13445-13463, 2019.

EL-MARADNY, Y. A. *et al.* Lectins purified from medicinal and edible mushrooms: Insights into their antiviral activity against pathogenic viruses. **International journal of biological macromolecules**, v. 179, p. 239-258, 2021.

FILHO, P. E. C. **Ivestigação de antígenos eritrocitários do sistema ABO utilizando quantum dots conjugados a anticorpos monoclonais e à lectina *Ulex europaeus***. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

FAVERO, A. **Isolamento, caracterização da lectina d as sementes de *Eugenia pyriformis* e potencial antimicrobiano**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas à Saúde). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão.

FERREIRA, V.; CORTES C. The Complement System. **Encyclopedia of Infection and Immunity**, v. 1, p.144-169, 2022.

FUJITA-YAMAGUCHI, Y. *et al.* Mass spectrometric revival of an l-rhamnose-and d-galactose-specific lectin from a lost strain of *Streptomyces*. **Journal of Biological Chemistry**, v. 293, n. 1, p. 368-378, 2018.

GALLEGOS, B. *et al.* Lectins in human pathogenic fungi. **Revista iberoamericana de micología**, v. 31, n. 1, p. 72-75, 2014.

GAUTAM, A. K. *et al.* Legume lectins: Potential use as a diagnostics and therapeutics against the cancer. **International journal of biological macromolecules**, v. 142, p. 474-483, 2020.

HWANG, H. J. *et al.* Characterization of a novel mannose-binding lectin with antiviral activities from red alga, *Gratelouphia chiangii*. **Biomolecules**, v. 10, n. 2, p. 333, 2020.

GOMES, N. M. *et al.* Ação bactericida de isoaglutininas ABO em diferentes diluições de anticorpos anti-ABO. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, v. 10, n. 2, 2021.

JAYANTHI, S. *et al.* Growth inhibition and antibiofilm potential of Ag nanoparticles coated with lectin, an arthropod immune molecule. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 170, p. 208-216, 2017.

JÉGOUZO, S. AF *et al.* Mammalian lectin arrays for screening host–microbe interactions. **Journal of Biological Chemistry**, v. 295, n. 14, p. 4541-4555, 2020.

KADIRVELRAJ, R. *et al.* Structure and binding analysis of *Polyporus squamosus* lectin in complex with the Neu5Aca2-6Galβ1-4GlcNAc human-type influenza receptor. **Glycobiology**, v. 21, n. 7, p. 973-984, 2011.

KOIKE, M. K.; KOCHI, A. K.; PINTO, D. Y. G. Uso das Sementes de *Moringa Oleifera* no Tratamento da Água. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 114, p. 1038-1039, 2020.

KOTECHA, H.; PODUVAL, P. B. Microbial lectins: roles and applications. In: **Advances in Biological Science Research**. Academic Press, 2019. p. 135-147.

KONOZY, E. H. E.; OSMAN, M. E. M.; DIRAR, A. I. Plant Lectins as Potent Anti-coronaviruses, Anti-inflammatory, Antinociceptive and Antiulcer Agents. **Saudi Journal of Biological Sciences**, p. 103301, 2022.

LAGARDA-DIAZ, I. *et al.* Identification of membrane proteins of the midgut of *Zabrottes subfasciatus* larvae associated with the insecticidal mechanism of PF2 lectin. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 19, n. 3, p. 677-682, 2016.

LIU, M. *et al.* Structural insights into the fungi-nematodes interaction mediated by fucose-specific lectin AofleA from *Arthrobotrys oligospora*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 164, p. 783-793, 2020.

LOH, S. H. *et al.* Animal lectins: potential receptors for ginseng polysaccharides. **Journal of ginseng research**, v. 41, n. 1, p. 1-9, 2017.

LIU, Y. *et al.* A carbohydrate-binding protein from the edible Lablab beans effectively blocks the infections of influenza viruses and SARS-CoV-2. **Cell reports**, v. 32, n. 6, p. 108016, 2020.

LU, Y. *et al.* Comparative genomic analysis of C-type lectin-domain genes in seven holometabolous insect species. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 126, p. 103451, 2020.

MARTÍNEZ-ALARCÓN, D.; BLANCO-LABRA, A.; GARCÍA-GASCA, T. Expression of lectins in heterologous systems. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 2, p. 616, 2018.

MARTINS, T. V. F. *et al.* *Leishmania chagasi* heparin-binding protein: Cell localization and participation in *L. chagasi* infection. **Molecular and biochemical parasitology**, v. 204, n. 1, p. 34-43, 2015.

MASSOTE, V. P. *et al.* Diagnóstico e controle de mastite bovina: uma revisão de literatura. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, v. 1, n. 1, p. 41-54, 2019.

MIRANDA, S. H. G. **A economia da proteção fitossanitária e seus desafios**. 2018. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/a-economia-da-protecao-fitossanitaria-e-seus-desafios.aspx>. Acesso em 19 mai. 2022.

MISHRA, A. *et al.* Structure-function and application of plant lectins in disease biology and immunity. **Food and Chemical Toxicology**, v. 134, p. 110827, 2019.

NAITHANI, S. *et al.* Plant lectins and their many roles: Carbohydrate-binding and beyond. **Journal of Plant Physiology**, v. 266, p. 153531, 2021.

NUNES, T. Sistema ABO. **Ponto Biologia**, 2017. Disponível em: [https://pontobiologia.com.br/sistema-abo-de-grupos-sanguineos/796px-abo\\_sangre\\_tipo-svg/?doing\\_wp\\_cron=1651713056.9151210784912109375000](https://pontobiologia.com.br/sistema-abo-de-grupos-sanguineos/796px-abo_sangre_tipo-svg/?doing_wp_cron=1651713056.9151210784912109375000). Acesso em: 04 mai. 2022.

OLIVEIRA, A. P. S. *et al.* Evaluation of the insecticidal activity of *Moringa oleifera* seed extract and lectin (WSMoL) against *Sitophilus zeamais*. **Journal of stored products research**, v. 87, p. 101615, 2020.

OLIVEIRA, J. F. C. **Lectinas vegetais: de moléculas de defesa de plantas às suas diversas aplicações biotecnológicas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

OLIVERIA, M. V. **Determinação estrutural de uma lectina pró-inflamatória de sementes de *Vatairea guianensis* (Aublet)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia de Recursos Naturais). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA, M. V. *et al.* Purification and characterization of a highly thermostable GlcNAc-binding lectin from *Collaea speciosa* seeds. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 193, p. 1562-1571, 2021.

PATRIOTA, L. L. S. *et al.* Purification, characterization, and immunomodulatory activity of a lectin from the seeds of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.). **Current Research in Biotechnology**, v. 4, p. 203-210, 2022.

POVINELI, K. L.; FINARDI FILHO, F. The multiple functions of plant lectins. **Revista da Sociedade brasileira de Alimentação e Nutrição**, v. 24, p. 135-156, 2002.

PRÖPSTER, J. M. *et al.* Functional Siglec lectin domains from soluble expression in the cytoplasm of *Escherichia coli*. **Protein Expression and Purification**, v. 109, p. 14-22, 2015.

QIAO, H. *et al.* Cross-species opsonic activity of zebrafish fish-egg lectin on mouse macrophages. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 129, p. 104332, 2022.

RAMOS, D. B. M. *et al.* Antinociceptive activity of *Schinus terebinthifolia* leaf lectin (SteLL) in sarcoma 180-bearing mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 259, p. 112952, 2020.

SAHU, S. K. *et al.* Emerging roles of the complement system in host-pathogen interactions. **Trends in microbiology**, 2021.

SILVA, A. C. **Uso da lectina do Quiabo (*Abelmoschus esculentus*) como marcador da célula espermática ovina.** Dissertação (Mestrado em Ciências). 2016. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SÁNCHEZ, V. *et al.* *Entamoeba histolytica*: Overexpression of the gal/galnac lectin, ehcp2 and ehcp5 genes in an in vivo model of amebiasis. **Parasitology international**, v. 65, n. 6, p. 665-667, 2016.

SANTOS, J. A. S. **Revisão bibliográfica da ação inseticida de lectinas. Monografia** (Licenciatura em Química). 2018. Universidade Federal de Alagoas, Macéio.

SARKAR, A. *et al.* A Novel Plant Lectin, NTL-125, Interferes with SARS-CoV-2 Interaction with hACE2. **Virus research**, p. 198768, 2022.

SILVA, G. C. *et al.* Antinociceptive and Anti-Inflammatory Effects of Saline Extract and Lectin-Rich Fraction from *Microgramma vacciniifolia* Rhizome in Mice. **Chemistry & Biodiversity**, v. 18, n. 6, p. e2100125, 2021.

SEKINE, H. *et al.* The role of MASP-1/3 in complement activation. **Complement Therapeutics**, p. 41-53, 2013.

SOL, F. G. *et al.* Lectinas Encargadas de descifrar los códigos relativos a los glúcidos, estas proteínas se caracterizan por su exquisita selectividad, lo que las convierte en valiosas herramientas bioquímicas. **InvestigaciÓn y Ciencia, Espanha**, v. 1, n. 361, p.58-67, out. 2006.

SOUZA, B. L. **Caracterização parcial de uma Pro-Lectina funcional de sementes de *Dioclea grandiflora* Benth expressa em *Escherichia coli*.** 2010. 93f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SRINIVAS, B. K.; SHIVAMADHU, M. C.; JAYARAMA, S. *Musa acuminata* lectin exerts anti-cancer effects on HeLa and EAC cells via activation of caspase and inhibitions of Akt, Erk, and Jnk pathway expression and suppresses the neoangiogenesis in in-vivo models. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 166, p. 1173-1187, 2021.

SUN, Y. *et al.* A human lectin microarray for sperm surface glycosylation analysis. **Molecular & Cellular Proteomics**, v. 15, n. 9, p. 2839-2851, 2016.

VALENTIM, R. S. **Plantas da caatinga como fontes de atividades antioxidante, antibacteriana, inibidora de tripsina e lectínea. Isolamento de lectina de sementes de *Apuleia leiocarpa* (vogel) J.F. Macbride.** 2017. Tese (Doutorado em Bioquímica e Fisiologia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

XIA, X. *et al.* Insect C-type lectins in innate immunity. **Developmental & Comparative Immunology**, v. 83, p. 70-79, 2018.

WINK, M. Evolution of secondary metabolites in legumes (Fabaceae). **South African Journal of Botany**, v. 89, p. 164-175, 2013.

YOUSEF, M. S. *et al.* Nano-depletion of acrosome-damaged donkey sperm by using lectin peanut agglutinin (PNA)-magnetic nanoparticles. **Theriogenology**, v. 151, p. 103-111, 2020.

ZHANG, H. *et al.* Polymorphisms of mannose-binding lectin-associated serine protease 1 (MASP1) and its relationship with milk performance traits and complement activity in Chinese Holstein cattle. **Research in veterinary science**, v. 124, p. 346-351, 2019.

ZIMDAHL, R. L. Agricultural biotechnology - opportunities and strengths. In: ZIMDAHL. **Agriculture's ethical horizon**. 3. ed. Amsterdã: Elsevier, 2022a. cap. 8, p. 165-190.

ZISCHLER, L. *et al.* Evidence that BJcuL, a C-type lectin from *Bothrops jararacussu* venom, influences deubiquitinase activity, resulting in the accumulation of anti-apoptotic proteins in two colorectal cancer cell lines. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2022.

## CARACTERIZAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA REGIÃO DO VALE DO IVINHEMA-MS UTILIZANDO A PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE

## CARACTERIZACIÓN DEL USO Y LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN LA REGIÓN DEL VALE DO IVINHEMA-MS UTILIZANDO LA PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE

## CHARACTERIZATION OF LAND USE AND OCCUPATION IN THE VALE DO IVINHEMA-MS REGION USING THE GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM

Eduarda Alves Brexo<sup>1</sup>; Lucrécia Moura Mattos<sup>2</sup>; Walter Pratis Freire Decleva<sup>3</sup> Wesley Tessaro Andrade<sup>4</sup>; Grazieli Suszek<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.183-196>

### RESUMO

O Google Earth Engine (GEE) é uma plataforma de análise de imagens de satélite com infraestrutura computacional e conjunto de dados de acesso aberto. A plataforma facilita o acesso a recursos de computação de alto desempenho para o processamento de conjuntos de dados geoespaciais muito grandes. Detectar alterações de uso e cobertura do solo podem identificar potenciais eventos ambientais associados à rápida urbanização, conversão florestal e expansão agrícola, essas mudanças são indicadores de alterações que podem causar uma perda de biodiversidade e degradação do ambiente. Diante disso, o objetivo deste artigo é utilizar a plataforma Google Earth Engine para caracterização do uso e ocupação do solo na Região do Vale do Ivinhema-MS. A área analisada compreende a região do Vale do Ivinhema, que possui uma área total de 29.538,41 Km<sup>2</sup>, e é composto por dez municípios do estado de Mato Grosso do Sul: Anaurilândia, Angélica, Bataguassu, Batayporã, Brasilândia, Ivinhema, Nova Andradina, Novo Horizonte do Sul, Santa Rita do Pardo e Taquarussu. Foi utilizada a plataforma GEE e por meio da elaboração do código em linguagem JavaScript foi possível obter as imagens. A coleção de imagens usada foi a Copernicus, disponível do satélite Sentinel, que fornece imagens multiespectrais de alta resolução, possibilitando caracterizar as mudanças ocorridas na cobertura do solo e água. Utilizando o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) disponibilizado pelo satélite utilizado, a imagem fornecida foi gerada a partir da diferença de refletância entre o infravermelho-próximo e o vermelho. Foi possível gerar imagens de boa resolução espacial. A partir da coloração branca no mapa é possível identificar os rios, lagos e lagoas, bem como regiões com maior intensidade de urbanização como cidades e grandes construções, devido à ausência de vegetação nesses pontos. A coloração verde no mapa é atribuída aos pontos com vegetação mais densa. Além da análise espacial, também foi possível realizar análise temporal na região do Vale do Ivinhema, entre 2019 e 2021. A plataforma Google Earth Engine é uma ferramenta eficiente na caracterização do uso e ocupação do solo. Foi possível identificar áreas urbanas, mata nativa, bacias hidrográficas e áreas agrícolas com as imagens obtidas. O uso de NDVI auxilia para melhor identificação da cobertura do solo.

**Palavras-Chave:** Google Earth Engine, Cobertura Vegetal, Ocupação Solo, NDVI

### RESUMEN

Google Earth Engine (GEE) es una plataforma de análisis de imágenes satelitales con infraestructura

<sup>1</sup> Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus Nova Andradina, [dubrexo@gmail.com](mailto:dubrexo@gmail.com)

<sup>2</sup> Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus Nova Andradina, [lucrecia.mattos@estudante.ifms.edu.br](mailto:lucrecia.mattos@estudante.ifms.edu.br)

<sup>3</sup> Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus Nova Andradina, [walter.decleva@estudante.ifms.edu.br](mailto:walter.decleva@estudante.ifms.edu.br)

<sup>4</sup> Prof.º Me. em Ciência da Computação, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus Nova Andradina, [wesley.andrade@ifms.edu.br](mailto:wesley.andrade@ifms.edu.br)

<sup>5</sup> Prof.ª Dr.ª em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus Nova Andradina, [grazieli.suszek@ifms.edu.br](mailto:grazieli.suszek@ifms.edu.br)

computacional y conjunto de datos de acceso abierto. La plataforma facilita el acceso a recursos informáticos de alto rendimiento para procesar conjuntos de datos geoespaciales muy grandes. La detección de cambios en el uso y la cobertura del suelo puede identificar posibles eventos ambientales asociados con la rápida urbanización, la conversión forestal y la expansión agrícola, estos cambios son indicadores de cambios que pueden causar una pérdida de biodiversidad y degradación ambiental. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es utilizar la plataforma Google Earth Engine para caracterizar el uso y la ocupación del suelo en la región de Vale do Ivinhema/MS. El área analizada comprende la región del Vale do Ivinhema, que tiene un área total de 29.538,41 km<sup>2</sup>, y está compuesta por diez municipios del estado de Mato Grosso do Sul: Anaurilândia, Angélica, Bataguassu, Batayporã, Brasilândia, Ivinhema, Nova Andradina, Novo Horizonte do Sul, Santa Rita do Pardo y Taquarussu. Se utilizó la plataforma GEE y mediante la elaboración del código en lenguaje JavaScript fue posible obtener las imágenes. La colección de imágenes utilizada fue Copernicus, disponible desde el satélite Sentinel, que proporciona imágenes multiespectrales de alta resolución, lo que permite caracterizar los cambios en la cobertura del suelo y el agua. Utilizando el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) proporcionado por el satélite utilizado, la imagen proporcionada se generó a partir de la diferencia de reflectancia entre el infrarrojo cercano y el rojo. Fue posible generar imágenes de buena resolución espacial. A partir del color blanco en el mapa, es posible identificar ríos, lagos y lagunas, así como regiones con mayor intensidad de urbanización como ciudades y grandes edificios, debido a la ausencia de vegetación en estos puntos. El color verde en el mapa se atribuye a puntos con una vegetación más densa. Además del análisis espacial, también fue posible realizar un análisis temporal en la región del Vale do Ivinhema, entre 2019 y 2021. La plataforma Google Earth Engine es una herramienta eficiente en la caracterización del uso y ocupación del suelo. Con las imágenes obtenidas fue posible identificar áreas urbanas, bosque nativo, cuencas hidrográficas y áreas agrícolas. El uso de NDVI ayuda a identificar mejor la cobertura del suelo.

**Palabras Clave:** Google Earth Engine, Cobertura vegetal, Ocupación del suelo, NDVI

## ABSTRACT

Google Earth Engine (GEE) is a satellite image analysis platform with computational infrastructure and a set of open access data. The platform facilitates access to high-performance computing resources to process very large geospatial data sets. The detection of changes in use and the coverage of the soil can identify possible environmental events associated with rapid urbanization, forest conversion and agricultural expansion, these changes are indicators of changes that could cause a loss of biodiversity and environmental degradation. Therefore, the objective of this article is to use the Google Earth Engine platform to characterize the use and occupation of the soil in the region of Vale do Ivinhema/MS. The analyzed area comprises the region of the Ivinhema Valley, which has a total area of 29,538,41 km<sup>2</sup>, and is composed of ten municipalities in the state of Mato Grosso do Sul: Anaurilândia, Angélica, Bataguassu, Batayporã, Brasilândia, Ivinhema, Nova Andradina, Novo Horizonte do Sul, Santa Rita do Pardo and Taquarussu. The GHG platform was used and by means of the elaboration of the code in JavaScript language, it was possible to obtain the images. The image collection used was Copernicus, available from the Sentinel satellite, which provides high-resolution multispectral images, allowing the characterization of changes in soil and water coverage. Using the NDVI (Normal Difference Vegetation Index) provided by the satellite used, the image provided was generated from the reflectance difference between the nearby infrared and the red. It was possible to generate images of good spatial resolution. From the white color on the map, it is possible to identify rivers, lakes and lagoons, as well as regions with greater intensity of urbanization such as cities and large buildings, due to the absence of vegetation in these points. The green color on the map is attributed to points with the most dense vegetation. In addition to the spatial analysis, it was also possible to carry out a temporal analysis in the region of the Ivinhema Valley, between 2019 and 2021. The Google Earth Engine platform is an efficient tool for characterizing the use and occupation of the soil. With the images obtained, it was possible to identify urban areas, native forest, river basins and agricultural areas. The use of NDVI helps to identify better coverage of the soil.

**Keywords:** Google Earth Engine, Plant Cover, Occupation of the soil, NDVI

## INTRODUÇÃO

O Google Earth Engine (GEE), criado em 2010 pelo Google, é uma plataforma de

análise de imagens de satélite com infraestrutura computacional e conjunto de dados de acesso aberto. A plataforma facilita o acesso a recursos de computação de alto desempenho para o processamento de conjuntos de dados geoespaciais muito grandes (GORELICK et al., 2017). Esta plataforma do google consegue fornecer dados tanto climáticos como geofísicos de quase todas as regiões do mundo, com uma grande variação de tempo entre as informações, podendo ser utilizado como um método de comparação nas mudanças ocorridas ao longo dos anos. A obtenção de imagens de satélite de média resolução, torna possível inúmeras possibilidades, dentre elas o mapeamento do uso e cobertura do solo.

Detectar as variações ocorridas no solo podem identificar potenciais eventos ambientais associados à rápida urbanização, conversão florestal e expansão agrícola. A avaliação da composição de imagens por satélites é essencial no monitoramento de áreas, auxiliando na criação de estratégias integradas de gestão de recursos baseadas nas mudanças ao longo do tempo.

Com o crescimento populacional, também ocorre maior demanda por alimentos que impactam os sistemas de abastecimento alimentar e torna-se necessário o desenvolvimento de programas sustentáveis de gestão dos recursos naturais como o mapeamento e monitoramento de lavouras. A agricultura familiar ainda é caracterizada como a principal forma de gestão agrícola, mesmo com o desenvolvimento da agricultura em grande escala (ALTIERI et al., 2012). O sistema de agricultura familiar se baseia no uso de pequenos lotes para o cultivo de alimentos e mão-de-obra familiar, a utilização de pequenas propriedades torna difícil a classificação dessas lavouras.

O estado de Mato Grosso do Sul está entre os principais produtores de alimento no Brasil e com isso vem ocorrendo grandes mudanças no tipo de cobertura do solo devido a grande diversidade de produtos agrícolas produzidos dentro do estado, comportando dentro de seu território três biomas, a sua diversidade de plantas e clima acaba variando de norte a sul dentro dos limites territoriais do estado, abrindo uma grande gama para diferentes estudos nas mais diversas áreas (WASSOLOKI, 2020)

É indispensável a otimização de distribuição das safras e fortalecimento da agricultura para segurança alimentar e nutricional em âmbito global (DAVIS et al., 2017). O uso do Google Earth Engine (GEE), de acordo com Gorelick et al. (2017), permite a análise em larga escala de dados ambientais e com amplos recursos computacionais, resultando em dados satisfatórios até mesmo em regiões com grande número de pequenas propriedades.

Assim, Belgiu e Csillik (2018) comentam que metodologias eficientes para mapeamento de lavouras são condição essencial para a implementação de práticas agrícolas sustentáveis e

para o monitoramento das culturas periodicamente. Diante de tantas alterações ocorridas na paisagem nos últimos anos, é importante a avaliação dessas alterações na região do Vale do Ivinhema, com vistas a melhoria das informações sobre uso e ocupação do solo nesta região. Dito isso, o objetivo deste artigo é utilizar a plataforma Google Earth Engine para caracterização do uso e ocupação do solo na Região do Vale do Ivinhema/MS.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Zurqani et al. (2018), detectar alterações de uso e cobertura do solo podem identificar potenciais eventos ambientais associados à rápida urbanização, conversão florestal e expansão agrícola, essas mudanças são indicadores de alterações que podem causar uma perda de biodiversidade e degradação do ambiente. A avaliação e o monitoramento da mudança do uso e ocupação do solo são essenciais para a criação de estratégias integradas de gestão de recursos hídricos e terrestres.

As geotecnologias têm propiciado ganhos de produtividade e uma melhoria do custo benefício, de acordo com Rosa (2005). Composta por um conjunto de tecnologias voltadas para coleta, processamento e análise de informações com referência geográfica, as geotecnologias são uma ferramenta poderosa no planejamento e gestão territorial. Dentre as geotecnologias destacam-se: Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e o Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O Google Earth Engine (GEE) foi lançado pelo Google em 2010 e é uma plataforma de computação em nuvem que usa a infraestrutura computacional do Google e os conjuntos de dados de acesso aberto disponíveis (GORELICK et al., 2017). Segundo os mesmos autores, o Google Earth Engine facilita o acesso a recursos de computação de alto desempenho para o processamento de conjuntos de dados geoespaciais muito grandes. Além disso, foi projetado para os pesquisadores da área de geoestatística e público de modo geral. Uma vez que um algoritmo tenha sido desenvolvido no Google Earth Engine, os usuários podem produzir produtos de dados sistemáticos ou implantar aplicativos interativos apoiados pelos recursos do GEE, sem precisar ser um especialista em desenvolvimento de aplicativos, programação web ou HTML (CUSTODIO, 2020).

O catálogo de dados públicos do Earth Engine é uma coleção de vários petabytes de conjuntos de dados geoespaciais amplamente utilizados, a maior parte do catálogo é composta por imagens de sensoriamento remoto observando a Terra. Os conjuntos de dados Landsat são recursos valiosos para realizar análises temporais, a coleção Landsat inclui sete satélites multiespectrais: Landsat 1–3 (1972–1983), Landsat-4 (1982– 1993), Landsat-5 (1984–2012),

Landsat-7 (1999 – presente) e Landsat-8 (2013 – presente) e têm sido empregados em várias aplicações, como na geração de mapas de cobertura e uso do solo. Além disso, o GEE inclui conjuntos de dados adquiridos por satélites Sentinel, desenvolvidos pela Agência Espacial Europeia (AMANI et al., 2020).

Amani et al. (2020) ainda comentam que a coleção Sentinel inclui Sentinel-1 Synthetic Aperture RADAR (SAR) (2014– presente), Sentinel-2 multiespectral (2015 – presente), Sentinel-3 Ocean and Land Color (2016 – presente) e Sentinel-5P Tropospheric Monitoring (2018– presente) conjuntos de dados. O Sentinel-1 e o Sentinel-2 têm sido amplamente utilizados por usuários do GEE para diferentes aplicativos. Sua resolução espacial de 10 m possibilita a análise de objetos em resolução melhor do que as imagens Landsat. Outro conjunto de imagens disponível segundo os mesmos autores são do MODIS que tem um grande potencial no mapeamento em tempo quase que real (NRT) da superfície do solo em escalas nacionais e globais. O MODIS adquire imagens em 36 bandas espectrais, cujas resoluções espaciais variam de 250 m a 1 km. As séries temporais MODIS estão disponíveis no Catálogo de Dados GEE de 2000 até o presente, facilitando a análise temporal em todo o mundo.

Vale (2019) utilizou a plataforma Google Earth Engine como mecanismo de estudo para analisar o uso e cobertura do solos em áreas de desmatamento no estado do Pará, dentro da pesquisa o autor destacou a importância de utilizar tecnologias como o GEE para monitorar e controlar o desmatamentos que estão ocorrendo ao passar dos anos em diversos biomas no Brasil, esta plataforma pode ser um dos meios mais prático de assegurar as florestas nativas e diminuir consequentemente o desmatamento.

Esta plataforma possui diversas outras vantagens, dentro do mapeamento de áreas, devido a diferença de ondas refletidas pelas plantas é possível diferenciar por alguns satélites o tipo de vegetação encontrada em um determinado espaço, Filho (2021) mapeou as áreas agrícolas no município de Bragança no Pará utilizando o GEE, onde foi possível identificar um satélite que fornece uma imagem com ótima resolução e com imagens visíveis da área pesquisada, concluindo assim que esta tecnologia é um mecanismo vantajoso para ser utilizado como método de identificação de áreas de pastagens, matas e agrícolas.

Já existem diversos trabalhos utilizando o Google Earth Engine para diferentes finalidades, por exemplo, para estimar época de plantio de soja de acordo com os dados climáticos encontrados ao longo dos anos, estudado no trabalho de Adami (2010), manejos de adubação utilizando índices espectrais na cultura da aveia branca (BARBOSA, 2019), detecção de algumas doenças no feijoeiro através do sensoriamento remoto (BOECHAT, 2012) entre diversos outros trabalhos que possuem o objetivo de testar esta plataforma utilizando todos os

dados fornecido de forma gratuita, estes trabalhos desenvolvidos na última década possuem o objetivo de tecnificar a agricultura e estudar possíveis mudanças na vegetação.

Autores como Becker et al. (2020) e Luo et al. (2021) estudaram a aplicação do GEE na agricultura e definição do uso e ocupação do solo, outros autores como Gorelick et al. (2017), Brooke et al. (2020), Tamiminia et al. (2020) estudaram formas para aplicação do GEE em diversas áreas de forma satisfatória. Diante de tantas possibilidades disponibilizadas pelo GEE, verifica-se a importância desse estudo nas diversas biodiversidades brasileiras, desta forma a cobertura vegetal do estado de Mato Grosso do Sul é rica em diversidade, 53% do território do estado já foi desmatado e 46% são compostos de área com vegetação natural. A maior parte da vegetação natural é classificada como cerrado, com 23% da área total (NASCIMENTO, 2014; SILVA et al., 2011).

O estado do Mato Grosso do Sul, que a capital é Campo Grande, possui 2.449.024 habitantes, 79 municípios e densidade demográfica de 6,86 habitantes/km<sup>2</sup>, território de 357.145,53 km<sup>2</sup> (IBGE, 2021). Está inserido nos Biomas Cerrado (62,22%), Mata Atlântica (10,48%) e Pantanal (27,29%). As classes de uso e ocupação do solo que predominam no estado são: Pastagem com manejo, vegetação campestre e área agrícola. Nos últimos 20 anos houve a redução da vegetação campestre e o aumento de áreas agrícolas e de silvicultura.

Para Dematte (2017), além do gerenciamento agronômico o mapeamento do solo é fundamental para: definição de técnicas conservacionistas a serem adotadas na área, indicar risco de erosão e compactação, indicar áreas de preservação ambiental, otimizar o planejamento de amostragem e uso de técnicas de agricultura de precisão, auxiliar na elaboração de projetos de irrigação, servir como base para determinação de métodos de avaliação de aptidão agrícola, capacidade de uso do solo, grupos de manejo, entre outros.

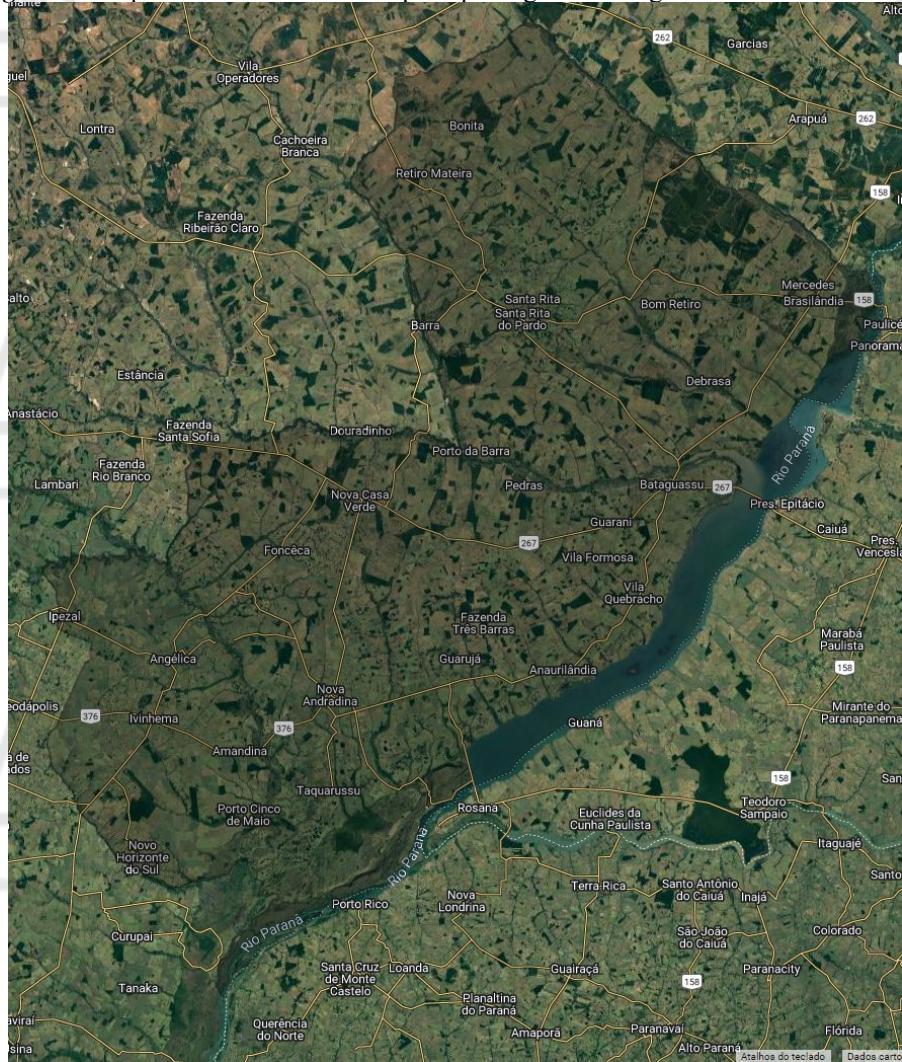
## METODOLOGIA

As cenas avaliadas compreendem a região do Vale do Ivinhema (figura 01), que possui uma área total de 29.538,41 Km<sup>2</sup>, e é composto por dez municípios do estado de Mato Grosso do Sul: Anaurilândia, Angélica, Bataguassu, Batayporã, Brasilândia, Ivinhema, Nova Andradina, Novo Horizonte do Sul, Santa Rita do Pardo e Taquarussu (MAPA, 2015). Essas regiões se caracterizam por possuírem um clima tropical, com duas estações bem definidas, verões quentes e chuvosos e no inverno clima pouco frio e seco.

Para a realização da análise da cobertura vegetal do solo da área avaliada, foram utilizados dados fornecidos pela plataforma online Google Earth Engine, disponibilizado na página da web <https://code.earthengine.google.com/>, na qual deve ser produzido um script na

linguagem JavaScript ou Python, sendo que o primeiro passo a ser realizado foi a criação de uma conta de forma gratuita para ter acesso às informações contidas dentro da plataforma.

**Figura 1:** Shape da área com os municípios que englobam a região do Vale do Ivinhema.



**Fonte:** Própria (2022).

Após a ambientalização, foi realizado a criação de um shape para selecionar as áreas na qual iriam fazer parte da pesquisa desenvolvida (Vale do Ivinhema), esta delimitação foi realizado com auxílio de um site externo e após a finalização do documento criado, ocorreu a exportação do mesmo para os dados armazenados dentro do GEE que futuramente iria compor parte do script.

No Code Editor do GEE foi implementado um código no sistema de linguagem JavaScript, utilizando uma coleção de imagens fornecido pelo provedor “COPERNICUS” disponibilizado pela plataforma de forma gratuita pelo servidor GEE da Google. Esta coleção se refere a dados sobre a cobertura do solo de forma global, conseguindo fornecer estimativas

de proporções de vegetação para os diferentes tipos de vegetação encontradas dentro do shapefile (área de estudo) estabelecido.

O satélite escolhido para compor o código foi o Sentinel, que de acordo com o site da plataforma fornece imagem multiespectral de alta resolução e uma ampla faixa com uma frequência global de revisita de 5 dias, com dados que possibilita avaliar a qualidade e mudanças ocorridas na cobertura do solo e água (GOOGLE, 2022).

Utilizando o Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) disponibilizado pelo satélite utilizado, a imagem fornecida foi gerada a partir da diferença de refletância entre o infravermelho-próximo e o vermelho das plantas encontradas na área pesquisa, gerando assim uma imagem interativa e com a possibilidade de diferenciar as plantas.

O NDVI se trata de um dos indicadores de vegetação mais utilizado dentro da plataforma, devido a facilidade na análise das imagens e com a possibilidade de utilizar diferentes camadas que alteram a forma como é visualizado a imagem dentro de um mesmo satélite. O NDVI é definido pela equação:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

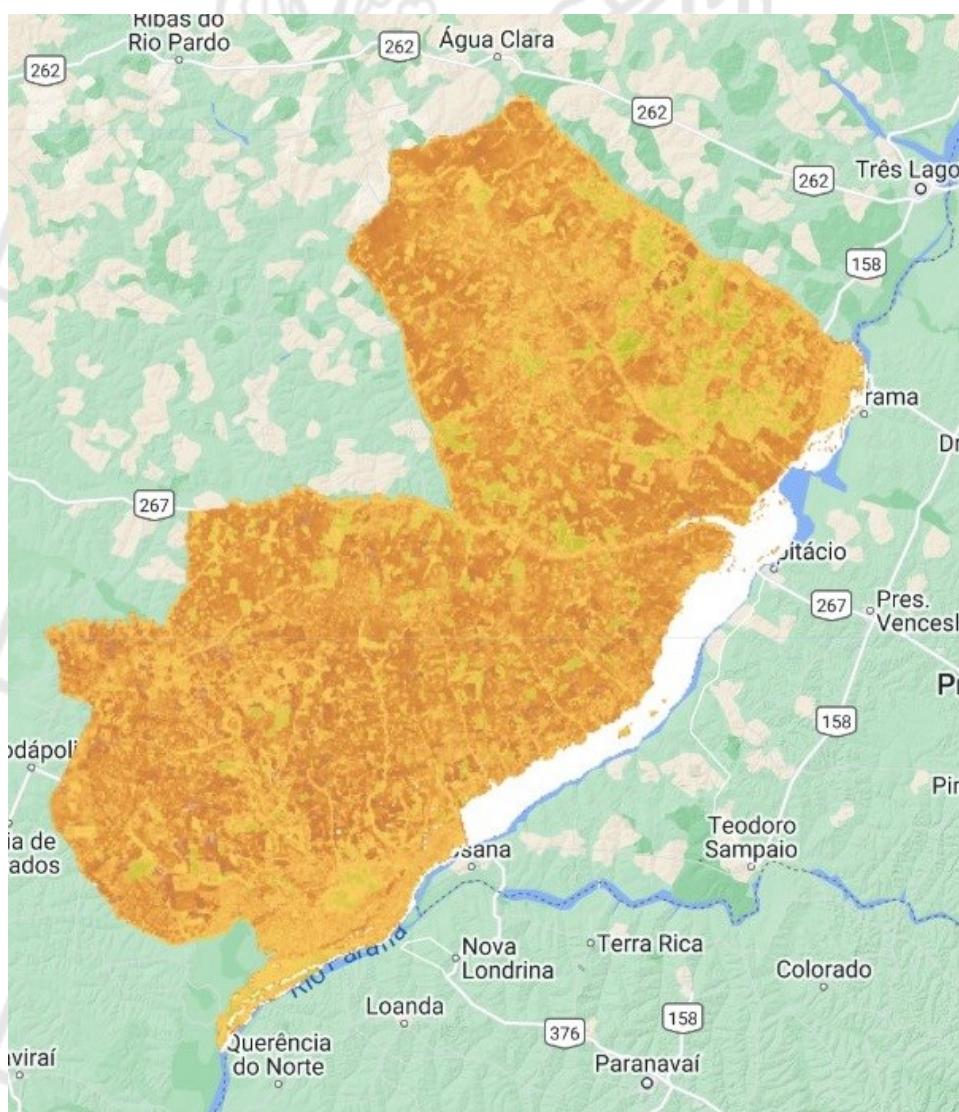
A partir do script (código) construído foi possível gerar algumas imagens de satélite da região do Vale do Ivinhema com enfoque no uso e cobertura do solo no intervalo de tempo de 01/05/2019 á 01/05/2021 e ao utilizar um coeficiente de variação surge-se a possibilidade de analisar as microrregiões com maiores variações ao longo desses dois anos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a elaboração do script foi possível gerar imagens de boa resolução espacial da região do Vale do Ivinhema. Também foi possível gerar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) que auxilia na melhor identificação do uso e cobertura do solo. Os intervalos de classificação são identificados pela diferença de cores, permitindo utilizar o NDVI como parâmetro de análise para o uso e ocupação do solo.

Para as áreas com ausência de vegetação é atribuído valor zero, representado pela cor branca no mapa (Figura 2). Sendo possível identificar a partir da coloração branca no mapa os rios, lagos e lagoas ao longo do Vale do Ivinhema, bem como regiões com maior intensidade de urbanização como cidades e grandes construções, devido a ausência de vegetação nesses pontos.

**Figura 2:** Índice de vegetação com diferença normalizada na região do Vale do Ivinhema.



**Fonte:** Própria (2022).

A coloração verde no mapa é atribuída aos pontos com vegetação mais densa, como matas nativas, zonas de reflorestamento e área de silvicultura. A partir do NDVI é possível agrupar classes de uso e ocupação do solo como áreas urbanas, bacias hidrográficas, áreas de mata e áreas agrícolas. O GEE permite a visualização de imagens com boa resolução espacial, sendo possível comparar o NDVI com as bandas visíveis para realizar a identificação de algumas áreas agrícolas como cana-de-açúcar e silvicultura.

Estrabis et al. (2019) ao avaliarem o uso da plataforma Google Earth Engine para mapeamento da vegetação nativa na região de Três Lagoas foi possível observar as regiões de mata nativa, silvicultura e cursos d'água. O grande repertório de imagens facilita o processo de escolha e obtenção através da plataforma. Ao utilizar os algoritmos RF e SVM na plataforma, os autores tiveram resultados satisfatórios no mapeamento da cobertura vegetal do solo, se destacando o SVM com melhor acurácia e índice kappa.

Na pesquisa realizada pelos autores Demarchi et al. (2011) no município de Santa Cruz do Rio Pardo em São Paulo as áreas de pastagens ao longo dos anos de 2017 a 2019 ocorreu uma grande redução ao comparar imagens NDVI geradas pelo GEE dentro desse intervalo de tempo e em contrapartida ocorreu um aumento significativo de solo expostos, além de um aumento nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar e uma mínima evolução de terras para a utilização em cultivos anuais.

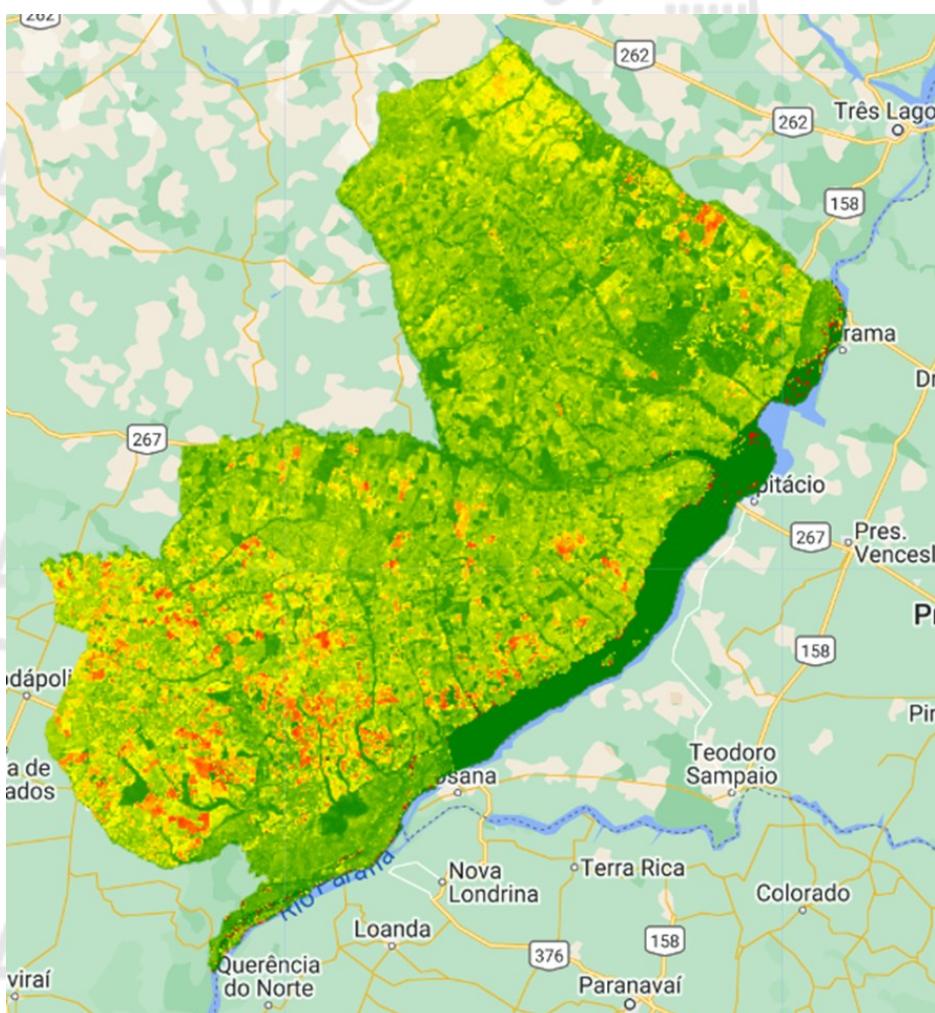
Como conclusão, os autores citados no parágrafo anterior obtiveram que as imagens geradas pela plataforma Google Earth Engine foram suficientes para analisar e comparar dados temporais, suficiente para desenvolver o trabalho proposto pelos autores (DEMARCHI et al, 2011).

Além da análise espacial, também foi possível realizar análise temporal na região do Vale do Ivinhema. Enquanto a variabilidade espacial mostra os valores encontrados em cada ponto e sua correlação com os demais pontos, a variabilidade temporal é a análise baseada na mudança dos parâmetros ao longo do tempo no mesmo ponto.

Ao observar o coeficiente de variação do índice de vegetação com diferença normalizada (Figura 3) as áreas em vermelho apresentaram maior variação entre os anos estudados de 2019-2021. Em verde onde ocorreu menos ou nenhuma alteração no índice de vegetação, podendo ser evidenciado nas bacias hidrográficas da região.

Na região sudoeste do mapa houve maior concentração de áreas com alterações ao longo do tempo, caracterizada pela cor vermelha, enquanto as regiões norte e nordeste apresentaram menor número de áreas com alto CV. Essas alterações podem indicar o manejo recorrente de áreas agrícolas, que alteram o índice de vegetação encontrado ao longo do tempo em estudo.

**Figura 3:** Coeficiente de variação do NDVI (2019 a 2021).



**Fonte:** Própria (2022).

A plataforma Google Earth Engine permite a análise espacial e temporal das imagens de satélite, podendo ser aplicada para monitoramento de áreas agrícolas, controle de desmatamentos, preservação de cursos d'água, dentre outros. Corroborado por Azevedo et al. (2020) o NDVI apresentou ser uma ótima ferramenta, permitindo assim elaborar uma análise de confiança e de forma temporal em relação às mudanças que vem ocorrendo devido às degradação ambiental, podendo ser um método utilizado para aplicação da legislação ambiental.

No trabalho de Azevedo et al. (2020) ao utilizarem a plataforma GEE foi possível observar que ao longo de 30 anos (1989-2019) ocorreu na região do Pará uma mudança muito significativa na cobertura vegetação do solo, principalmente na região leste do estado, na qual os autores destacaram que esta área ao longo dos anos ocorreram diversos casos de desmatamentos ilegais com a finalidade de exploração madeireira. Para os autores esta

ferramenta tecnológica possui diversas vantagens ao ser utilizada para análise temporal na mudança do uso e cobertura do solo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A plataforma Google Earth Engine é uma ferramenta eficiente na caracterização do uso e ocupação do solo. Foi possível identificar na região do Vale do Ivinhema áreas urbanas, mata nativa, bacias hidrográficas e áreas agrícolas com as imagens obtidas. O uso de NDVI auxilia para melhor identificação da cobertura do solo.

O GEE possibilitou a composição de imagens de boa resolução, facilidade no processamento de conjunto de dados geoespaciais e uma alternativa para análise espacial e temporal.

O uso da plataforma também torna possível a classificação do uso e ocupação de áreas pequenas, podendo ser utilizada para monitoramento de lavouras e preservação de matas nativas e cursos d'água.

## REFERÊNCIAS

**ADAMI, M.** **Estimativa de data de plantio de soja por meio de séries temporais de imagens MODIS.** 2010. 163 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010

Amani M.; Ghorbanian A., Ahmadi, S.A; Moghimi M.K.A.; MirMazloumi S.M., Moghaddam S.H.A.; Mahdavi S., Ghahremanloo M.; Parsian S., Wu Q., Brisco B. Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications. **A Comprehensive Review.** v.13, 2020, ISSN 5326-5350.

ALTIERI, M.A.; FUNES-MONZOTE, F.R.; PETERSEN, P. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, v.32. p. 1-13, 2012.

AZEVEDO, Laízy de Santana; NASCIMENTO, Evely Ferreira; BARBOSA, Leonardo Carlos, Unifesspa; FERREIRA, Willian dos Santos, Unifesspa; SILVA, José Rubens Scatimburgo; BORGES, Karoline, Unifesspa. **Análise de mudanças na cobertura vegetal do Pará utilizando o Google Earth Engine.** II CONARA 2020. In: CONGRESSO ARAGUAIENSE DE CIÊNCIAS EXATA, TECNOLÓGICA E SOCIAL APLICADA, p. 1-12, 2020, Santana do Araguaia. Anais... Santana do Araguaia: II CONARA, 2020.

BARBOSA, J. de A. **Manejo da adubação nitrogenada por índice espectrais em aveia-branca** Orientador: Rogério Teixeira de Faria. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade do Estado de São Paulo, 2019.

BECKER, W. R.; LÓ, T. B.; JOHANN, J.A.; MERCANTE, E. **Statistical features for land use and land cover classification in Google Earth Engine,Remote Sensing Applications:**

BELGIU, M.; CSILLIK, O. Mapeamento de áreas de cultivo do Sentinel-2 usando análise de sincronização dinâmica de tempo ponderada baseada em pixel e baseada em objeto. **Remote Sensing of Environment**, 2018, 509-523.

BOECHAT, L. T. **Técnicas de sensoriamento remoto na detecção do mofo-branco e da mancha-angular no feijoeiro**. Orientador: Francisco de Assis de Carvalho Pinto. 114 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BROOKE, S.A.S; D'ARCY, M.; MASON, P.J.; WHITTAKER, A.C. Rapid multispectral data sampling using Google Earth Engine. **Computers & Geosciences**, v. 135, 2020, ISSN 0098-3004. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2019.104366>.

CUSTODIO, A. L. B. **Big Data e nuvens computacionais para a classificação do uso e cobertura da terra no município de Monte Carmelo-MG**. 2020. 58 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2020

DEMATTE, J. A. M. Caracterização e espacialização do meio físico como base para o planejamento do uso da terra. **ESALQ**, Piracicaba 2017. 225p.

ESTRABIS, N. V.; MARCATO JUNIOR, J.; PISTORI, H. Mapeamento da Vegetação Nativa do Cerrado na Região de Três Lagoas-MS com o Google Earth Engine. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 71, n. 3, p. 702–725, 2019. DOI: 10.14393/rbcv71n3-47461.

FILHO, Alexandre Santos Fernandes. **Mapeamento da Agricultura no município de Bragança, Pará, 2020**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.

DAVIS, K.F.; RULLI, M.C.; SEVESO, A.; D'ODORICO, P. increased food production and reduced water use through optimized crop distribution. **Nature Geoscience**, v.10 p. 919. 2017.

DEMARCHI, Julio Cesar; PIROLI, Edson Luís; ZIMBACK, Célia Regina Lopes. **Análise temporal do uso do solo e comparação entre índice de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP usando imagens Landsat-5**. RA'E GA 21 (2011), p. 234-271. Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR. 2011.

GOOGLE. Conjunto de dados: Sentinel-2. **Google Earth Engine**, 2022. Disponível em: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel-2>. Acesso em: 06 jul. 2022.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017. ISSN 0034-4257, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.

IBGE. **Monitoramento da cobertura e uso da terra: estatísticas desagregadas por unidades**

**da federação: 2000/2018.** IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro. 20 p. 2021

LUO, Chong; LIU, Huan-jun; LU, Lü-ping; LIU, Zheng-rong; KONG, Fan-chang; ZHANG, Xin-le. Monthly composites from Sentinel-1 and Sentinel-2 images for regional major crop mapping with Google Earth Engine. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 20, 2021, Pages 1944-1957, ISSN 2095-3119.

MAPA [Ministério da agricultura Pecuária e Abastecimento] **Perfil Territorial: Vale do Ivinhema - MS**, 2015

NASCIMENTO, M. R.R. do. **O uso da terra no estado de Mato Grosso do Sul: um estudo sobre a luz da legislação ambiental de proteção a vegetação nativa.** 2014. Dissertação(Mestrado em Agronegócios) – UFGD:Dourados/MS, 2014. 100f.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.

SILVA, L. C. L. et. al. **Pedodiversidade no estado de Minas Gerais – Brasil.** Caderno de Geografia, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, p. 18-38, mar. 2019. ISSN 2318-2962.

TAMIMINIA, Haifa; SALEHI, Bahram; MAHDIANPARI, Masoud; QUACKENBUSH Lindi; ADELI, Sarina; BRISCO, Brian. Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 164, p. 152-170, 2020. ISSN 0924-2716.

VALE, Jones Remo Barbosa. **Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas do Estado do Pará por meio da Plataforma Google Earth Engine.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2019.

WASSOLOKI, Carlos Roberto. Evapotranspiração no estado do Mato Grosso do Sul por sensoriamento remoto. Dissertação de pós graduação em agronomia. Orientador: Prof. Dr. Ricardo Gava. 2020.

ZURQANI, H. A.; POST, C.J.; MIKHAILOVA, E. A.; SCHLAUTMAN, M.A.; SHARP, J. L. Geospatial analysis of land use change in the savannah river basin using google earth engine. **Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.**, v. 69. p. 175-185, 2018.

## INFLUÊNCIA DO GRID AMOSTRAL PARA RECOMENDAÇÃO DA NECESSIDADE DE CALAGEM EM SOLOS DO CERRADO SUL-MATOGROSSENSE

## INFLUENCIA DE LA CUADRÍCULA DE MUESTREO PARA RECOMENDAR LA NECESIDAD DE ENCALADO EN SUELOS DEL CERRADO SUR-MATOGROSSENSE

## INFLUENCE OF THE SAMPLING GRID TO RECOMMEND THE NEED FOR LIMING IN SOILS IN THE SOUTH-MATOGROSSENSE CERRADO

Eduarda Alves Brexó<sup>1</sup>; Lucrécia de Moura Mattos<sup>2</sup>; Gabriel de Alencar Ferreira<sup>3</sup> Mauro Lima<sup>4</sup>; Grazieli Suszek<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.197-211>

### RESUMO

Atualmente diversos manejos são realizados com o objetivo de aumentar a produtividade em uma lavoura, entre eles, um dos mais utilizados e de bastante importância é a calagem e adubação do solo, que tem por objetivo aumentar o pH do solo e disponibilizar os principais nutrientes para as plantas, para a realização destas duas operações é necessário uma análise de solo para determinar a quantidade necessária a ser aplicada tanto de calcário como de fertilizantes, a forma como se realiza a coleta é fundamental para obter resultados positivo após a aplicação dos insumos agrícola. A coleta de solo dentro da agricultura de precisão vêm se tornando um dos principais métodos utilizados para obter resultados mais representativos da área, se tornando assim vantajoso ao ser comparado aos demais métodos convencionais, na qual uma única análise representa todas as necessidades de uma área total, com isto o presente trabalho objetiva-se analisar a influência na utilização de grids amostrais para recomendação necessária de calagem em solos Sul-Matogrossense. A área de estudo possui 1 ha e está localizada no município de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul, Brasil. Após as análises estatísticas, os mapas foram construídos utilizando o método inverso do quadrado da distância (IQD), que é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas. Os mapas temáticos foram elaborados com 11, 23 e 48 pontos amostrais, em análise visual é possível observar que apresentam grandes diferenças entre eles. Ao comparar a região sudeste dos três mapas de variabilidade espacial a capacidade de troca de cátions nota-se grande diferença na forma de distribuição das cores de acordo com o número de pontos amostrais. Ao adicionar mais pontos amostrais para elaboração dos mapas temáticos da área é possível observar melhor representatividade da variabilidade espacial. Os mapas de necessidade de calagem (NC) foram os que mais apresentaram diferenças na variabilidade espacial em relação a quantidade de pontos amostrais. O mapa temático com 48 pontos amostrais foi o que melhor representou a variação da NC ao longo da área.

**Palavras-Chave:** Agricultura Precisão, Grid, Variabilidade Espacial, Calagem

### RESUMEN

Actualmente se realizan varios manejos con el objetivo de incrementar la productividad en un cultivo, entre ellos, uno de los más utilizados y de gran importancia es el encalado y fertilización del suelo, el cual tiene como objetivo aumentar el pH del suelo y aportar los principales nutrientes para las plantas, para llevar a cabo estas dos operaciones es necesario un análisis de suelo para determinar la cantidad necesaria a aplicar tanto de caliza como de fertilizantes. La recolección de suelo dentro de la agricultura de precisión se ha convertido en uno de los principales métodos utilizados para obtener resultados más representativos en el área, convirtiéndose así en ventajoso frente a otros métodos convencionales, en los

<sup>1</sup> Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, [dubrexo@gmail.com](mailto:dubrexo@gmail.com)

<sup>2</sup> Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, [lucrecia.mattos@estudante.ifms.edu.br](mailto:lucrecia.mattos@estudante.ifms.edu.br)

<sup>3</sup> Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, [g.a.ferreira327@gmail.com](mailto:g.a.ferreira327@gmail.com)

<sup>4</sup> Prof.º em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, [mauro.lima@ifms.edu.br](mailto:mauro.lima@ifms.edu.br)

<sup>5</sup> Prof.ª Dr.ª em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, [grazieli.suszek@ifms.edu.br](mailto:grazieli.suszek@ifms.edu.br)

cuales un solo análisis representa todas las necesidades de un área total, con esto, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la influencia en el uso de rejillas de muestra para la recomendación necesaria de encalado en suelos en Sul-Matogrossense. El área de estudio tiene 1 ha y está ubicada en el municipio de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul, Brasil. Después del análisis estadístico, los mapas se construyeron utilizando el método de la distancia al cuadrado inverso (IQD), que es un interpolador determinista univariante de promedios ponderados. Los mapas temáticos fueron elaborados con 11, 23 y 48 puntos de muestreo, en el análisis visual se puede observar que presentan grandes diferencias entre ellos. Al comparar la región sureste de los tres mapas de variabilidad espacial con la capacidad de intercambio catiónico, se puede observar una gran diferencia en la forma de distribución del color según el número de puntos de muestreo. Al agregar más puntos de muestreo para la elaboración de mapas temáticos de la zona, es posible observar una mejor representación de la variabilidad espacial, siendo los mapas de necesidad de encalado (NC) los que más diferencias presentaron en la variabilidad espacial en relación a la número de puntos de muestreo. El mapa temático con 48 puntos de muestreo fue el que mejor representó la variación del NC a lo largo del área.

**Palabras Clave:** Agricultura de precisión, cuadrícula, variabilidad espacial, encalado

## ABSTRACT

Currently, several managements are carried out with the objective of increasing productivity in a crop, among them, one of the most used and of great importance is liming and soil fertilization, which aims to increase soil pH and provide the main nutrients for the plants, to carry out these two operations a soil analysis is necessary to determine the necessary amount to be applied both limestone and fertilizers. Soil collection within precision agriculture has become one of the main methods used to obtain more representative results in the area, thus becoming advantageous when compared to other conventional methods, in which a single analysis represents all the needs of a total area. , with this, the present work aims to analyze the influence on the use of sample grids for the necessary recommendation of liming in soils in Sul-Matogrossense. The study area has 1 ha and is located in the municipality of Nova Andradina, Mato Grosso do Sul, Brazil. After statistical analysis, maps were constructed using the inverse squared distance (IQD) method, which is a univariate deterministic interpolator of weighted averages. The thematic maps were elaborated with 11, 23 and 48 sampling points, in visual analysis it is possible to observe that they present great differences between them. When comparing the southeast region of the three maps of spatial variability to the cation exchange capacity, a great difference can be observed in the form of color distribution according to the number of sampling points. By adding more sampling points for the elaboration of thematic maps of the area, it is possible to observe a better representation of the spatial variability. The liming need maps (NC) were the ones that showed the most differences in spatial variability in relation to the number of sampling points. The thematic map with 48 sampling points was the one that best represented the NC variation along the area.

**Keywords:** Agriculture Precision, Grid, Spatial Variability, Liming

## INTRODUÇÃO

A caracterização espacial das propriedades do solo requer a análise de muitos dados de campo, que podem ser coletados por meio de vários métodos diretos e indiretos, como amostragem e análise química, sensoriamento proximal e remoto e métodos geofísicos, sendo que esses dados produzem conjuntos de dados multivariados espaciais e temporais complexos, que geralmente têm diferentes taxas de cobertura e densidades espaciais (Bogunović et al., 2017, Behera et al., 2018).

Dentro do contexto de recomendação de fertilizantes e corretivos, a etapa fundamental para que um solo seja devidamente corrigido, são os processos adotados no momento da prática de coleta de amostra de solo. Portanto, no momento da escolha de metodologia a ser seguida a campo deve-se atentar para que o procedimento represente de forma adequada a área em que

seja efetuado o manejo para a correção (ACQUA et al., 2013).

No contexto da amostragem de solo os processos devem ser feitos com cautela, pois dentro do processo de secagem de uma amostra de solo se não tomado os devidos cuidados as suas propriedades físicas podem ser realocadas e mudarem de seu lugar inicial, de acordo com CHELABI et al (2016), mostra que os teores de potássio trocável é inversamente proporcional ao teor de água da amostra no período em que está ocorrendo a secagem da amostra.

Em sua pesquisa DAUGHTREY et al. (1973) ressaltou a importância de um bom procedimento de coleta e secagem de amostra, pois notou-se que em uma temperatura acima de 100°C o elemento do solo Alumínio pode migrar de sua camada intermediária de argila para locais onde está a presença de troca de cátions, desta forma a análise e caracterização da amostra poderia apresentar diferença em seu resultado.

De acordo com NANNI et al. (2011), o tratamento do solo não deve ser feito de maneira uniforme, pois cada solo tem a sua propriedade individual, a elaboração de um grid amostral de solo, faz com que o conhecimento sobre o terreno de trabalho aumenta, desta forma o produtor consegue manejar diferentes cultivares ou diferentes métodos de aplicação de defensivos e insumos agrícolas.

Em sua pesquisa GOULDING (2016), discorreu sobre a aplicação excessiva ou indevida de insumos agrícolas no solo, realçando que essa prática de aplicação uniforme de produtos agrícolas acaba acarretando a acidificação do solo, resultando em uma indisponibilidade de nutrientes no solo, diminuição de cátions básicos e aumento na saturação do alumínio e com essas reações causadas pela acidificação do solo o rendimento da cultura também acaba decaindo.

As culturas com interesse comercial, apresentam diferentes tipos de PH desejados, sendo assim cada uma tem a sua particularidade e acidez do solo pode ser controlada com a deposição de produtos neutralizantes sobre o solo, tendo como exemplo o calcário. A variabilidade do solo deve ser reconhecida, pois tratando a área de uma maneira uniforme pode causar super calagem e indisponibilizar alguns nutrientes e interromper a absorção de outros (GOULDING, 2016).

Sendo assim efetuar um grid amostral de solo, possibilita o conhecimento da área em que será cultivada e trabalhada e desta forma uma quantidade menor de moléculas químicas é depositada ao solo, acarretando em um menor custo e maior eficiência, mas para que esse processo ocorra deve-se efetuar pesquisas que conscientize e incentive o produtor a adotar esse método de conhecimento sobre a sua área.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Vários manejos são realizados ao se preparar um solo para introduzir uma cultura com interesse comercial, a calagem está inserido entre os principais manejos realizados para se obter um solo com um pH adequado para o crescimento das raízes e para proporcionar uma boa disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento planta cultivada (ARRUDA et al., 2014).

A calagem é realizada através da aplicação de calcário no solo em cerca de 90 dias antes de realizar o plantio, porém para esta aplicação é necessário a realização de uma análise de solo para determinar a quantidade que será aplicado deste produto, sendo que este processo de coleta de solo é considerado por alguns autores a parte mais crítica e que mais acarretam problemas, resultando no final do processo em dados superestimado em relação a área e uma recomendação muito alta ou baixa demais na dosagem de calcário dentro da lavoura (ARRUDA et al., 2014).

Uma amostra coletada erroneamente em alguns casos não apresentam características nos dados em relação ao fato da recomendação não estar representando todos os talhões dentro da área onde será aplicado, por este motivo existem diversas recomendações de como deve ser realizado uma coleta ou amostragem de solo para ser submetida à análise de solo. Uma amostra coletada dentro da área, pode representar diversas dimensões dependendo da quantidade de subamostras que foram coletadas ao longo da lavoura (ARRUDA et al., 2014).

A coleta de solo utilizando o método mais convencional se característica pelo fato que deve ser realizado algumas subamostras dentro de uma área e ao final das coletas o solo deve ser misturado formando uma amostra completa que deve ser mandada para laboratório para análise, sendo que esta amostra pode representar vários hectare, realizando assim apenas uma recomendação de calagem para a área total da lavoura (CARDOSO et al, 2009).

O método mencionado anteriormente desconsidera as manchas em que a grande maioria dos solos possuem, superestimando a aplicação de calcário nessas áreas, além de aplicar pouco deste produto em áreas que possuem uma maior necessidade de correção de acidez, por este motivo ocorre aplicações ineficientes e que podem causar uma aplicação desnecessária em grande áreas dentro da propriedade, saindo do intuito atual da agricultura moderna que tem como objetivo obter uma maior eficiência e melhor aproveitamento de insumos que se encontra com preços mais elevados (CARDOSO et al, 2009).

Por se tratar de um manejo indispensável dentro da agricultura, a análise de solo deve ser feita de forma promissora e com uma qualidade pensando na representatividade da área, por este motivo Cardoso et al. (2009) descreveram a importância de separar as áreas em glebas mais homogêneas para realizar uma análise de solo, características como relevo, cor e textura do solo, manejos anteriores e entre outros aspectos devem ser levados em consideração nesta

separação de glebas para compor uma análise de solo.

Atualmente, buscando-se uma grande eficiência dentro da agricultura devido a escassez na quantidade de terra disponível para plantio e a alta demanda para produção de alimento, várias tecnologias vêm sendo adotadas ao longo dos últimos anos para aumentar essa produtividade dentro da uma lavoura e dentro desses meios utilizados a agricultura de precisão vem se tornando frequente devido a demanda de um manejo mais especializado e que auxilia de forma positiva para um ganho na produção (SCALON, 2020).

A utilização da amostragem georreferenciada é uma das técnicas mais utilizadas atualmente na agricultura de precisão (AP), tendo em vista que este método gera alguns mapas que orienta em relação aos locais que precisam de mais ou menos calcário e fertilizantes, ressaltando que o método de amostragem consiste em pontos que terá uma proporcionalidade para toda a área delimitada (COLAÇO et al., 2014).

Estes mapas gerados possuem informações sobre a variação de uma informação dentro do talhão, por isso a coleta de dados é realizada dentro de pontos georreferenciados e pré determinados dentro do planejamento estabelecido, diferente do método convencional esta forma de análise deve se realizado amostras mais individuais, aumentando a quantidade de amostras de solo ao longo da área, porém os dados trazem mais precisão e mais informações sobre a área que podem auxiliar na aplicação mais controlada e econômica, fazendo assim que o produtor conheça sua área e os locais com maior possibilidade de trazer problemas para a lavoura (COLAÇO et al., 2014).

Dentro do contexto de amostragem de solo na agricultura de precisão, existem dois métodos principais que podem ser adotados para formar os grids amostrais, o primeiro é através da realização de uma amostragem por célula ou pontos predeterminados que cobrem todo a área de trabalho, já o segundo método existe uma correlação com outros dados que o produtor já possui dentro da propriedade, por exemplo, um mapa de produção, na qual mostra a intensidade de produtividade da safra anterior, agrupando assim áreas que possuem uma produtividade parecidas formando um grid amostral, ressaltando que ambos os métodos devem ser realizado o georreferenciamento dos grids amostrais criados, para posteriormente conseguir montar um mapa das necessidades particulares de cada área (COLAÇO et al., 2014; SANTI et al., 2016).

A amostragem de solo através de coletas por pontos ou células é a técnica mais popular no Brasil atualmente, sendo a área dividida em vários polímeros regulares considerados pontos de coletas, na qual eles devem ser georreferenciados através da utilização de algum receptor que localiza o ponto geográfico do local (SANTI et al., 2016).

Existem uma grande variedade de tamanhos de grids amostrais que são utilizados em

diversos tipos de área, esta determinação é considerado atualmente uma das maiores problemáticas dentro da amostragem de solo na agricultura de precisão (MENDES, 2020). Santi et al. (2016) discutiu em seu trabalho que tamanhos menores de uma malha amostral possuem uma maior qualidade quando se comparado a uma malha grande que apresenta como resultado poucas diferenças ao longo da área.

Os equipamentos utilizados para a coleta do solo dentro da agricultura de precisão são os mesmo utilizados para uma coleta no sistema convencional, podendo assim ter auxílio, por exemplo, de um trado holandes ou de rosca, tanto de forma manual como mecanizada, lembrando que existe ainda a necessidade de retirar algumas subamostras dentro de cada grid para formar uma amostra final por grid amostral (SANTI et al., 2016).

Quando comparado ao sistema convencional, a coleta de solo baseado na agricultura de precisão por sua vez acaba sendo questionada em relação ao custo que os produtores têm que pagar em uma maior quantidade de análises dentro de uma mesma área, na qual seria realizado apenas uma, porém atualmente também a eficiência de fazer apenas uma análise de solo para uma área muito extensa vem sendo questionado pelo fato de não representar realmente a necessidade de calagem e adubação, mesmo em uma área de dez hectares, as necessidades dela não ocorre de uniforme, pelo fato do solo não ser uma camada totalmente uniforme, com isso é possível encontrar diversas manchas no solo que pode até mesmo mudar o tipo de solo em uma curta distância (argiloso ou arenoso), quem dirá então em relação às necessidades tanto na aplicação de calcário como dos macro e micronutrientes (CANEPELE, 2016).

## METODOLOGIA

### Áreas de estudo

A área de estudo possui 1 ha e está localizada no município de Nova Andradina, Mato Grosso do Sul, Brasil (22° 4'56.46"S; 53°28'8.43"O) (Figura 1). Os pontos limítrofes da área foram obtidos por meio do uso de GPS topográfico. O clima do local é caracterizado como tropical Aw clima megatérmico com estação inverno pouco definida ou ausente, concentração de chuvas nos meses de verão e secas no inverno segundo classificação de Köppen.

A área foi utilizada para pastagem rotacional (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) por muitos anos. Durante o ano de 2019, a área passou a ser preparada para conversão em sistema de plantio direto, onde metade da área foi trabalhada com cultura do girassol e a outra metade permaneceu pastagem, apresentando boa produtividade e boa qualidade de grãos. Já em 2020 devido à pandemia a área permaneceu em pousio, com retorno da pastagem, devido ao seu rico banco de sementes e em 2021 toda área foi implantada com Girassol.

Nas duas análises de solo realizadas na área, verificou-se um solo com 88,7% de areia, 1,39% de silte e 9,91% de argila.

**Figura 01:** Localização da área experimental agrícola Nova Andradina/MS - Brasil.



**Fonte:** Própria (2022)

### Amostragem do solo

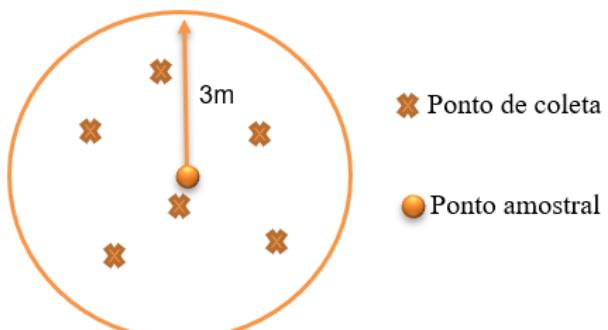
A amostragem do solo físico-química foi realizada em outubro de 2021, respeitando um grid amostral, baseado nas características da área, onde foram coletadas 48 amostras compostas da camada de profundidade de 0,0-0,20 m (Figura 2). Cada amostra foi composta por seis subamostras coletadas com um trado do tipo holandes em um raio de 3 m (Figura 3), com a finalidade de caracterização do solo.

**Figura 02:** Coleta de amostras de solo ano de 2021, na área amostral do IFMS-Campus de Nova Andradina/MS-Brasil.



**Fonte:** Própria (2021)

**Figura 03** Esquema de amostragem de solo com seis subamostras para formar uma amostra composta



**Fonte:** Própria (2021)

### Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, utilizando o software Minitab 18® para obtenção das medidas de posição (média e mediana), medida de dispersão (desvio-padrão) e medidas de forma da distribuição (coeficiente de variação), avaliado conforme descrito por Gomes (2000). Além disso, também serão realizadas análises de correlação linear de Pearson e teste de normalidade de Anderson Darling e Kolmogorov Smirnov (5% de significância).

Para a ocorrência de outliers univariados, as análises exploratórias serão realizadas utilizando-se box-plots e histogramas. Quando uma observação exterior potencial for identificada, ela será analisada em seu contexto espacial, e tomada a decisão quanto a sua exclusão.

### Construção dos Mapas de variabilidade espacial

Após as análises estatísticas, os mapas foram construídos utilizando o método inverso do quadrado da distância (IQD), que é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas. De acordo com este método, quanto mais distante um ponto observado estiver do estimado, menor será seu peso, ou seja, menor será sua influência sobre o valor de inferência. O IQD é definido pela equação 1:

$$\hat{Z}_i = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{d_i^2} * Z_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{d_i^2} \right)} \quad (1)$$

em que:  $\hat{Z}_i$  é o valor interpolado;  $Z_i$  é o valor do atributo amostrado;  $d_i$  é a distância euclidiana entre o ponto amostrado e o estimado.

A avaliação da precisão dos interpoladores foi realizada através da análise das estatísticas: coeficiente de determinação da validação cruzada ( $R^2_{VC}$ ), erro médio absoluto (EMA) e erro médio relativo (EMR). Os erros médios absoluto e relativo foram estimados através das equações 2 e 3, respectivamente:

$$EMA = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n |Z_i - \hat{Z}_i| * 100 \quad (2)$$

$$EMR = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{|Z_i - \hat{Z}_i|}{Z_i} * 100 \quad (3)$$

em que: EMA e EMR são, respectivamente, os erros médios absoluto e relativo dos  $n$  pontos amostrados;  $Z_i$  é o valor determinado na análise de solo do atributo no ponto amostrado;  $\hat{Z}_i$  é o valor estimado pelo método de interpolação.

A significância do  $R^2_{VC}$  foi analisada através do teste F ( $P < 0,01$ ), entre o valor observado e o estimado pelo método de interpolação. As estatísticas referentes aos erros da estimativa foram comparadas pelo teste t-Student ( $P < 0,05$ ), permitindo analisar a ocorrência de diferença significativa entre os métodos de inferências.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 01 pode-se observar a análise químico-física do solo, coletada na área de

estudo. As informações contidas na análise de solo foram utilizadas como base para os cálculos de saturação por bases e necessidade de calagem. A partir dos valores encontrados foram elaborados os mapas temáticos com diferentes grids amostrais.

**Tabela 01:** Análise estatística descritiva dos atributos do solo.

	<b>Média</b>	<b>Med.</b>	<b>DP</b>	<b>Var.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>CV</b>
<b>pH SMP</b>	7,09	7,09	0,15	0,02	6,63	7,37	2,1
<b>pH CaCl<sub>2</sub></b>	4,78	4,80	0,27	0,07	4,20	5,60	5,6
<b>M,O</b>	9,92	9,96	0,84	0,71	8,33	12,02	8,5
<b>K (mg/dm<sup>-3</sup>)</b>	37,38	37,50	12,06	145,52	19,00	72,00	32,3
<b>Ca (mmolc/dm<sup>-3</sup>)</b>	5,72	5,75	1,82	3,30	2,50	9,80	31,8
<b>Mg (mmolc/dm<sup>-3</sup>)</b>	3,52	3,55	1,11	1,24	1,40	6,00	31,7
<b>Al (mmolc/dm<sup>-3</sup>)</b>	1,21	0,70	1,30	1,70	0	6,10	108,0
<b>SB (mmolc/dm<sup>-3</sup>)</b>	10,20	10,15	3,00	9,00	4,80	16,80	29,4
<b>CTC</b>	27,81	27,20	2,25	5,08	24,00	33,60	8,1
<b>SB</b>	36,57	37,28	9,65	93,17	14,46	53,93	26,4
<b>S (mg/dm<sup>-3</sup>)</b>	2,54	2,30	1,19	1,41	0,90	7,00	46,7
<b>B(mgdm<sup>-3</sup>)</b>	0,24	0,23	0,03	0,00	0,18	0,35	13,2
<b>Cu(mg/dm<sup>-3</sup>)</b>	0,42	0,40	0,05	0,00	0,30	0,50	12,5
<b>Fe(mg/dm<sup>-3</sup>)</b>	84,74	85,80	11,19	125,18	65,20	112,00	13,2
<b>Mn (mg/dm<sup>-3</sup>)</b>	15,58	14,80	3,17	10,06	8,70	25,20	20,4
<b>Zn(mg/dm<sup>-3</sup>)</b>	0,38	0,30	0,29	0,08	0,10	1,70	75,1
<b>Argila(g/Kg)</b>	85,15	85,00	7,04	49,62	64,00	103,00	8,3
<b>Silte(g/Kg)</b>	15,23	14,00	5,27	27,80	3,00	33,00	34,6
<b>Areia(g/Kg)</b>	899,63	900,00	6,21	38,62	884,00	912,00	0,7

\*pH - potencial Hidrogeniônico; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; Al - Alumínio; H + Al -Hidrogênio + Alumínio; SB - Soma de bases; CTC - Capacidade de Troca de Cátions; MO - Matéria Orgânica; V % - Saturação de Bases; S - Enxofre; B - Boro; Cu - Cobre; Fe - Ferro; Mn - Manganês; Zn - Zinco; Mín - Mínimo; Máx. - Máximo; Méd. - Média; D.P. - Desvio padrão; Var. - Variação; C.V. - Coeficiente de variação.

**Fonte:** Própria (2021)

Os mapas temáticos foram elaborados com 11, 23 e 48 pontos amostrais, em análise visual é possível observar que apresentam grandes diferenças entre eles. Na Figura 04, são encontrados os mapas temáticos referentes à capacidade de troca de cátions (CTC) do solo. Os valores são dados de acordo com a escala de cor da legenda.

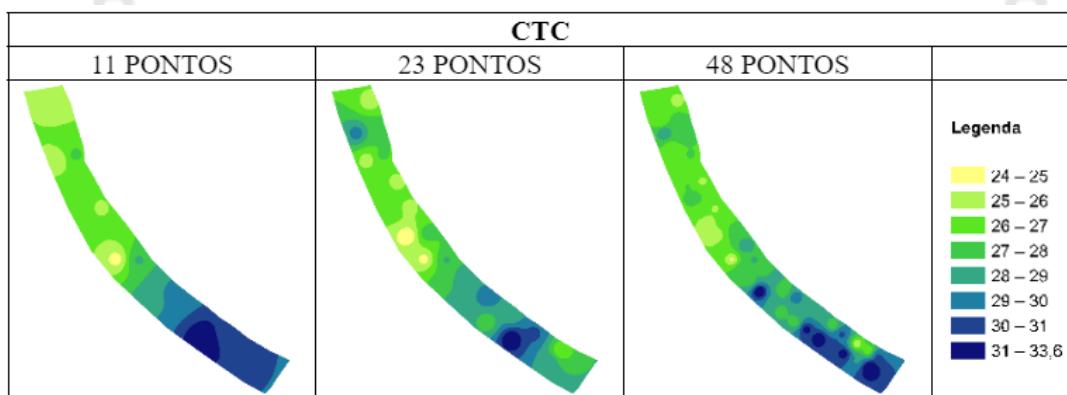
No primeiro mapa, com 11 pontos amostrais, a região com maior concentração de valores altos está localizada a sudeste da área, representada pela cor azul escuro. Na região norte da área a cor predominante é verde, representando valores intermediários. Percebe-se mudanças suaves na variabilidade espacial da CTC com grid amostral composto por 11 pontos.

Com grid amostral composto por 23 pontos, o mapa obtido apresenta maior riqueza de detalhes e maior variação ao longo da área. O mesmo fato ocorre quando a quantidade de pontos amostrais passa de 23 para 48, é possível analisar maior variabilidade espacial ao decorrer da área de pesquisa.

Pott et. al (2019) realizou o levantamento da variabilidade espacial de plantas daninhas em cultivo de trigo de acordo com diferentes malhas amostrais. Ao reduzir a malha amostral, consequentemente, aumenta a quantidade de pontos para coleta de dados e confecção dos mapas. De acordo com os resultados encontrados foi possível constatar que ao reduzir a malha amostral, houve um aumento na precisão da caracterização da variabilidade de plantas daninhas, encontrando resultados semelhantes aos deste trabalho.

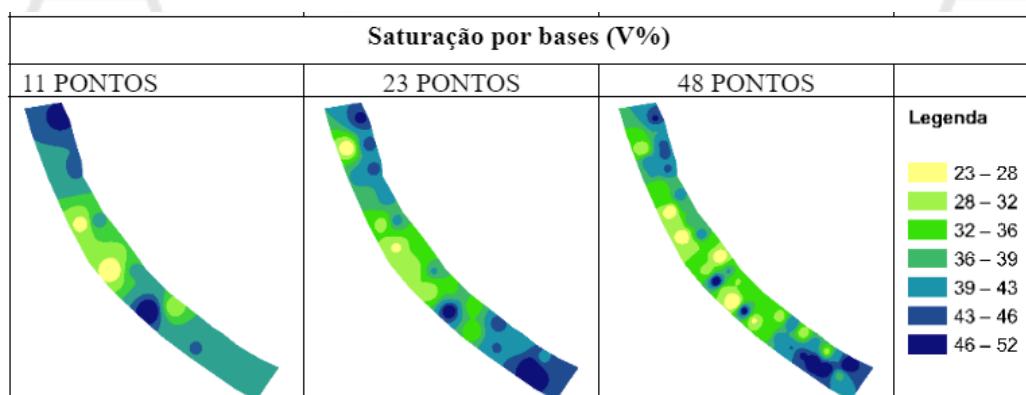
Ao comparar a região sudeste dos três mapas de variabilidade espacial a capacidade de troca de cátions (Figura 04) nota-se grande diferença na forma de distribuição das cores de acordo com o número de pontos amostrais. Ao adicionar mais pontos amostrais para elaboração dos mapas temáticos da área é possível observar melhor representatividade dos valores reais.

**Figura 04:** Mapas de variabilidade espacial da capacidade de troca de cátions do solo (CTC).



**Fonte:** Própria (2022)

**Figura 05:** Mapas de variabilidade espacial da saturação por bases do solo (V%)



**Fonte:** Própria (2022)

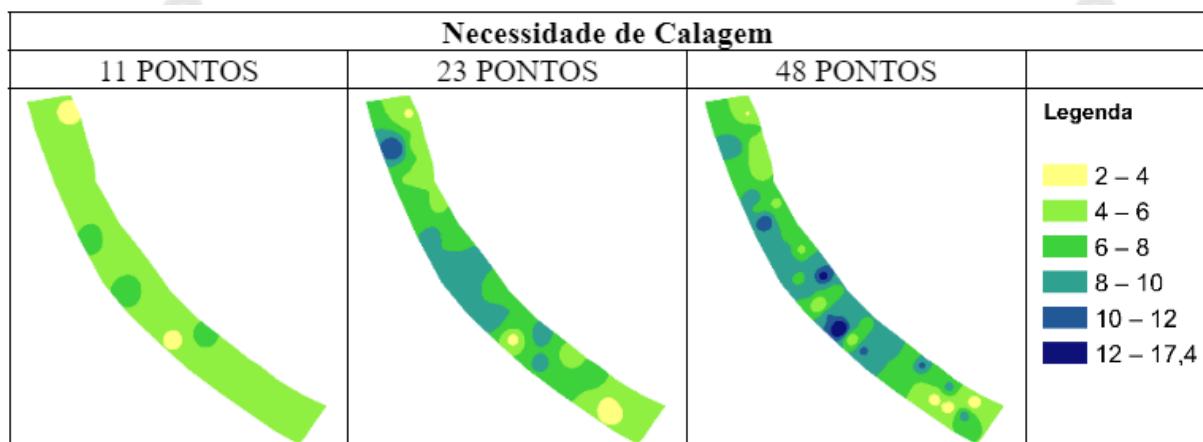
O mapa de variabilidade espacial da saturação por bases também apresenta diferenças na distribuição ao longo da área de acordo com a quantidade de pontos amostrais utilizados. O mapa elaborado com 48 pontos amostrais apresenta maior variabilidade espacial e grande quantidade de regiões bem definidas, enquanto o mapa elaborado com 11 pontos amostrais é caracterizado por uma maior suavidade entre os valores ao decorrer da área.

Silva (2020) ao estudar os atributos do solo utilizando ferramentas da geoestatística para recomendação de correção e adubação em taxa variável encontrou resultados satisfatórios. O mesmo buscou conhecer e modelar a variabilidade espacial de uma área para maximizar o setor e obter alto potencial produtivo. Em sua pesquisa, o grid amostral utilizado é de 50 pontos por ha, valor próximo ao encontrado neste trabalho como o de melhor representatividade da área.

A calagem melhora a disponibilidade de nutrientes no solo e deve ser distribuída de acordo com a necessidade, valores superiores ou inferiores ao recomendado podem causar efeitos adversos na dinâmica de nutrientes. De acordo com Silva (2020) o manejo de forma localizada e levando em consideração a variabilidade espacial do solo é eficaz para obtenção de alto potencial produtivo em uma lavoura.

Os mapas de variabilidade espacial da necessidade de calagem (NC), apresentados na Figura 06, são os que melhor representam visualmente a influência da quantidade de pontos amostrais para elaboração dos mapas temáticos com objetivo de realizar manejos em taxa variável. No mapa composto por 11 pontos há maior uniformidade nos valores, oscilando em pontos muito específicos. Quando comparado com o mapa de 23 pontos, a área de estudo é dividida em maior número de regiões e maior variação dos valores.

**Figura 06:** Mapas de variabilidade espacial da necessidade de calagem (NC)



**Fonte:** Própria (2022)

Foi realizado análise do coeficiente de determinação da validação cruzada e erro padrão

de estimativa para avaliação dos interpoladores usados, os dados estão representados na Tabela 02. Lundgren et al. (2017) em seu estudo com eucalipto analisou a precisão de estimativa de erro por meio da validação cruzada, que consiste em retirar um ponto do conjunto de dados e estimá-lo por meio do interpolador de dados. Ao repetir o procedimento com os demais pontos amostrais, deve-se comparar os valores estimados com os conhecidos. Os mesmos, obtiveram resultados satisfatórios das estimativas de erros com a VC.

Para a análise do quantitativo de amostras por ponto foram obtidos os parâmetros mais adequados da avaliação, por meio do maior coeficiente de determinação da validação cruzada ( $R^2_{vc}$ ) e do menor erro padrão da estimativa (EP%). De acordo com Faraco et al. (2008), isso possibilita confeccionar os mapas temáticos com maior acuracidade.

**Tabela 02:** Coeficiente de determinação da validação cruzada e erro padrão da estimativa.

Validação Cruzada		
	$R^2_{vc}$	EP%
CTC		
11 pontos	0,035	1,70
23 pontos	0,011	1,85
48 pontos	-0,013	2,02
V%		
11 pontos	-0,475	8,69
23 pontos	-0,285	9,12
48 pontos	-0,027	9,96
Necessidade de Calagem (NC)		
11 pontos	0,147	2,67
23 pontos	0,032	2,78
48 pontos	0,004	3,34

Fonte: Própria (2022)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapas temáticos foram eficientes na comparação visual entre diferentes quantidade de pontos na representação da variabilidade espacial da capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%) e necessidade de calagem.

Os mapas de necessidade de calagem (NC) foram os que mais apresentaram diferenças na variabilidade espacial em relação a quantidade de pontos amostrais. O mapa temático com 48 pontos amostrais foi o que melhor representou a variação da NC ao longo da área.

A validação cruzada se mostrou um método eficiente para avaliação dos interpoladores usados.

## REFERÊNCIAS

- ACQUA, Nelson HD et al. Métodos de amostragem de solos em áreas sob plantio direto no Sudoeste Goiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 117-122, 2013.
- ARRUDA, Murilo Rodrigues; MOREIRA, Adônis; PEREIRA, José Clério Rezende. Amostragem e Cuidados na Coleta de Solo para Fins de Fertilidade. **Embrapa Amazônia Ocidental**. 2014.
- BEHERA, Sanjib K. et al. Spatial variability of soil properties and delineation of soil management zones of oil palm plantations grown in a hot and humid tropical region of southern India. **Catena**, v. 165, p. 251-259, 2018.
- BOGUNOVIC, Igor; PEREIRA, Paulo; BREVIK, Eric C. Spatial distribution of soil chemical properties in an organic farm in Croatia. **Science of the total environment**, v. 584, p. 535-545, 2017.
- CANEPELE, Cleber Rodrigo. Instrumento De Coleta Na Amostragem De Solo Com Agricultura De Precisão 2016. 24f. Monografia (Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo) – Curso de Agronomia, **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Dois Vizinhos, 2016.
- CARDOSO, Evaldo Luis; FERNANDES, Ana Helena Bergamim Marozzi; FERNANDES, Fernando Antonio. Análise de Solos: Finalidade e Procedimentos de Amostragem. **Comunicado técnico - Embrapa**. 2009.
- CHELABI, Hakima et al. Soil sample preparation techniques on routine analyses in Quebec affect lime and fertilizer recommendations. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 96, n. 2, p. 244-255, 2016.
- COLAÇO, André F.; MOLIN, José P.. André F. **Agricultura de precisão - Amostragem Georreferenciada**. Boletim técnico. LAP - laboratório de agricultura de precisão - ESALQ. 2014.
- DAUGHTREY, Z. W.; GILLIAM, J. W.; KAMPRATH, E. J. Soil Test Parameters for Assessing Plant-Available P of Acid Organic Soils. **Soil Science**, v. 115, n. 6, p. 438-446, 1973.
- GOULDING, K. W. T. Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom. **Soil use and management**, v. 32, n. 3, p. 390-399, 2016.
- Landim, P.M.P. Análise estatística de dados geológicos. São Paulo: **Fundação Editora da UNESP**, 2003, 253 p.
- LUNDGREN, Wellington Jorge Cavalcanti; SILVA, José Antônio Aleixo da; FERREIRA, Rinaldo Luiz Caraciolo. A precisão da estimativa do erro da krigagem pela validação cruzada. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.
- MENDES, André, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2020. **Determinação**

**do tamanho de amostra para a Geoestatística.** Orientador: Gerson Rodrigues dos Santos. Coorientador: Wellington Donizete Guimarães. 2020.

NANNI, Marcos Rafael et al. Optimum size in grid soil sampling for variable rate application in site-specific management. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 386-392, 2011.

POTT, Luan Pierre et al. Variabilidade espacial da planta daninha azevém em cultivo de trigo utilizando diferentes malhas amostrais. **Tecno-Lógica**, v. 23, n. 2, p. 93-99, 2019.

SANTI, Antônio Luís; SEBEM, Elóidio; GIOTTO, Enio; AMADO, Telmo Jorge Carneiro. **Agricultura de precisão no Rio Grande do Sul.** 1º ed. Santa Maria - RS: CESPOL, 2016

SCALON, Lourenço Quintão. **Variabilidade espacial da fertilidade do solo e mapas de recomendações.** Trabalho de conclusão de curso - Grande Dourados. Orientador: Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez. 2020.

SILVA, Ézio Henrique Dias. Agricultura de precisão em área de pivô central de alto potencial produtivo. 2021. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2020.

## TRATAMENTO DE EFLUENTES NA INDÚSTRIA DE CERVEJA: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

## TRATAMIENTO DE EFLUENTES EN LA INDUSTRIA DE LA CERVEZA: RETOS Y OPORTUNIDADES

## EFFLUENT TREATMENT IN THE BEER INDUSTRY: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

Guilherme Gomes de Sousa Magalhães<sup>1</sup>; Daniel Dias da Silva<sup>2</sup>, Liliana Andréa dos Santos<sup>3</sup>;  
André Felipe de Melo Sales Santos<sup>4</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.212-230>

### RESUMO

A indústria de bebidas é uma das tipologias industriais mais importantes e que mais crescem no mercado nacional e internacional. Esse crescimento tem duas grandes consequências: o elevado consumo de água e geração de enormes quantidades de efluentes. A cervejas, particularmente, se destaca entre as bebidas mais consumidas no mundo desde a antiguidade. O mercado de cervejas, tem crescido ano a ano, sobretudo com a diversificação dos portifólios, ampliação dos mercados de cervejas especiais e gourmet, além das artesanais, que nas últimas décadas vêm crescendo em interesse de diversos públicos, mais exigentes. Os maiores produtores são a China, EUA e o Brasil, que possuem o desafio de gerenciar a geração de efluentes, tratando-os adequadamente, além de atuar em estratégias de reuso, redução de perdas, inovações tecnológicas e atendimento às legislações ambientais. Neste trabalho, foi realizada uma Pesquisa Exploratória, levando em consideração aspectos relacionados ao processo produtivo, ao mercado, a escala, às características do efluente e das alternativas de tratamentos possíveis, além da legislação ambiental aplicável. As características físico-químicas desse efluente indicam que os tratamentos biológicos são a melhor opção, devido a grande quantidade de matéria orgânica e sua elevada biodegradabilidade. Neste caso, destacam-se os tratamentos anaeróbios, devido os menores custos de instalação e manutenção, elevada eficiência, baixa geração de lodos e a possibilidade de valorização energética do metano. As tecnologias atuais proporcionam excelentes resultados em termos da qualidade do efluente tratado, eficiências de remoção de material orgânico, nutrientes e sólidos, atendendo as exigências da legislação ambiental. Entretanto, em termos das tecnologias, sua aplicação muitas vezes é limitada por fatores técnicos, operacionais e econômicos, que podem ter relação à escala, sendo estes fatores limitantes de sua viabilidade. O porte da indústria pode também interferir, sendo, as cervejarias artesanais, com menor porte, tecnologia e recursos, um ponto que deve ser observado, devido a atual proliferação e dispersão desses pequenos produtores no setor cervejeiro.

**Palavras-chave:** indústria de bebidas; tratamento biológico; efluente industrial, cervejaria; cerveja

### RESUMEN

La industria de bebidas es una de las tipologías industriales más importantes y de mayor crecimiento en el mercado nacional e internacional. Este crecimiento tiene dos grandes consecuencias: el alto consumo de agua y la generación de grandes cantidades de efluentes. Las cervezas, en particular, se destacan entre las bebidas más consumidas en el mundo desde la antigüedad. El mercado cervecero ha ido creciendo año tras año, especialmente con la diversificación de portafolios, ampliación de los mercados de cervezas especiales y gourmet, además de las cervezas artesanales, que en las últimas décadas han ido creciendo en el interés de diferentes públicos más exigentes. Los mayores productores son China, EE.UU. y Brasil, que enfrentan el desafío de gestionar la generación de efluentes, tratándolos

<sup>1</sup> Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, [guilhermegomesdesousa123@gmail.com](mailto:guilhermegomesdesousa123@gmail.com)

<sup>2</sup> Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco, [daniel.diass@ufrpe.br](mailto:daniel.diass@ufrpe.br)

<sup>3</sup> Doutor, Universidade Federal de Pernambuco, [liliana.andrea.santos@gmail.com](mailto:liliana.andrea.santos@gmail.com)

<sup>4</sup> Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, [andre.felipesantos@ufrpe.br](mailto:andre.felipesantos@ufrpe.br)

adecuadamente, además de trabajar en estrategias de reutilización, reducción de pérdidas, innovaciones tecnológicas y cumplimiento de la legislación ambiental. En este trabajo se realizó una Investigación Exploratoria, teniendo en cuenta aspectos relacionados con el proceso de producción, el mercado, la escala, las características del efluente y las posibles alternativas de tratamiento, además de la legislación ambiental aplicable. Las características fisicoquímicas de este efluente indican que los tratamientos biológicos son la mejor opción, debido a la gran cantidad de materia orgánica y su alta biodegradabilidad. En este caso destacan los tratamientos anaerobios, por los menores costes de instalación y mantenimiento, alta eficiencia, baja generación de lodos y posibilidad de valorización energética del metano. Las tecnologías actuales brindan excelentes resultados en cuanto a la calidad del efluente tratado, eficiencias en la remoción de materia orgánica, nutrientes y sólidos, cumpliendo con los requisitos de la legislación ambiental. Sin embargo, en términos de tecnologías, su aplicación suele estar limitada por factores técnicos, operativos y económicos, que pueden estar relacionados con la escala, y estos factores limitan su viabilidad. El tamaño de la industria también puede interferir, siendo cervecerías artesanales, de menor tamaño, tecnología y recursos, punto que debe ser observado, debido a la actual proliferación y dispersión de estos pequeños productores en el sector cervecerio.

**Palabras clave:** industria de bebidas; tratamiento biológico; efluentes industriales, cervecería; cerveza

## ABSTRACT

The beverage industry is one of the most important and fastest growing industrial typologies in the national and international market. This growth has two major consequences: the high consumption of water and the generation of huge amounts of effluents. Beers, in particular, stand out among the most consumed beverages in the world since antiquity. The beer market has grown year after year, especially with the diversification of portfolios, expansion of the markets for specialty and gourmet beers, in addition to craft beers, which in recent decades have been growing in the interest of different, more demanding audiences. The largest producers are China, the USA and Brazil, which face the challenge of managing the generation of effluents, treating them properly, in addition to working on strategies for reuse, reduction of losses, technological innovations and compliance with environmental legislation. In this work, an Exploratory Research was carried out, taking into account aspects related to the production process, the market, the scale, the characteristics of the effluent and the possible treatment alternatives, in addition to the applicable environmental legislation. The physicochemical characteristics of this effluent indicate that biological treatments are the best option, due to the large amount of organic matter and its high biodegradability. In this case, anaerobic treatments stand out, due to the lower installation and maintenance costs, high efficiency, low sludge generation and the possibility of energy recovery from methane. Current technologies provide excellent results in terms of the quality of the treated effluent, efficiencies in the removal of organic material, nutrients and solids, meeting the requirements of environmental legislation. However, in terms of technologies, its application is often limited by technical, operational and economic factors, which may be related to scale, and these factors limit its viability. The size of the industry can also interfere, being craft breweries, with smaller size, technology and resources, a point that must be observed, due to the current proliferation and dispersion of these small producers in the brewing sector.

**Keywords:** beverage industry; biological treatment; industrial effluent, brewery; beer

## 1. INTRODUÇÃO

As bebidas tiveram e têm um papel importante na história da humanidade. Desde os tempos mais remotos da antiguidade, beber esteve associado à fartura, às festividades, às comemorações e à eventos importantes, sejam eles de natureza profana ou sacra. Inicialmente descobertas e produzidas de forma empírica e rudimentar, as primeiras bebidas que foram desenvolvidas foram a cerveja e o vinho, por processos fermentativos. Com a Revolução Industrial e com o desenvolvimento de várias tecnologias de processos e operações unitárias, com destaque para a destilação, uma série de outras bebidas foram desenvolvidas e introduzidas

no mercado consumidor, crescente e ávido por novidades. Bebidas como as aguardentes, vodcas, whisky, runs e gins hoje são comuns em todos os mercados do mundo e consumidos em larga escala. Alguns hábitos modernos forçados por uma vida mais prática e dinâmica em grandes cidades e também do desenvolvimento de novos materiais (vidros, plásticos, tetrapak, etc.) facilitaram a criação de embalagens mais práticas, leves e resistentes de forma que bebidas não-alcoólicas como sucos, leite e derivados, águas saborizadas fossem também comercializadas e incorporadas na cultura do consumo. Dentre as bebidas alcoólicas a cerveja possui um destaque especial, tendo em vista ser a mais consumida e produzida, sendo ainda uma unanimidade na liderança do consumo na maioria dos países, mesmo aqueles não a produzem significativamente. Nas últimas duas décadas mercados emergentes de cervejas especiais, gourmet, denominadas por vezes artesanais vêm crescendo aliado a ampliação de um público consumidor mais exigente e que busca um produto com diferenciais organolépticos. A produção em escala industrial atual tanto de bebidas (fermentadas, destiladas, alcoólicas ou não-alcoólicas), favoreceu o aumento do consumo e a consequente geração de subprodutos: efluentes, resíduos sólidos e emissões atmosféricas.

Neste sentido, este trabalho visa dar uma contribuição a este tema partindo de aspectos do processo, do mercado e da escala da indústria, das características do efluente e dos tratamentos existentes, além da legislação aplicável. O foco serão os desafios e oportunidades dentro da dinâmica desse mercado crescente.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. MATERIAS-PRIMAS DA PRODUÇÃO DE CERVEJA

A cerveja vem do processo de fermentação do mosto, a receita conhecida e mais usada nos dias atuais é a *Reinheitsgebot*, a “Lei da Pureza Alemã” de 1516, a qual define os ingredientes para a produção da cerveja à moda alemã. Os ingredientes fundamentais são: água, malte e o lúpulo. As leveduras foram posteriormente introduzidas como parte importante do processo produtivo. A partir destes ingredientes vários tipos de cervejas podem ser produzidos, variando-se as quantidades e a qualidade desses ingredientes, além do modo como é produzida. Dentre os ingredientes a água representa 90% da matéria prima. O malte fornece o amido, substrato para as leveduras na fase de fermentação, existindo vários tipos, que potencializam o processo enzimático fornecendo certas características à cerveja. O lúpulo é o responsável pelo sabor amargo da cerveja, agindo também como conservante natural. As leveduras ou fermentos, apesar de não fazerem parte da receita *Reinheitsgebot*, são micro-organismos que realizam o processo de fermentação, consumindo os açúcares do mosto, produzindo álcool (etanol) e o gás

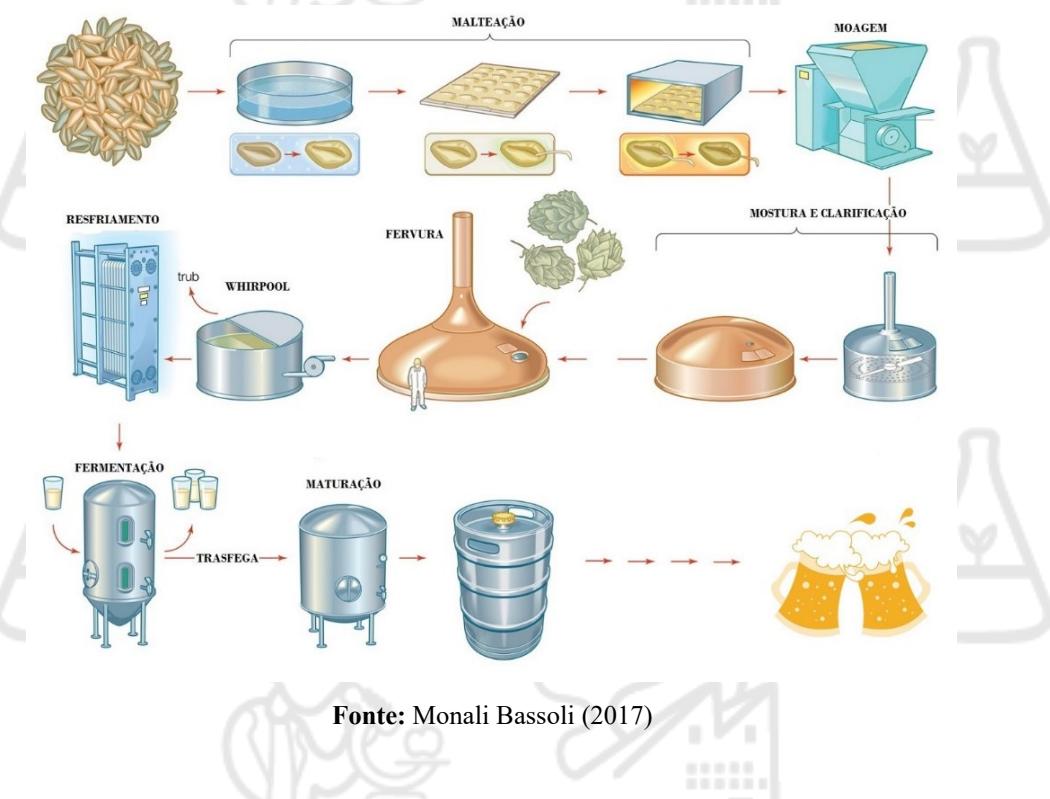
carbônico ( $\text{CO}_2$ ). Determinando o teor de álcool da bebida, esses microrganismos dependem de certas condições ideais, como temperatura, pH, brix, que ditam a velocidade da reação. Essas leveduras são divididas em dois grupos: as “*Lagers*” (baixa fermentação), que se concentram no fundo do fermentador ao fim do processo (temperatura ideal de 9 a 13°C) e as “*Ale*” (alta fermentação) que serão concentradas na parte superior do fermentador (temperatura ideal de 18 a 24°C).

## 2.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA

O processo produtivo tem como objetivo transformar o amido em mosto, passando por várias etapas. Na maltagem, há separação dos grãos que fornecerão o amido (cevada, trigo e milho), que após secagem, é chamado de malte. Na brasagem o amido dos grãos é convertido em mosto, a partir do processo de sacarificação. Após essa etapa ocorre o “*mashout*”, elevando a temperatura do mosto para 75°C, desativando assim as enzimas, quando o mosto é levado para drenagem e fervura, e é esterilizado, podendo ser clarificado e levado ao resfriamento e oxigenação. Na sequência, ocorre a fermentação do mosto, em ambiente anaeróbio. Os açúcares e carboidratos do malte, na presença de leveduras e/ou bactérias, irão produzir tanto álcool ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) quanto dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). O tempo da fermentação deve ter seu controle de acordo com o teor alcoólico desejado. Após a primeira fermentação é feito o condicionamento ou o envelhecimento da cerveja, que dependerá do tipo, do tempo de maturação (que pode levar de semanas a anos). Depois de todos os processos realizados, a cerveja é engarrafada e levada aos mercados consumidores.

Na Figura 01 apresenta-se um diagrama esquemático das etapas de fabricação da cerveja. O processo descrito é genérico, havendo grandes variações de tecnologias, equipamentos e processos adicionais a depender dos tipos de cervejas produzidos.

**Figura 01:** Processo de fabricação da cerveja



Fonte: Monali Bassoli (2017)

### 2.3. PRODUÇÃO E CONSUMO DE CERVEJA

As bebidas, independentemente se alcoólicas ou não, são comumente presentes em nossa rotina e na grande maioria de eventos sociais e culturais da humanidade. A indústria cervejeira uma das que mais cresce no Brasil e no Mundo. Estima-se que no Brasil, 61% das bebidas alcoólicas consumidas são fermentadas, sendo a principal, a cerveja. Na Tabela 01, são apresentadas as bebidas alcoólicas mais consumidas no Brasil.

O ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA), indicou que, até o ano de 2020, 1383 cervejarias estavam registradas no país, com 204 sendo registradas apenas em 2020, segundo o Anuário de 2020 da Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CERVBRASIL). O impacto que a indústria causa, tem relação direta com a dimensão econômica da indústria e seu potencial de crescimento. A cerveja é a mais consumida entre as bebidas alcoólicas e, numa perspectiva mais geral, é a 3º bebidas mais consumidas ficando atrás apenas do café e do chá.

**Tabela 01:** Bebidas mais consumidas no Brasil

Posição	Bebida
1º	Cerveja
2º	Cachaça
3º	Vinho

4º	Bebidas Mistas
5º	Vodka
6º	Conhaque
7º	Whisky
8º	Rum

Fonte: Fabiano Azevedo (2019)

A produção de bebidas teve um grande crescimento entre os anos de 2017 e 2019, sendo o crescimento de 2020 a 2021 pouco expressivo (Tabela 02).

**Tabela 02:** Evolução da produção da indústria de bebidas alcoólicas no Brasil (2017-2021)

Classe CNAE	2017	2018	2019	2020	2021
(10 <sup>3</sup> .l)					
Fabricação de Aguardentes e outras bebidas destiladas	1.293.640	1.617.130	2.502.561	2.510.069	2.502.538
Fabricação de Vinho	630.744	621.287	652.420	654.377	652.414
Fabricação de Malte, Cervejas e Chopes	13.714.714	15.319.532	17.269.543	17.321.352	17.269.388
Total	15.639.098	17.557.949	20.424.524	20.485.798	20.424.340

Fonte: IBGE (2022)

Na Tabela 03, são apresentados os 5 maiores produtores globais de cerveja no mundo entre os anos de 2019 e 2020. Observa-se que são países com grandes populações e áreas geográficas de tamanho relevante, sendo a Alemanha a única que não figura entre os 20 maiores países do mundo. A China é a maior produtora, seguida pelos EUA e Brasil, países com grandes populações, sendo os três responsáveis por 38,64% da produção global. Houve uma ligeira queda na produção total mundial em 2020 ( $1.819 \cdot 10^6$  hl) comparando à 2019 ( $1.912 \cdot 10^6$  hl), de cerca de 4,8%, provavelmente influenciado pela crise econômica mundial decorrente da pandemia global do Covid-19, que começou no final do ano de 2019, como fator principal.

Contrariamente à tendência global, o Brasil teve um aumento significativo da produção de cerca de 4,9% (2020 a 2021) atingindo cerca de 151. 106 hl.

**Tabela 03:** Cinco maiores produtores de cerveja no mundo

País	Produção em 2019 (10 <sup>6</sup> . hl)	Produção em 2020 (10 <sup>6</sup> . hl)
China	376	341
EUA	210	211
Brasil	144	151
México	124	127

Alemanha	91	87
Total dos 5 países	945 (49,4%)	917 (50,4%)
Total global	1.912 (100%)	1.819 (100%)

**Fonte:** BarthHaas Report Hops (2020/21)

O crescimento desse setor tem levado à fusão de grandes indústrias de âmbito nacional e internacional. As maiores indústrias de cervejas do mundo, ranqueadas por produção em 2020, pela BarthHass, são apresentadas na Tabela 04. A maior delas a Belga, AB InBev, resultado a fusão da Belga Interbrew e da Brasileira Ambev, com 57,3% do mercado brasileiro em 2021. Das 10 maiores produtoras de cerveja no mundo 3 são chinesas. A única brasileira da lista das 40 maiores da BarthHaas é o Grupo Petrópolis, que aparece na 11º posição. O país com maior número de empresas na lista é a Alemanha, com 8, e que, mesmo sem estarem entre as maiores individualmente, juntas somaram, em 2020, de cerca 51,9 milhões de hectolitros, ou 2,9% da produção total do ano.

**Tabela 04:** Maiores cervejarias do mundo

Posição	Cervejaria	País (sede)	Produção em 2020 (10 <sup>6</sup> . hl)	% Global
1º	AB InBev	Bélgica	467,4	25,7%
2º	Heineken	Holanda	221,6	12,2%
3º	Carlsberg	Dinamarca	110,1	6,1%
4º	China Res. Snow Breweries	China	106,9	5,9%
5º	Molson Coors	EUA/Canada	84,5	4,6%
6º	Tsingtao Brewery Group	China	80,0	4,4%
7º	Asahi Group	Japão	56,3	3,1%
8º	BGI / Groupe Castel	França	36,7	2,0%
9º	Efes Group	Turquia	36,2	2,0%
10º	Yanjing	China	35,3	1,9%
Soma das 10 maiores	-	-	1235,0	67,9%
Total	-	-	1819,6	100%

**Fonte:** BarthHaas Report Hops (2021)

Na Tabela 05, apresenta-se o ranqueamento dos maiores países consumidores de cerveja nos anos de 2019 e 2020. Na Tabela 06, apresenta-se o consumo per capita por países e sua relação com o consumo total absoluto (2019 e 2020).

**Tabela 05:** Ranqueamento dos 10 maiores consumidores do mundo

Posição (2020)	Posição (2019)	País	Consumo (2020) (10 <sup>5</sup> . hl)	Consumo (2019) (10 <sup>5</sup> . hl)
1°	1°	China	3.608,8	3.921,8
2°	2°	EUA	2.410,5	2.392,0
3°	3°	Brasil	1.384,7	1.328,3
4°	5°	Rússia	864,6	830,6
5°	4°	México	828,7	932,4
6°	6°	Alemanha	774,6	816,0
7°	7°	Japão	441,6	486,9
8°	9°	Reino Unido	408,8	471,2
9°	8°	Vietnam	384,5	475,5
10°	10°	Espanha	381,5	422,9

**Fonte:** Kirin Holdings (2020)

**Tabela 06:** Ranqueamento do consumo *per capita* de cerveja e consumo total de cerveja por país

Posição (2020)	Posição (2019)	País	Consumo <i>per capita</i> (Litros/pessoa.ano) (2020)	Consumo total (2020) (10 <sup>5</sup> . hl)
1°	1°	República Tcheca	181,9	194,6
2°	2°	Áustria	96,8	87,2
3°	4°	Polônia	96,1	363,3
4°	5°	Romênia	95,2	182,8
5°	3°	Alemanha	92,4	774,6
6°	12°	Estônia	86,4	11,2
7°	6°	Namíbia	84,8	21,2
8°	18°	Lituânia	84,8	22,7
9°	11°	Eslováquia	81,7	44,9
10°	7°	Irlanda	81,6	44,0
17°	22°	EUA	72,8	2.410,5
23°	29°	Brasil	65,1	1.384,7
29°	32°	Rússia	65,1	864,6

**Fonte:** Kirin Holdings (2020)

Os países que mais consomem são aqueles que também mais produzem cerveja, ou seja: a China, EUA e o Brasil. O ranqueamento do consumo *per capita*, mostra que a Europa em geral, consome-se por cidadão mais cerveja, apesar que quando se avalia o consumo e produção total, esses países encontram-se em posições mais baixas. Destaca-se a República Tcheca, com o maior consumidor *per capita*, apesar desta não aparecer entre os maiores consumidores e

produtores globais. O grande volume de produção dessas indústrias dá um indicativo dos enormes volumes gerados de efluentes.

#### 2.4. CERVEJAS ARTESANAIS

A produção das cervejarias artesanais é de aproximadamente 1% do total da produção nacional de cervejas. Atualmente, com o crescente interesse num mercado mais gourmet, geralmente associados à consumidores mais exigentes na busca de bebidas diferenciadas e cada vez mais complexas, esse mercado vem mostrando um crescente impacto econômico com reflexos no próprio setor de produção em escala. As grandes cervejarias também estão investindo nestes nichos emergentes, percebendo esses movimentos do mercado e o surgimento de um consumidor mais atento à qualidade e disposto a pagar mais por um produto com diferenciais organolépticos.

As cervejas artesanais costumam ter uma variedade de cores, odores e sabores, e são produzidas, geralmente, em menor escala, muitas vezes de forma mais rústica, com menos tecnologia agregada e controles de qualidade. São bastante comuns nos EUA, e vem ganhado seguidores no Brasil nas últimas duas décadas, sendo que o objetivo dos produtores é produzir, mesmo que em pequenas quantidades, bebidas especiais, com características únicas, acrescentando na fórmula base da cerveja outros ingredientes, como ervas aromáticas, frutos, raízes, açúcares e um infinitude de outros ingredientes. Essa variação na sua composição é o que torna essas cervejas únicas, fazendo com que tenham um alto valor agregado. Esse nicho do mercado não é exclusivo para dos pequenos negócios, as grandes empresas do setor no Brasil têm demonstrado também um interesse crescente. Na Tabela 07 apresenta-se o ranking produção de cervejas artesanais no mundo, sendo que o Brasil não aparece entre os 10 maiores produtores. A maior parte das cervejarias artesanais, e da produção se concentra na América do Norte e Europa, são mais de 10.000 cervejarias artesanais no mundo, das quais 86% estão nos EUA e Europa.

**Tabela 07:** Ranking produção de cervejas artesanais no mundo

País	Posição
EUA	1º
Reino Unido	2º
Alemanha	3º
Itália	4º
Espanha	5º
França	6º

Canada	7º
Holanda	8º
Suíça	9º
Austrália	10º

**Fonte:** Rachel Arthur (2017)

Entretanto, a questão de escala menor pode trazer problemas ambientais. Sendo, geralmente produzidas em regiões mais afastadas e/ou por indústrias de pequeno porte, muitas vezes o tratamento dos efluentes não é o mais adequado ou não é realizado de forma eficiente, levando a problemas de impactos em corpos receptores hídricos locais, muitas vezes sem capacidade de assimilar tais impactos de cargas orgânicas. Em muitos casos, o tratamento de efluente nem existe ou é completamente negligenciado. A falta de conhecimento e de gestão adequada, pode gerar problemas maiores para a região, pois se comparado com as grandes indústrias, com milhares de hectolitros de efluente gerados, os pequenos produtores têm menos incentivos para aplicar um tratamento adequado. Dessa forma, a produção industrial das cervejas convencionais apresenta um problema do impacto em função da escala, já as pequenas cervejarias artesanais apresentam principalmente dificuldade de controle pelo poder público devido à grande dispersão dos empreendimentos de pequeno/médio porte e pela falta de gestão interna dos efluentes, ambas podendo representar impactos regionais bastante significativos.

## 2.5. EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE CERVEJA

A grande produção global da cerveja, cria dois principais problemas, que impactam o ambiente e a sociedade: o grande consumo de água de alta qualidade (impactando os aquíferos) e a consequente geração de efluentes (impactando nos corpos hídricos superficiais). Para cada litro de cerveja produzido, segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), a média de geração de efluentes pode chegar até 12 litros (SANTOS, 2005).

Esses números podem ser menores em função de vários aspectos da tecnologia empregada na fabricação, no processo, do tipo de cerveja produzida, da escala, entre outros fatores. As bebidas alcoólicas têm processos relativamente semelhantes, o que faz com que os efluentes gerados nas indústrias sejam igualmente semelhantes, em qualidade assim como das alternativas de tratamento que podem ser melhor utilizados no seu tratamento. Os efluentes das indústrias de cerveja são ricos em matéria orgânica e nutrientes o que favorece seu tratamento biológico (aeróbio/anaeróbio). Na Tabela 08 são apresentados alguns dos parâmetros mais comuns para a caracterização do efluente de cervejaria, segundo Enitan et al. (2015).

**Tabela 08:** Características físico-químicas de efluente bruto de cervejaria

Parâmetros	Faixa	Valor médio
Temperatura (°C)	24 - 30,5	27,90 ± 2,23
pH	4,6 - 7,3	6,0 ± 1,44
DQO total (mg/L)	1096,41 - 8926,08	5340,97 ± 2265
DQO solúvel (mg/L)	1178,64 - 5847,74	3902,28 ± 1644
DBO (mg/L)	1609 - 3980	3215,27 ± 870,92
DQO/DBO <sup>(1)</sup>	0,7 - 2,2	1,7
Sólidos totais	1289 - 12248	5698,11 ± 2749,06
Sólidos voláteis	1832 - 4634	3257,33 ± 1074,34
Sólidos suspensos totais	530 - 3728	1826,74 ± 972,46
Sólidos suspensos voláteis	804 - 1278	1090,86 ± 182,74
Proteínas brutas	61,67 - 754,42	273,47 ± 233,63
Ortofosfatos	7,51 - 74,10	23,71 ± 21,88
Nitrogênio total	0 - 5,36	1,81 ± 1,66
N-NH <sub>3</sub>	0,48 - 13,05	8,62 ± 10,40
Nitrato	1,14 - 11,55	4,30 ± 3,41
Nitrito	0 - 0,24	0,37 ± 018
Potencial oxi-redox	(-27,1) - (-84,9)	-47,80
Condutividade elétrica	1.044 - 1.622	1,52
Alcalinidade total	500 - 10000	2450,33 ± 3034,19

<sup>(1)</sup> Faixas calculadas a partir dos dados máximos, mínimos e médios da fonte consultada.

**Fonte:** ENITAN et al. (2015)

A elevada carga orgânica volumétrica (COV) (relação concentração x volume) neste efluente, é devido ao seu conteúdo orgânico (DQO, DBO, COT), sólidos em suspensão totais (SST) e nutrientes (N, P), o que faz com que o despejo indevido em corpos receptores superficiais, pode causar a deterioração do ambiente, tais como: proliferação de algas (eutrofização), interferências na microbiota e na dinâmica do ecossistema aquático, o não cumprimento da leis ambientais, acarreta, além de problemas ambientais em problemas para a empresa culpada, como pagamento de multas, dependendo dos impactos causados sobre os corpos receptores.

## 2.6. TRATAMENTO DOS EFLUENTES

A grande quantidade de matéria orgânica presente nos efluentes da indústria de cervejas e sua alta biodegradabilidade (relação DQO/DBO<3,5, vide Tabela 08) faz com que os tratamentos biológicos, se mostrem mais atrativos, eficientes e baratos. Esses tipos de tratamento biológico, utilizam micro-organismos decompõsores, que fazem o trabalho de

degradar a matéria orgânica sob condições ambientais (T, pH, alcalinidade, etc.) e de processo (aeração, agitação, aquecimento, etc.) específicas. Na Tabela 09, apresenta-se a indicação do tipo de tratamento e da biodegradabilidade em função relação DQO/DBO de um efluente.

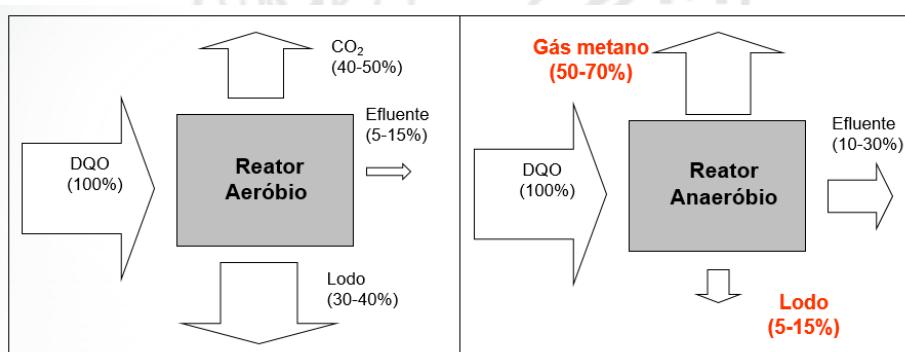
**Tabela 09:** Indicação do tipo de tratamento e da biodegradabilidade em função relação DQO/DBO de efluentes

Relação DQO/DBO	Biodegradabilidade	Indicação para tipo de tratamento
<2,5	Fração biodegradável elevada	Tratamento biológico indicado
2,5 a 3,5	Fração biodegradável mediana	Estudos de tratabilidade são indicados para avaliar a possibilidade de tratamento biológico ou físico-químico
>3,5	Fração biodegradável baixa	Tratamento físico-químico indicado

**Fonte:** Adaptado de VON SPERLING (2005)

O tratamento biológico pode ser dividido em dois tipos principais, o aeróbio e anaeróbio. No diagrama da Figura 2 apresenta-se o balanço material da DQO, representando a partição entre as fases sólida (Lodo), líquida (efluente tratado) e gasosa ( $\text{CO}_2/\text{CH}_4$ ) do conteúdo de carbono afluente em sistemas aeróbios e anaeróbios. Percebe-se que nos sistemas anaeróbios uma parcela mais significativa do carbono é transferida para a fase gasosa (50-70%) em comparação aos sistemas aeróbios (40-50%), sendo que o conteúdo da fase gasosa nos sistemas anaeróbios é rico em metano ( $\text{CH}_4$ ) que pode ser aproveitado energeticamente. Outra vantagem é a baixa produção de lodo dos sistemas anaeróbios em relação aos aeróbios.

**Figura 02:** Comparação do balanço material da DQO em sistemas aeróbios e anaeróbios



**Fonte:** CHERNICHARO (1997)

O tratamento aeróbio, como o próprio nome sugere, utiliza micro-organismos que degradam a matéria orgânica por oxidação em ambientes, onde há oxigênio disponível (naturalmente ou forçadamente), sendo um tipo de tratamento mais facilmente aplicável a grandes sistemas ou grandes indústrias. Os sistemas mais comuns são: as lagoas aeradas, os

filtros biológicos e os lodos ativados. Esse tipo de tratamento, é bastante recomendável para indústrias cervejeiras, atingindo remoções de DBO muitas vezes acima de 95%, com baixa emissão de odor e alta capacidade de remover compostos mais recalcitrantes, porém com um custo significativamente maior, necessitando também de uma área maior em relação aos sistemas anaeróbios.

No tratamento anaeróbio, a degradação da matéria orgânica do efluente se dá também pela ação de micro-organismos, mas em ausência de oxigênio, onde a matéria é degradada e transformada em CO<sub>2</sub> (menor quantidade se comparado ao tratamento aeróbio), CH<sub>4</sub> (metano), água e lodo (menor quantidade se comparado ao tratamento aeróbio). Esse tipo de tratamento é comumente aplicado para indústrias de menor ou maior porte devido as vantagens de seu custo x benefício, bem menor em relação aos sistemas aeróbios. Também é mais atrativo pela geração de subprodutos de maior valor agregado que podem ser aplicados na própria indústria.

Os tipos de sistemas de tratamento mais comuns são: os reatores (biodigestores, UASB, IC, EGSB), lagoas anaeróbias e filtro anaeróbio, possuindo como grandes vantagens o baixo custo de implementação e manutenção, baixa mecanização, baixa produção de lodo e produção do biogás, que pode ser utilizado como fonte de calor e energia. Duas frações, subprodutos do processo anaeróbio são muito importantes: o lodo e o biogás. Entretanto, o fator principal, que torna o tratamento anaeróbio mais atrativo é a elevada produção de biogás, já que boa parte da matéria orgânica é convertida em CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, o biogás é especialmente interessante para as indústrias cervejeiras pela capacidade de minimizar alguns custos, através da produção de energia elétrica ou geração de calor. A composição do biogás gerado nos reatores anaeróbios, tem cerca de 50% a 75% de metano e 25% a 50% de dióxido de carbono, além de traços de outras substâncias como hidrogênio, sulfetos e amônia. Cada 1 m<sup>3</sup> de biogás possui poder calorífico (PCI) de 5.000 a 7.000 kcal/m<sup>3</sup> e é equivalente à 0,66 litros de diesel ou 0,7 litros de gasolina (BARROS 2021). Outra possibilidade é a combinação de tratamentos anaeróbio, seguido de pós-tratamento aeróbio, agregando vantagens e desvantagens desses sistemas.

## 2.7.LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

O Brasil possui extensa legislação ambiental aplicável ao tratamento de efluentes em nível municipal, estadual e federal. Cada unidade da Federação pode ter suas próprias normativas mais restritivas em relação às Leis Federais, mas não menores que estas. As principais legislações que as indústrias de cerveja devem atender são 02 Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA): a Resolução Conama nº 357/05 (CONAMA, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais

para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências e a Resolução Conama nº 430/11 (CONAMA, 2011), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357/05.

### 3. METODOLOGIA

Esta etapa se caracterizou como uma Pesquisa Exploratória qualitativa onde foram avaliados dois conjuntos de ideias: os desafios e as oportunidades para o assunto em tese. A análise desses dois conjuntos foi feita à luz de aspectos do processo, do mercado, da escala da indústria, das características do efluente e dos tratamentos de efluentes existentes, além da legislação aplicável. A Pesquisa Exploratória é aquela que busca por meio dos seus métodos e critérios, uma proximidade da realidade do objeto estudado. Segundo Mattar (2001), os métodos utilizados pela pesquisa exploratória são amplos e versáteis. Os métodos empregados compreendem: levantamentos em fontes secundárias, levantamentos de experiências, estudos de casos selecionados e observação informal.

Para Zikmund (2000), os estudos exploratórios, geralmente, são úteis para diagnosticar situações, explorar alternativas ou descobrir novas ideias. Para realização esta pesquisa foi realizada levantamentos bibliográficos em bases de dados científicas (CapesCAFe, Google, Google Acadêmico), documentação técnica da área, e dados estatísticos sobre o mercado e legislação pertinente, trazendo informações pertinentes para o desenvolvimento da ideia central do artigo, o tratamento e seus desafios e oportunidades.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 10, são apresentados os resultados compilados da Pesquisa Exploratória com os principais desafios e oportunidades observados.

**Tabela 10:** Desafios e oportunidades observados na Pesquisa Exploratória

	<b>Desafios</b>	<b>Oportunidades</b>
<b>Processo Produtivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tornar os processos mais eficientes e limpos, gerando menos efluentes, menos resíduos, emissões, com menor gasto energético;</li> <li>- Falta de políticas públicas de incentivo a inovação e sustentabilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolvimento e incorporação de tecnologias e inovações;</li> <li>- Investimentos em inovação tecnológica no desenvolvimento de processos;</li> </ul>
<b>Mercado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crescimento do mercado;</li> <li>- Crescimento da concorrência;</li> <li>- Consumidor mais exigente;</li> <li>- Desenvolvimento de novos produtos (cervejas artesanais, sem álcool, sem glúten);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mercados emergentes (cervejarias artesanais, especiais, gourmet);</li> <li>- Investimentos em inovação tecnológica no desenvolvimento de novos produtos;</li> </ul>

<b>Escala da indústria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendência de ampliação de escala e da fusão de grandes indústrias e marcas;</li> <li>- Garantir sustentabilidade a pequenos produtores;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crescimento da produção em escala artesanal;</li> <li>- Tendência a produção dispersa: incentivando negócios regionais com incorporação de tecnologias e profissionais mais qualificados;</li> </ul>
<b>Características do efluente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzir carga poluidora (vazão x concentração) com processos mais limpos;</li> <li>- Reduzir perdas de produção;</li> <li>- Ampliar o reuso de efluente;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolvimento de processos mais limpos e com menos geração de subprodutos;</li> <li>- Investimentos em inovação tecnológica no desenvolvimento de processos que gerem efluentes com menor carga;</li> </ul>
<b>Tratamentos de efluentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolvimento de tratamentos de efluentes mais eficientes, limpos e com menos geração de subprodutos;</li> <li>- Tornar as tecnologias mais baratas para produtores menores;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investimentos em inovação tecnológica no desenvolvimento de tratamentos de efluentes mais eficientes e com menos geração de subprodutos (gases, lodos) e menor uso de energia e insumos químicos;</li> </ul>
<b>Legislação aplicável</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Legislações cada vez mais exigentes;</li> <li>-Dificuldade de cumprimento de aspectos legais;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ampliação da aplicação da legislação para industriais de menor porte;</li> <li>- Novas legislações adaptadas à realidade dos novos empreendimentos;</li> </ul>

**Fonte:** Autores (2022)

#### 4.1.DOS DESAFIOS

Como observado os desafios do setor são amplos e correlacionados entre si em termos de causa e efeito. Por exemplo, processos produtivos mais antigos geram mais efluentes e perdas de produção, assim como sistemas de tratamento mais simples podem levar a não atendimento de parâmetros ambientais mais exigentes. Desta forma deve haver uma análise individual para cada empreendimento e em função da sua escala. A solução de um problema favorecerá a resolução de outros em blocos. Uma questão resolvida pode interferir positivamente em outros fatores agindo sinergicamente e em cadeia. Também neste sentido, cada empresa possui uma realidade e deve elencar seus pontos fortes e fracos, afim de priorizar metas que possam ser mais efetivas em conjunto e reverter em ganhos econômicos e socioambientais para o empreendimento. Os efluentes de cervejaria são de fácil biodegradação, sendo os processos anaeróbios ou anaeróbio/aeróbio mais recomendáveis por fatores econômicos e energéticos. Tecnologia para o tratamento adequado existe e deve ser avaliada em cada caso pelo seu custo x benefício. O mercado de cervejarias vem ampliando ano a ano e deve ser acompanhado dos controles ambientais legais e da aplicação da legislação ambiental, cada vez mais exigente. As Resoluções Conama nº 357/05 e 430/11, apesar de restritivas, são bastante claras quantos aos parâmetros que deve atingir. Há tecnologia para esse atingimento e capacidade técnica instalada no país para sua boa aplicação. Entretanto, a proliferação de cervejarias de menor porte pode representar um risco ambiental quanto à efetividade de aplicação das tecnologias de tratamento de efluentes, bem como do atingimento dos parâmetros

ambientais legais, requerendo uma atenção especial do poder público e da fiscalização ambiental para atendimento desses requisitos legais necessários.

#### **4.2. DAS OPORTUNIDADES**

Observando as oportunidades elencadas em conjunto, muitas delas possuem em comum o fato de estarem ligadas à fatores de inovação, pesquisa e desenvolvimento, investimento financeiro e na formação de recursos humanos e, sobretudo na quebra de paradigmas. O efeito sinergético também é notável, visto que a implantação de uma inovação num empreendimento poderá interferir em vários outros simultaneamente. Grandes oportunidades no setor têm relação ao próprio mercado crescente, diversificado e que se encontra mais exigente e busca produtos diferenciados em sabor e qualidade.

Alterações sinergéticas no processo produtivo e alterações de sistemas de tratamento efluentes mais modernos levam a melhoria da qualidade do efluente favorecendo o reuso de água ou aproveitamento energético de subprodutos (biogás e lodos). Melhorias na gestão, manejo e controle de perdas (resíduos, água, insumos e energia) além dos sistemas de qualidade são oportunidades que agregam a todo o processo produto e em todas escalas desde os pequenos até os grandes empreendimentos.

Neste sentido, a redução de perdas de água, insumos e produtos acabados favorece à sustentabilidade do empreendimento e inclusive aspectos mercadológicos como associados ao marketing ambiental e ganhos advindo deste. Talvez as maiores oportunidades estejam ligadas a quebra de paradigmas no setor, visto que investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação geralmente não são priorizados e poderiam efetivamente incentivar grandes mudanças no setor com ganhos a sociedade e a este ciclo produtivo.

#### **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O crescente consumo de bebidas alcoólicas à, se destacar a cerveja, leva à necessidade de soluções que tornem o setor mais sustentável em termos de consumo de água e geração de efluentes. Os desafios encontram entraves tecnológicos e necessidades de tornar os processos mais limpos. As oportunidades relacionam-se preponderantemente à investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação. As mudanças no setor devem entender a dinâmica do mercado e adaptar soluções para o tratamento dos seus efluentes aliados à sua realidade, levando em consideração aspectos econômicos, ambientais e legais. Essa mudança de percepções trará avanços à sociedade, reduzindo problemas socioambientais, de segurança sanitária e alimentar, reduzindo gastos públicos, problemas jurídicos para os empreendimentos

e promovendo a sustentabilidade com uma visão mais realista para o setor.

## 6. REFERÊNCIAS

ALLTECH. **How Many Craft Breweries are there in the World?** 2015. Disponível em: <https://www.alltech.com/blog/how-many-craft-breweries-are-there-world-0>. Acesso em: 25 jun. 2022.

ÁLVARO BODAS. Vc S/A. **Cerveja Artesanal tem mercado quente para empreendedor e carreiras em alta.** 2020. Disponível em: Cerveja artesanal tem mercado quente para empreender e carreiras em alta Leia mais em: <https://vocesa.abril.com.br/empreendedorismo/mercado-de-cervejas-artesanais/>. 25 jun. 2022.

ARTHUR, Rachel. [Https://www.beveragedaily.com/Article/2017/03/20/Top-10-craft-beer-producing-countries](https://www.beveragedaily.com/Article/2017/03/20/Top-10-craft-beer-producing-countries). 2017. Disponível em: <https://www.beveragedaily.com/Article/2017/03/20/Top-10-craft-beer-producing-countries>. Acesso em: 25 jun. 2022.

BASSOLI, Monali. **“Descomplicando a Cerveja” — 03 - Conheça o processo de fabricação da cerveja.** 2017. Disponível em: <https://cinemaecerveja.com.br/descomplicando-a-cerveja-03-conheca-o-processo-de-fabricacao-da-cerveja-4d47b0881c9b>. Acesso em: 25 jun. 2022.

BARROS, T.D. Embrapa. **Biogás.** 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-ecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/> biogas. Acesso em: 10 jul. 2022.

CARLOS FELIPE FREITAS (Brasil). Catalisi. **Faturamento de cervejas premium cresceu 85% nos últimos anos no Brasil.** 2021. Disponível em: <https://catalisi.com.br/vendas-de-cerveja-brasil-em-2021/>. Acesso em: 24 jun. 2022.

CARLOS FELIPE FREITAS (Brasil). Catalisi. **Vendas de cerveja alcançam 14,3 bilhões de litros no Brasil em 2021.** 2022. Disponível em: <https://catalisi.com.br/vendas-de-cerveja-brasil-em-2021/>. Acesso em: 24 jun. 2022.

COELHO, P. **Processo de produção da vodka (vodca).** 2012. Disponível em: <https://www.engquimicasantossp.com.br/2012/08/producao-da-vodka.html>. Acesso em: 06 jun. 2022.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. 2005.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente. 2011.

CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias Volume 5: Reatores anaeróbios. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, 245 p., 1997.

DARLAN ALVARENGA (Brasil). G1. **Consumo de cerveja 'migra' para dentro de casa e volume de vendas no Brasil é o maior desde 2014.** 2021. Disponível em:

<https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/05/23/consumo-de-cerveja-migra-para-dentro-de-casa-e-volume-de-vendas-no-brasil-e-o-maior-desde-2014.ghtml>. Acesso em: 25 jun. 2022.

ENITAN, Abimbola M. et al. Characterization of Brewery Wastewater Composition. 2015. Disponível em: <https://openscholar.dut.ac.za/handle/10321/2992>. Acesso em: 06 jun. 2022.

FABIANO AZEVEDO (Brasil). A Gazeta do Acre. **As 8 bebidas alcoólicas mais consumidas no Brasil**. 2019. Disponível em: <https://agazetadoacre.com/2019/07/destaques-cotidiano/as-8-bebidas-alcoolicas-mais-consumidas-no-brasil/>. Acesso em: 24 jun. 2022.

FERNANDO LUIZ E. VIANA (Brasil). Banco do Nordeste. **INDÚSTRIA DE BEBIDAS ALCOÓLICAS**. 2022. Disponível em: [https://www.bnrb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1159/1/2022\\_CDS\\_216.pdf](https://www.bnrb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1159/1/2022_CDS_216.pdf). Acesso em: 08 jun. 2022.

KIRIN ESTIMATE (Japão). Kirin Holdgins. Market data and Sales. 2021. Disponível em: [https://www.kirinholdings.com/en/investors/library/databook/beer\\_country/](https://www.kirinholdings.com/en/investors/library/databook/beer_country/). Acesso em: 08 jun. 2022.

LÍGIA SABA (Brasil). Diário do Estado. **As 10 bebidas mais consumidas no mundo**. 2021. Disponível em: <https://diariodoestadogo.com.br/as-10-bebidas-mais-consumidas-no-mundo-110252/>. Acesso em: 25 jun. 2022.

MARINA BARBOSA (Brasil). Poder 360. **Produção brasileira de cerveja sobe 2,9 pontos em 2020 e retoma patamar de 2014**. 2021. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/economia/producao-brasileira-de-cerveja-sobe-29-pontos-em-2020-e-retoma-patamar-de-2014/#:~:text=O%20número%20de%20fabricantes%20cresceu,da%20pandemia%20de%20covid-19..> Acesso em: 24 jun. 2022.

MARTINS, Ana Paula et al. **O mercado de cervejas artesanais**. 2020. Disponível em: <https://simmmebnegocios.com.br/images/simmmebnegocios.com.br/noticias/OMercadoDeCervejasArtesanais.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.

M., S. SANTOS. CETESB. **CERVEJAS E REFRIGERANTES**. 2005. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/cervejas\\_refrigerantes.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/cervejas_refrigerantes.pdf). Acesso em: 24 jun. 2022.

MATTAR, F. N. Pesquisa de marketing. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

OLIVEIRA, C. R7. **Eisenbahn: conheça a origem da maior cervejaria artesanal do Brasil**. 2021. Disponível em: <https://recordtv.r7.com/topchef-brasil-3/espaco-artesanal-eisenbahn/eisenbahn-conheca-a-origem-da-maior-cervejaria-artesanal-do-brasil-08102021>. Acesso em: 25 jun. 2022.

PER KARLSSON. Bkwine Magazine. **The countries with the highest wine consumption per person in 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.bkwine.com/features/more/wine-consumption-per-person-2020/>. Acesso em: 06 jun. 2022.

P&Q Engenharia JR. PRODUÇÃO DE CERVEJA: ETAPAS, CARACTERÍSTICAS E A

QUÍMICA DA CERVEJA. 2021. Disponível em: <https://peqengenhariajr.com.br/processo-de-producao-de-cerveja/>. Acesso em: 24 jun. 2022.

ROSS, Thiago. **Como o Vinho é Feito: Conheça as 8 Etapas do Processo de Produção do Vinho.** 2016. Disponível em: <https://vidaevinho.com/processo-de-producao-do-vinho-2/>. Acesso em: 06 jun. 2022.

SACCHAROBEER. Dados atuais sobre o setor cervejeiro. 2020. Disponível em: [https://saccharobeer.com/dados-do-setor-cervejeiro/#:~:text=Nesse%20setor%2C%20em%20relação%20às,vinhos%20e%20destilados%20\(3%20%25\)., Acesso em: 24 jun. 2022.](https://saccharobeer.com/dados-do-setor-cervejeiro/#:~:text=Nesse%20setor%2C%20em%20relação%20às,vinhos%20e%20destilados%20(3%20%25).)

SÃO PAULO - BRASIL. Mateus Sales dos Santos e Flávio de Miranda Ribeiro. Cetesb. CERVEJAS E REFRIGERANTES. 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 08 jun. 2022.

STEPHAN J. BARTH (Alemanha). Barthhaas GmbH & Co. Kg (org.). BarthHaas Hops 2020/2021. 2021. Disponível em: [https://www.barthhaas.com/fileadmin/user\\_upload/kampagnen/barthhaas\\_bericht/BarthHaas\\_Report\\_Hops\\_2020\\_21.pdf](https://www.barthhaas.com/fileadmin/user_upload/kampagnen/barthhaas_bericht/BarthHaas_Report_Hops_2020_21.pdf). Acesso em: 07 jun. 2022.

TAÍS LAPORTA (Brasil). G1. **Brasil é o 10º maior mercado de vodca, a bebida 'anfitriã' da Copa.** 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/brasil-e-o-10-maior-mercado-de-vodca-a-bebida-anfitria-da-copa.ghtml>. Acesso em: 24 jun. 2022.

TORRES, L. **Cervejas Artesanais: Mercado Pós-Pandemia.** 2022. Disponível em: <https://gepea.com.br/cervejas-artesanais/>. Acesso em: 24 jun. 2022.

TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES: AERÓBIO X ANAERÓBIO. Disponível em: <https://meuresiduo.com/categoria-1/tratamento-biologico-de-efluentes-aerobio-x-anaerobio/>. Acesso em: 05 jun. 2022.

von SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Volume 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 3<sup>a</sup> Ed. 2005

ZIKMUND, W. G. Business research methods. 5.ed. Fort Worth, TX: Dryden, 2000.

## VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DO CARVÃO PARA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES E DE SOLO SUPERFICIAL: UMA REVISÃO NA PERSPECTIVA DA ECONOMIA CIRCULAR

## VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DEL CARBÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES E DE SUELOS SUPERFICIALES: UNA REVISIÓN DESDE LA PERSPECTIVA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

## VALUATION OF COAL WASTE FOR TOP SOIL AND FERTILIZERS PRODUCTION: A REVIEW FROM THE PERSPECTIVE OF CIRCULAR ECONOMY

Maria Fernanda Ebs<sup>1</sup>; Eduarda Fraga Olivo<sup>2</sup>; Lisandro Simão<sup>3</sup>; Jairo José Zocche<sup>4</sup>; Fabiano Raupp-Pereira<sup>3,5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.231-250>

### RESUMO

Esse estudo fundamenta-se na hipótese de que algumas das frações residuais do beneficiamento do carvão “run-of-mine” (ROM) da Bacia Carbonífera Catarinense (BCC) apresentam potenciais de utilização como matéria-prima funcional para a composição de novos produtos, alinhados a Economia Circular. Têm por objetivo avaliar o potencial de uso das frações residuais geradas nas diversas etapas do beneficiamento do carvão ROM, como matéria-prima para a produção de fertilizantes, de substratos para cultivo vegetal e para construção do horizonte superficial do solo. A amostragem foi concentrada na fração inorgânica do carvão ROM e seguimos a sistemática de Classificação, Potencialidade, Quantidade/viabilidade e Aplicação (CPQvA), para avaliar sua viabilidade de uso. Os resíduos foram classificados (C) conforme sua periculosidade. O potencial de uso (P) teve por base a composição química, analisada por Espectroscopia de Fluorescência (FRX), pH, Perda ao Fogo (% PF), origem geológica, tipo de beneficiamento, granulometria e conteúdo total de elementos químicos. Dados relativos às quantidades/viabilidade (Qv) foram obtidos junto as empresas fornecedoras das amostras. Para aplicação (A), analisamos apenas nossa própria proposta. Os resultados evidenciam que a maior parte das amostras dos resíduos pertencem à Camada Barro Branco (n = 11), foram obtidas junto ao jique e com predomínio da granulometria grossa (n = 17), se mostraram ácidas na coleta - pH entre 2,9 e 5,4 (n = 15) e fortemente ácidas - pH entre 2,3 e 2,8 (n = 15) no estoque, evidenciando acidificação ao longo do tempo. Si e Al foram os elementos com os maiores percentuais nas amostras, os teores de S total variaram de 0,05 a 4,32% kg<sup>-1</sup>, os conteúdos totais de Fe variaram de 2,01 a 32,65% kg<sup>-1</sup> e os de Ca variam de 0,05 a 4,57% kg<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos sugerem potencialidade de uso dos resíduos como matéria-prima para a produção de fertilizantes, de substrato para produção de plantas e de horizonte superficial do solo. Contudo, como o estudo é exploratório, a continuidade das pesquisas trará novos resultados, permitindo a avaliação dos dados até então obtidos e testes de novas hipóteses.

**Palavras-Chave:** Bacia Carbonífera Catarinense, Sistemática CPQvA, Carvão ROM.

### RESUMEN

Este estudio se basa en la hipótesis de que algunas de las fracciones residuales del procesamiento de carbón run-of-mine (ROM) de la Cuenca Carbonífera Catarinense (CCC) tienen potencial para ser utilizadas como materia prima funcional para la composición de nuevos productos, en línea con la Economía Circular. Su objetivo es evaluar el potencial de uso de las fracciones residuales generadas en

<sup>1</sup> Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), [mfernandaebs@gmail.com](mailto:mfernandaebs@gmail.com)

<sup>2</sup> Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), [eduardaolivo@unesc.net](mailto:eduardaolivo@unesc.net)

<sup>3</sup> Grupo de Pesquisa Valora, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), [lisandrosimao@gmail.com](mailto:lisandrosimao@gmail.com)

<sup>4</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), [jjz@unesc.net](mailto:jjz@unesc.net)

<sup>5</sup> Pós-Doutor, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM), Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), [fraupp@unesc.net](mailto:fraupp@unesc.net)

las diferentes etapas de procesamiento del carbón ROM, como materia prima para la producción de fertilizantes, sustratos para el cultivo de plantas y para la construcción del horizonte superficial del suelo. El muestreo se concentró en la fracción inorgánica del carbón ROM y seguimos el sistema de Clasificación, Potencialidad, Cantidad/Viabilidad y Aplicación (CPQvA) para evaluar su factibilidad de uso. Los residuos se clasificaron (C) según su peligrosidad. El uso potencial (P) se basó en la composición química, analizada por Espectroscopía de Fluorescencia (FRX), pH, perdida al fuego (% PF), origen geológico, tipo de procesamiento, granulometría y contenido total de elementos químicos. Los datos sobre cantidades/viabilidad (Qv) se obtuvieron de las empresas proveedoras de las muestras. Para la aplicación (A), analizamos solamente nuestra propia propuesta. Los resultados muestran que la mayoría de las muestras de residuos pertenecen a la Capa Barro Branco ( $n = 11$ ), se obtuvieron de la plantilla y con predominio de granulometría gruesa ( $n = 17$ ), fueron ácidos en la colección - pH entre 2,9 y 5,4 ( $n = 15$ ) y fuertemente ácido - pH entre 2,3 y 2,8 ( $n = 15$ ) en el stock, mostrando acidificación con el tiempo. El Si y el Al fueron los elementos con los porcentajes más altos en las muestras, los contenidos de S total oscilaron entre 0,05 y 4,32 % kg<sup>-1</sup>, los contenidos de Fe total oscilaron entre 2,01 y 32,65 % kg<sup>-1</sup> y los de Ca oscilaron entre 0,05 y 4,57 % kg<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos sugieren potencial para el aprovechamiento de los residuos como materia prima para la producción de fertilizantes, para la composición de sustrato para la producción vegetal y en la construcción del horizonte superficial del suelo. Sin embargo, como el estudio es exploratorio, la continuidad de la investigación traerá nuevos resultados, permitiendo la evaluación de los datos obtenidos hasta el momento y la prueba de nuevas hipótesis.

**Palabras Clave:** Cuenca Carbonífera Catarinense, Sistemática CPQvA, Carbón run-of-mine.

## ABSTRACT

This study is based on the hypothesis that some of the residual fractions from the processing of run-of-mine (ROM) coal from the Catarinense Carboniferous Basin (CCB) have potential for use as a functional raw material for the composition of new products, aligned with the Economics Circular. Aims to evaluate the potential for using the residual fractions generated in the different stages of processing of ROM coal, as raw material for the production of fertilizers, substrates for vegetable cultivation and for the construction of the surface horizon of the soil. Sampling was concentrated on the inorganic fraction of ROM coal and we followed the Classification, Potentiality, Quantity/Viability and Application (CPQvA) systematic to assess its feasibility of use. The residues were classified (C) according to their dangerousness. The potential use (P) was based on the chemical composition, analyzed by Fluorescence Spectroscopy (FRX), pH, Fire Loss (% PF), geological origin, type of processing, granulometry and total content of chemical elements. Data on quantities/viability (Qv) were obtained from the supplier companies of samples. For application (A), we analyze only our own proposal. The results show that most of the waste samples belong to the Barro Branco Layer ( $n = 11$ ), were obtained from the jig and with a predominance of coarse granulometry ( $n = 17$ ), were acidic in the collection - pH between 2.9 and 5.4 ( $n = 15$ ) and strongly acidic - pH between 2.3 and 2.8 ( $n = 15$ ) in the stock, showing acidification over time. Si and Al were the elements with the highest percentages in the samples, the total S contents ranged from 0.05 to 4.32% kg<sup>-1</sup>, the total contents of Fe ranged from 2.01 to 32.65% kg<sup>-1</sup> and those of Ca range from 0.05 to 4.57% kg<sup>-1</sup>. The results obtained suggest potential for the use of residues as raw material for the production of fertilizers, in the composition of substrates for plant production and in the construction of surface horizon of the soil. However, as the study is exploratory, the continuity of the research will bring new results, allowing the evaluation of the data obtained so far and the testing of new hypotheses.

**Keywords:** Catarinense Coal Basin, CPQvA Systematics, Run-of-mine coal.

## INTRODUÇÃO

A Bacia Carbonífera Catarinense (BCC) localiza-se na região sudeste de Santa Catarina, cujas deposições carbonosas pertencem à Formação Rio Bonito, camadas Barro Branco, Bonito e Irapuá (KALKREUTH *et al.*, 2010). Devido a espessura reduzida dessas camadas, alternância com folhelhos, siltitos e arenitos e, à presença de nódulos de sulfeto de ferro (FeS<sub>2</sub>)

(KALKREUTH *et al.*, 2006), para cada tonelada de ROM extraído são geradas aproximadamente 0,35 toneladas de carvão e 0,65 toneladas de resíduos ambientalmente relevantes (KALKREUTH *et al.*, 2010; AMARAL FILHO *et al.*, 2013), os quais tem sido conduzidos à depósitos tabulares controlados.

Em função do volume gerado, da degradação ambiental resultante, dos custos ambientais e econômicos para tratamento e disposição, diversos estudos relacionados ao aproveitamento dos resíduos da exploração do carvão têm sido realizados em nível mundial, visando: o uso como matéria prima para a produção de fertilizantes organominerais e condicionamento do solo (PATTI *et al.*, 1992; YAN; GAUTHIER; FLAMANT, 2001; DICK *et al.*, 2002; CHASSAPIS; ROULIA, 2008; MIKOS-SZYMAŃSKA *et al.*, 2019); a produção de substratos para produção vegetal e para construção do horizonte superficial do solo em áreas degradadas pela mineração do carvão (WEILER; FIRPO; SCHNEIDER, 2018) e; a construção de tecnosolos (e.g. FIRPO; AMARAL FILHO; SCHNEIDER, 2015; WEILER; FIRPO; SCHNEIDER, 2020; AMARAL FILHO *et al.*, 2020).

Com base na hipótese de que algumas das frações residuais do beneficiamento do carvão ROM da BCC apresentam potenciais para a utilização como matéria-prima funcional para a composição de novos produtos, esse estudo teve por objetivo avaliar o potencial de uso das frações residuais geradas nas diversas etapas do beneficiamento do carvão ROM, como matéria-prima para a produção de fertilizantes, de substratos para cultivo vegetal e para construção do horizonte superficial do solo.

Como resultados espera-se contribuir para o desenvolvimento de um estado de simbiose industrial, de desacoplamento do crescimento econômico do consumo de recursos e de emissões de poluentes, concebendo frações residuais como recursos e não como resíduos, onde, resíduos de uma atividade tornem-se insumos para outra, reduzindo assim o uso de matérias-primas virgens, prolongando sua vida útil e completando os ciclos econômicos e ecológicos, para transição para a Economia Circular.

## REFERENCIAL TEÓRICO

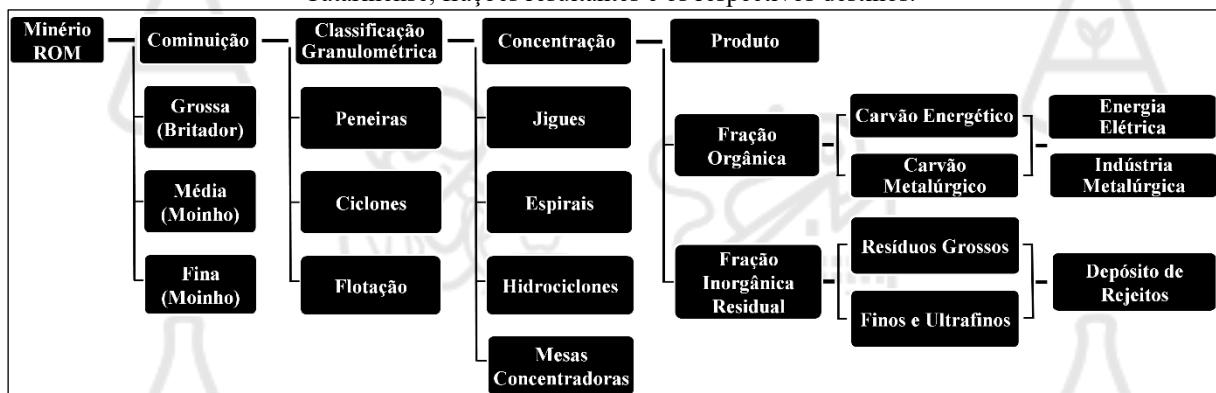
As jazidas de carvão mineral brasileiras totalizam 32 bilhões de toneladas e estão distribuídas na região sul do País, nos domínios geológicos da Bacia do Paraná, podendo contudo, ocorrer pequenas quantidades na região sudeste do estado de São Paulo (KALKREUTH *et al.*, 2010). Desse total, o estado do Rio Grande do Sul detém 89,25%, Santa Catarina 10,41%, Paraná 0,32% e São Paulo 0,02% (KALKREUTH *et al.*, 2006).

Em Santa Catarina, o carvão data do Permiano, está associado às litologias da Formação

Rio Bonito, Camada Barro Branco, Camada Bonito e Camada Irapuá (KALKREUTH *et al.*, 2010), cuja mineração é predominantemente subterrânea e se concentra nas duas primeiras camadas (KALKREUTH *et al.*, 2010; WEILER; SCHNEIDER, 2019). Devido a espessura reduzida das camadas, alternância dessas com camadas de rochas sedimentares (e.g. folhelhos, siltitos e arenitos) e presença de nódulos de sulfeto de ferro ( $FeS_2$ ) - pírita (KALKREUTH *et al.*, 2006), o minério de carvão ROM (“Run-of-Mine”) passa por processos físicos de beneficiamento para atender aos padrões de consumo exigidos (WEILER; SCHNEIDER, 2019).

Atualmente seis empresas mineradoras operam na BCC e fornecem o carvão (fração energética) para a geração de energia no Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda, localizado no município de Capivari de Baixo, sul de Santa Catarina, que admite até 43% de cinzas e 2,3% de enxofre (AMARAL FILHO *et al.*, 2013; WEILER; SCHNEIDER, 2019). O beneficiamento do carvão ROM na BCC ocorre em etapas (Figura 01) a fim de reduzir o percentual de matéria inerte e o teor de impurezas, proporcionando melhor padrão de qualidade para utilização, sem, contudo, modificar as características físicas e químicas dos minerais (GRZEECA, 2018).

**Figura 01:** Etapas e equipamentos utilizados no beneficiamento do carvão ROM na Bacia Carbonífera Catarinense, frações resultantes e os respectivos destinos.



Fonte: Própria (2022).

Inicia-se com a redução do tamanho das partículas (cominuição) que percorre três estágios: cominuição grossa (realizada em britadores), intermediária e fina (realizadas em moinhos), seguido pela classificação granulométrica, que pode ser obtida por meio de peneiras, ciclones ou, flotação e; pela concentração, que separa as frações de acordo com a densidade (WEILER; SCHNEIDER, 2019). A densidade das diversas frações resultantes varia de acordo com a concentração relativa de constituintes orgânicos e inorgânicos no carvão ROM (TAVARES; SAMPAIO, 2005) e no beneficiamento são utilizados equipamentos como jigues, espirais, hidrociclones e mesas concentradoras (WEILER, 2016).

Como resultado da qualidade do carvão ROM catarinense e da tecnologia de queima adotada, cada tonelada de ROM extraído gera aproximadamente 0,35 toneladas de carvão e 0,65 toneladas de resíduos, os quais, contém em torno de 12% de pirita, 6% enxofre (AMARAL FILHO *et al.*, 2013) e diversos metais pesados ambientalmente relevantes (KALKREUTH *et al.*, 2010), que muitas vezes ultrapassam os valores máximos admitidos pela Legislação Brasileira (COSTA; ZOCCHE, 2009). A pirita é a principal responsável pela geração da Drenagem Ácida de Minas (DAM), que representa um dos maiores impactos relacionados à mineração (WEILER; SCHNEIDER, 2019).

Embora no beneficiamento do carvão ROM sejam geradas diversas frações residuais e em diferentes etapas do processo, os resíduos têm sido conjuntamente conduzidos à depósitos tabulares controlados (módulos de rejeitos), o que dificulta o seu aproveitamento como matéria-prima. Estes depósitos estão localizados próximo às áreas de beneficiamento (SILVA; WOLFE, 2021), são cobertos por camadas de solo superficial e recebem a semeadura de gramíneas exóticas de rápido crescimento (AMARAL FILHO *et al.*, 2013), prática antiecológica e antieconômica, uma vez que para recuperar uma área, outra será degradada (WEILER; FIRPO; SCHNEIDER, 2020). Além disso, não oferece solução em longo prazo, pois, aumenta os impactos ambientais com o comissionamento de áreas para o estabelecimento dos depósitos e de material para o recobrimento dos resíduos, provoca distúrbios visuais na paisagem, produz e promove a circulação da DAM e impacta o solo, a água e a biota (COSTA; ZOCCHE, 2009).

Estima-se que cerca de 320 milhões de toneladas de resíduos de carvão ROM já tenham sido produzidos em Santa Catarina (WEILER; SCHNEIDER, 2019). Em função do volume gerado, da degradação ambiental resultante, dos custos ambientais e econômicos para tratamento e disposição, diversos estudos relacionados ao aproveitamento dos resíduos da exploração do carvão têm sido realizados em nível mundial visando: o uso como matéria prima para a produção de fertilizantes organominerais e condicionamento do solo (PATTI *et al.*, 1992; YAN; GAUTHIER; FLAMANT, 2001; DICK *et al.*, 2002; CHASSAPIS; ROULIA, 2008; MIKOS-SZYMAŃSKA *et al.*, 2019); o uso para rochagem (“rock for crops”), a produção de enxofre e de ácido sulfúrico (a partir da concentração da pirita) para produzir fertilizantes, sulfato férreo e sulfato ferroso (AMARAL FILHO *et al.*, 2013; WEILER; SCHNEIDER, 2019); a produção de substratos para produção vegetal e para construção do horizonte superficial do solo em áreas degradadas pela mineração do carvão (WEILER; FIRPO; SCHNEIDER, 2018) e; a construção de tecnosolos (e.g. FIRPO; AMARAL FILHO; SCHNEIDER, 2015; WEILER; FIRPO; SCHNEIDER, 2020; AMARAL FILHO *et al.*, 2020). Além desses enfoques, revisões sobre o aproveitamento de cinzas oriundas da queima do carvão

(e.g. BASU *et al.*, 2009; YUNUSA *et al.*, 2012; PAUL; ACHARYA; PRADHAN, 2019) para a produção de fertilizantes organominerais e ou, para o condicionamento do solo, também têm sido conduzidos. Tais estudos comungam objetivos comuns, alinhados aos princípios da Economia Circular.

A Economia Circular, à exemplo do que ocorre com os ciclos biológicos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015; SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2015), surge como um modelo que objetiva fechar o ciclo de vida dos produtos para atingir um estado de simbiose industrial (CHERTOW, 2000), onde os resíduos de uma atividade tornam-se insumos para outra (ELIA; GNONI, TORNESE, 2017; MATHEWS; TAN, 2018). Visa reduzir o uso de matérias-primas virgens e a produção de resíduos, melhorar a circularidade das matérias-primas e prolongar sua vida útil, completando os ciclos econômicos e ecológicos (ELIA; GNONI, TORNESE, 2017). Introduz uma nova perspectiva para o ecossistema industrial de desacoplamento do crescimento econômico do consumo de recursos e emissões de poluentes, uma vez que os materiais e produtos em fim de vida são concebidos como recursos e não como resíduos (SAUVE *et al.*, 2015).

A exploração do carvão, não só na BCC mas também em nível mundial, tem seguido os princípios da Economia Linear, o que foi importante para alavancar a economia, porém, resultou em diversos impactos ambientais relevantes. A busca pelo alinhamento da exploração do carvão com a Economia Circular é algo mundialmente desejável (PIETRZYKOWSKI, 2019) e nesse sentido, a utilização de algumas das frações residuais geradas nas diversas etapas do beneficiamento do carvão ROM, para a produção de substrastos para o cultivo de plantas, produção de horizonte superficial do solo e, composição de fertilizantes minerais e organominerais surge como alternativa promissora.

Os fertilizantes organominerais são produzidos por meio de blendagens e reações químicas de matérias-primas inorgânicas, com teores conhecidos de macro e micronutrientes, com resíduos orgânicos (ANTILLE; SAKRABANI; GODWIN, 2013). Têm a capacidade de melhorar as propriedades físicas e químicas do solo e de promover aumento da produtividade das culturas (KOMINKO; GORAZDA; WZOREK, 2017). De modo geral há carência de informações sobre o potencial dos resíduos do beneficiamento do carvão ROM para produção de fertilizantes, embora estudos sobre o aproveitamento das cinzas do carvão como corretivo do solo e para produção de fertilizantes químicos tenham sido realizados (BASU *et al.*, 2009). No Brasil, investigações relacionadas ao uso de cinzas do carvão na composição de fertilizantes ainda são incipientes (FLORES *et al.*, 2017) e até onde se tem conhecimento, não há estudos sobre o uso de resíduos do beneficiamento do carvão na agricultura ou para a composição de

fertilizantes.

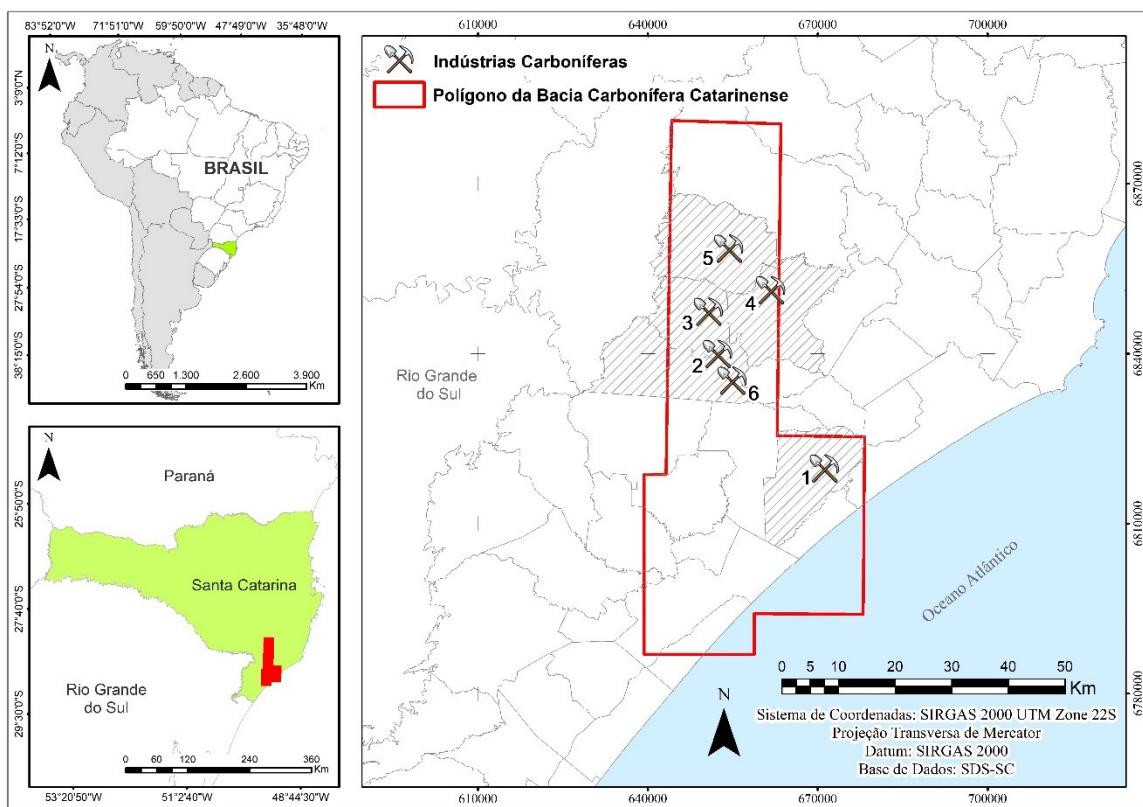
Esse estudo fundamenta-se na hipótese de que algumas das frações residuais do beneficiamento do carvão ROM da BCC apresentam potenciais para utilização como matéria-prima funcional na indústria de fertilizantes, na produção de substratos para produção vegetal e, na construção do horizonte superficial do solo de áreas degradadas pela mineração do carvão. Portanto, objetiva-se avaliar o potencial de uso das frações residuais geradas nas diversas etapas do beneficiamento do carvão ROM, em uma perspectiva de valorização de resíduos alinhada à Economia Circular.

## METODOLOGIA

Esse estudo caracteriza-se como de análise e de revisão bibliográfica e trata da avaliação do uso potencial de frações residuais, obtidas em diferentes etapas do beneficiamento do carvão ROM, como matéria-prima para a produção de material de interesse tecnológico (produtos candidatos – fertilizantes, substrato para a produção vegetal e para a construção do horizonte superficial do solo de áreas degradadas pela mineração do carvão), em uma perspectiva de valorização de resíduos alinhada à Economia Circular. É parte integrante do Projeto Circul@r Coal: valorização de resíduos de carvão como estratégia catarinense de transição para a Economia Circular, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa VALORA da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, SC.

O estudo envolveu seis mineradoras que operam na Bacia Carbonífera Catarinense (Figura 02) e fornecem carvão (fração energética) para o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, o qual está localizado no município de Capivari de Baixo, sul de Santa Catarina.

**Figura 02:** Localização da Bacia Carbonífera Catarinense e das seis mineradoras, fornecedoras de amostras coletadas em diferentes etapas do beneficiamento de carvão ROM, no sul de Santa Catarina, Brasil.

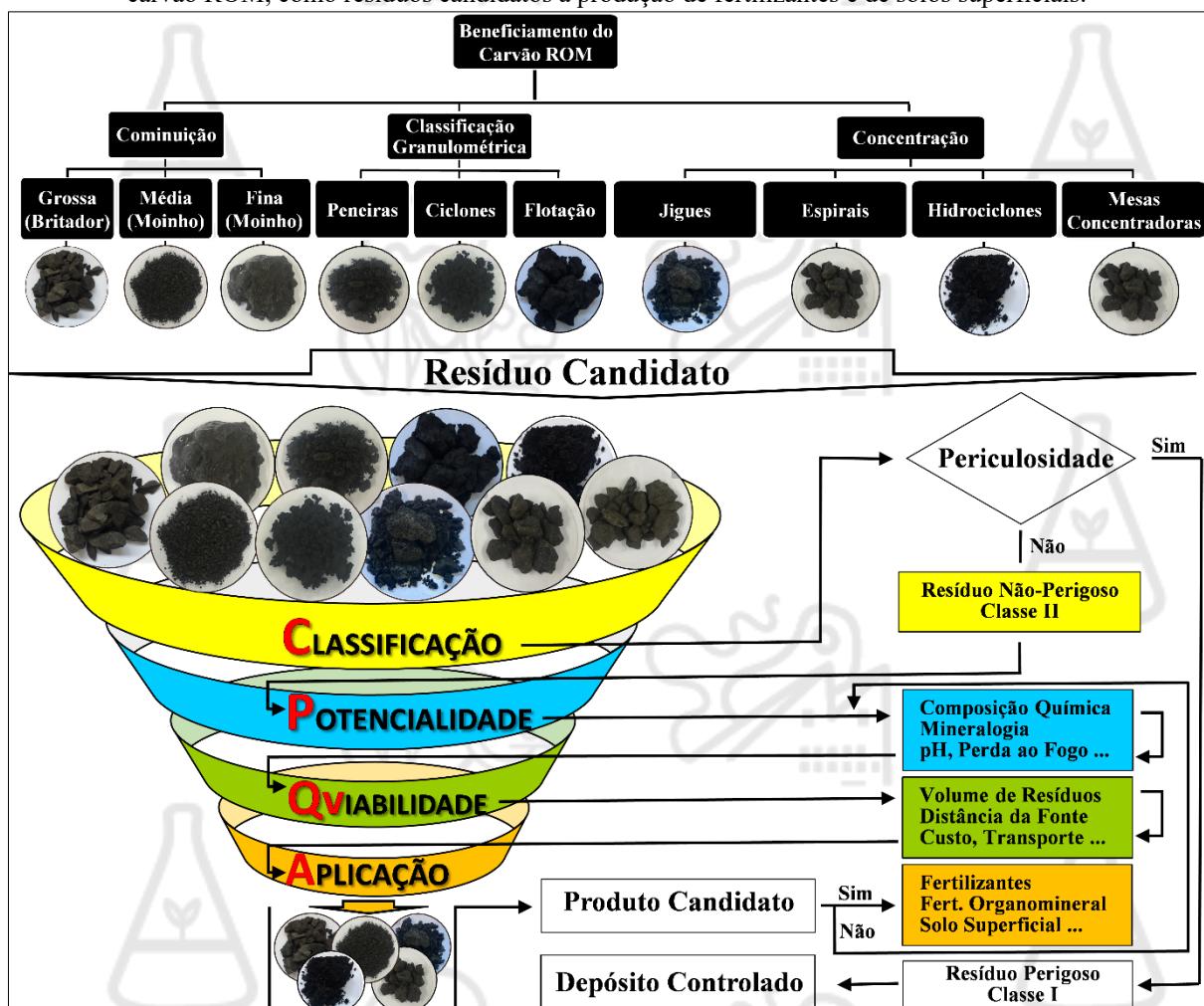


**Fonte:** Própria (2022).

Seguimos a sistemática de Classificação, Potencialidade, Quantidade/viabilidade e Aplicação (CPQvA) (Figura 03) apresentada por Raupp-Pereira (2006), para avaliar a potencialidade das frações residuais do carvão ROM para a produção de fertilizantes, de substrato para produção vegetal e para construção do horizonte superficial de áreas degradadas pela mineração do carvão. As frações residuais foram coletadas em diferentes etapas do beneficiamento do carvão ROM de acordo com a NBR 10007/2004 (ABNT, 2004a) e resultaram em 24 amostras identificadas por sequência alfanumérica A1 a F6.

As amostras foram classificadas (C) conforme sua periculosidade (ABNT, 2004b) e a avaliação do potencial de uso (P) teve por base as características de origem geológica (camadas deposicionais), tipo de beneficiamento, granulometria, pH, composição química, analisadas por Espectroscopia de Fluorescência (FRX) e Perda ao Fogo (% PF). Os dados relativos às quantidades/viabilidade (Qv) foram obtidos junto às empresas fornecedoras e, a aplicação (A) foi analisada com base no potencial para a produção de fertilizantes, de substrato para produção vegetal e para construção do horizonte superficial de áreas degradadas pela mineração do carvão.

**Figura 03:** Sistemática CPQvA utilizada para análise do potencial das frações residuais do beneficiamento do carvão ROM, como resíduos candidatos à produção de fertilizantes e de solos superficiais.



Fonte: Própria (2022).

As análises químicas e mineralógicas seguiram os métodos por energia dispersiva (espetrofotômetro Shimadzu - EDX 7000); pH (pH da H<sub>2</sub>O) determinada por meio da razão resíduo:água de 4 g:1000 ml v/v solubilizadas em H<sub>2</sub>O e a leitura em medidor AKSO - AK95. A Perda ao Fogo foi determinada a temperatura de 950 °C em forno mufla (ASTM D7348, 2007). O conteúdo percentual dos elementos químicos de interesse foram calculados com base na relação Molar dos compostos químicos das frações residuais do beneficiamento do carvão ROM.

A seleção das características químicas específicas das frações residuais do beneficiamento do carvão ROM para a produção de fertilizantes, de substrato para produção vegetal e para construção do horizonte superficial de áreas degradadas pela mineração do carvão se deu com base na literatura específica, relacionada aos respectivos temas desenvolvidos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características referentes as camadas geólicas de origem, granulometria, tipo de beneficiamento, composição química, pH e Perda ao Fogo das frações residuais do beneficiamento do carvão ROM, coletadas em diferentes etapas do beneficiamento do carvão ROM na Bacia Carbonífera Catarinense são apresentadas na Tabela 01.

Onze amostras tiveram origem geológica relacionada à Camada Barro Branco, sete à Camada Bonito e para seis, a origem é desconhecida, uma vez que foram obtidas de empresa que está relavando rejeitos de antigo depósito de rejeitos. O maior número de amostras das frações residuais ( $n = 12$ ) foi obtido junto ao jigue, seguido do meio denso e da mesa de ar ( $n = 3$ , cada), do ciclone e da bacia de decantação ( $n = 2$ , cada) e, da flotação e do britador ( $n = 1$ , cada). Predominou a granulometria grossa dos resíduos ( $n = 17$ ), seguida pela granulometria fina ( $n = 5$ ) e média ( $n = 2$ ).

O pH das frações residuais variou de 2,6 (amostra F1 - originada da Camada Barro Branco, com granulometria grossa e coletada na etapa de concentração junto a mesa de ar) a 8,5 (amostra F6 - originada da Camada Barro Branco, com granulometria fina e coletada na bacia de decantação). De modo geral predominaram frações residuais ácidas - pH de coleta entre 2,9 e 5,4 ( $n = 15$ ), seguidas de frações residuais neutras a levemente alcalinas - pH entre 6,0 e 8,5 ( $n = 7$ ) e de frações residuais fortemente ácidas - pH entre 2,6 e 2,8 ( $n = 2$ ). De outra forma, o pH de estoque (avaliado um ano após a coleta) baixou em todas as amostras, predominando frações residuais fortemente ácidas - pH entre 2,3 e 2,8 ( $n = 15$ ), seguidas de frações residuais ácidas - pH entre 2,9 e 3,3 ( $n = 5$ ) e de frações residuais neutras - pH entre 7,0 e 7,2 ( $n = 4$ ).

**Tabela 01:** Camadas geológicas de origem (CG), tipo de beneficiamento (TB), granulometria (G), pH, composição química e perda ao fogo (PF) das frações residuais do carvão ROM (A1 – F6), coletadas em diferentes etapas do beneficiamento em seis mineradoras na Bacia Carbonífera Catarinense. Identificação das amostras (ID). Camadas Geológicas de Origem (CG): BB = Barro Branco; B = Bonito; NI = Não Identificada; B(R) = Rejeitos da Camada Bonito. Tipo de Beneficiamento (TB): MD = Meio Denso; C = Ciclone; F = Flotação; J = Jigue; BD = Bacia de Decantação; M = Mesa de Ar; B = Britador; C = Ciclone. Granulometria (G): G = Grossa; M = Média; F = Fina. pH: C = Coleta; E = Estoque. - = Não detectado.

ID	CG	TB	Origem das Amostras		Composição Química (%)												PF %
			G	pH	C	E	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ZrO <sub>2</sub>
A1	BB	MD	G	7,7	3,1	49,6	20,8	0,6	6,7	1,5	2,8	1,6	-	-	-	0,1	16,0
A2	BB	C	F	7,9	7,0	36,7	16,1	1,9	11,3	7,6	2,3	1,3	-	-	-	-	22,4
A3	BB	F	F	7,5	7,0	48,7	22,2	0,5	4,2	1,4	3,0	1,4	-	-	-	-	18,3
B1	B	MD	G	6,0	3,3	36,4	12,7	10,8	8,4	6,4	3,9	1,1	0,5	0,2	0,1	-	19,5
B2	B	J	G	4,8	2,9	37,9	13,4	3,7	18,7	2,1	3,1	0,7	0,5	0,1	-	-	19,7
B3	B	J	G	3,4	2,8	37,5	13,9	10,2	12,6	5,4	3,6	0,8	-	0,1	0,1	-	15,7

B4	B	J	G	5,4	3,0	47,6	16,8	1,7	10,1	1,2	4,5	1,0	0,5	-	-	-	16,5
C1	B	MD	G	6,1	2,6	47,2	18,0	0,5	11,7	1,0	4,4	1,1	0,6	-	-	-	15,2
C2	B	J	M	8,2	7,2	37,3	13,8	0,9	18,0	2,1	3,3	0,8	-	0,1	-	0,1	23,4
C3	BB	J	G	4,2	2,7	44,6	20,5	0,1	12,7	0,3	2,7	1,4	-	-	-	0,1	17,3
C4	BB	J	G	3,1	2,7	47,0	23,8	0,1	6,0	0,4	3,2	1,6	-	-	-	-	17,7
D1	NI	J	G	2,9	2,4	42,4	16,9	4,3	8,7	2,1	2,7	1,4	-	-	-	0,1	21,1
D2	NI	J	G	3,2	2,6	40,5	18,1	4,3	9,9	2,6	2,6	1,3	-	-	-	0,1	20,4
D3	NI	J	G	3,6	2,5	35,5	15,7	2,2	16,8	1,2	2,0	1,0	-	-	-	0,1	25,2
D4	NI	J	G	3,2	2,5	45,3	16,9	3,0	5,4	1,7	2,5	1,2	-	-	-	0,1	23,7
D5	NI	J	G	3,2	2,6	40,3	14,9	4,8	8,0	2,3	2,7	1,3	-	-	-	0,1	25,5
D6	NI	BD	F	2,8	2,7	43,2	17,2	0,8	8,5	0,7	3,1	1,3	-	-	-	-	24,9
E1	B(R)	J	G	3,7	3,0	39,3	15,3	2,5	10,7	5,0	3,5	1,0	0,5	0,1	-	-	22,0
F1	BB	M	G	2,6	2,4	29,2	14,5	0,1	18,3	0,1	1,3	0,7	-	-	-	-	35,6
F2	BB	M	G	3,6	2,5	40,4	18,0	0,1	12,5	-	1,8	1,0	-	-	-	-	26,0
F3	BB	M	G	3,2	2,3	8,2	3,4	0,1	46,7	0,1	0,3	-	-	-	-	-	41,0
F4	BB	B	M	3,5	2,7	49,8	22,8	0,1	2,9	-	2,5	1,6	-	-	-	0,1	20,1
F5	BB	C	F	3,4	2,5	40,6	17,4	0,3	10,1	0,2	1,7	1,0	-	-	-	-	28,5
F6	BB	BD	F	8,5	7,1	47,9	22,0	1,2	3,2	1,0	2,2	1,4	0,7	-	-	0,1	20,0

Fonte: Própria (2022).

A Tabela 02 traz o conteúdo total dos elementos químicos presentes nas frações residuais amostradas. O Si e Al são os elementos que se apresentam com os maiores percentuais nas amostras, no entanto, os macronutrientes S, Ca, K, P e Mg e os micronutrientes Fe, Ti, Mn e Zr são os elementos de maior interesse na produção de fertilizantes. Os teores de enxofre total variaram de 0,05 a 4,32% kg<sup>-1</sup>, com maior frequência entre 0,05 e 1,0% kg<sup>-1</sup> (n = 17), seguidos de valores entre 1,22 e 2,0% kg<sup>-1</sup> (n = 5) e de 4,0 e 4,3% kg<sup>-1</sup> (n = 2). Grande parte do enxofre presente nas frações residuais amostradas se encontra na forma de sulfato (SO<sub>4</sub>) e essa é a forma de enxofre que está prontamente disponível para absorção pelas plantas (REETZ JR, 2017; THE SULPHUR INSTITUTE, 2022).

**Tabela 02:** Conteúdo total dos elementos químicos de interesse na produção de fertilizantes, de substrato para produção vegetal e para construção do horizonte superficial de áreas degradadas pela mineração do carvão, das respectivas frações residuais do beneficiamento do carvão ROM da Bacia Carbonífera Catarinense.

ID	Conteúdo Total (% kg <sup>-1</sup> )										
	Si	Al	S	Fe	Ca	K	Ti	Mg	Mn	P	Zr
A1	23,20	11,02	0,24	4,68	1,09	2,35	0,96	-	0,01	-	0,04
A2	17,17	8,53	0,76	7,89	5,47	1,92	0,81	-	0,03	-	0,03
A3	22,75	11,73	0,22	2,92	1,02	2,53	0,86	-	0,01	-	0,04
B1	17,00	6,74	4,32	5,87	4,57	3,23	0,64	0,28	0,12	0,05	0,03
B2	17,71	7,10	1,49	13,09	1,51	2,54	0,42	0,30	0,04	-	0,03
B3	17,52	7,34	4,09	8,82	3,83	2,99	0,48	-	0,12	0,05	0,03
B4	22,24	8,91	0,68	7,04	0,83	3,77	0,57	0,32	0,03	-	0,03

C1	22,05	9,53	0,19	8,20	0,69	3,69	0,65	0,39	0,02	-	0,03
C2	17,46	7,29	0,37	12,60	1,51	2,74	0,47	-	0,06	-	0,05
C3	20,86	10,88	0,05	8,93	0,25	2,21	0,83	-	0,02	-	0,04
C4	21,97	12,59	0,06	4,17	0,31	2,64	0,94	-	0,01	-	0,03
D1	19,84	8,96	1,74	6,12	1,53	2,21	0,84	-	0,01	-	0,04
D2	18,93	9,60	1,72	6,89	1,87	2,16	0,80	-	0,01	-	0,05
D3	16,61	8,33	0,88	11,79	0,83	1,69	0,59	-	0,01	-	0,07
D4	21,16	8,96	1,22	3,75	1,26	2,05	0,74	-	0,01	-	0,05
D5	18,83	7,90	1,93	5,59	1,63	2,23	0,79	-	0,01	-	0,05
D6	20,19	9,12	0,31	5,98	0,47	2,60	0,79	-	0,01	-	0,04
E1	18,39	8,08	1,00	7,47	3,60	2,88	0,59	0,30	0,07	-	-
F1	13,67	7,66	0,06	12,81	0,05	1,07	0,42	-	0,01	-	0,04
F2	18,88	9,51	0,05	8,77	-	1,48	0,63	-	0,01	-	0,04
F3	3,83	1,79	0,06	32,65	0,05	0,28	-	-	-	-	0,01
F4	23,27	12,08	0,06	2,01	-	2,05	0,94	-	0,01	-	0,06
F5	18,98	9,20	0,11	7,07	0,17	1,45	0,58	-	0,01	-	0,04
F6	22,38	11,66	0,48	2,24	0,69	1,87	0,82	0,43	0,01	-	0,04

Fonte: Própria (2022).

Os conteúdos totais de Fe e Ca, que são dois nutrientes de maior interesse, tanto na formulação de fertilizantes quanto nos estoques no solo, variaram de 2,01 a 32,65% kg<sup>-1</sup> para o Fe e de 0,05 a 5,47% kg<sup>-1</sup> para o Ca. O conteúdo do K, por sua vez, variou de 0,28 a 3,77% kg<sup>-1</sup>, enquanto que, os dos demais micronutrientes estiveram presentes em valores inferiores a 1,0% kg<sup>-1</sup> para Ti e em valores muito baixos para Mn e Zr, ou muito baixos a ausentes para Mg e P.

Geralmente, o Fe e Ca estão presentes em frações residuais dos carvões gregos do tipo linhito em concentrações mais altas em comparação com os outros elementos metálicos e não metálicos (CHASSAPIS; ROULIA, 2008), o que também ocorre nas frações residuais do carvão ROM da BCC (Tabela 02). Portanto, o teor de Fe e Ca pode ser adotado como critério importante na avaliação das frações residuais do beneficiamento do carvão ROM para a produção de fertilizantes organominerais (CHEN *et al.*, 2004; JEONG *et al.*, 2007), o que parece ser uma das aplicações mais promissoras (CHASSAPIS; ROULIA, 2008).

O Quadro 01 apresenta os 14 minerais essenciais, a forma pela qual eles são absorvidos pelas plantas e sua principal forma de reserva nos solos.

**Quadro 01:** Nutrientes minerais essenciais para as plantas, formas primárias de absorção e principais formas de reservas no solo.

Categoria	Nutrientes	Forma	
		Primária de absorção	Principal de reserva no solo
Macronutrientes	Nitrogênio (N)	Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Amônio ( $\text{NH}_4^+$ )	Matéria orgânica
	Fósforo (P)	Fosfato ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ), ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )	Matéria orgânica, Minerais
	Potássio (K)	Íon potássio ( $\text{K}^+$ )	Minerais
	Cálcio (Ca)	Íon cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )	Minerais
	Magnésio (Mg)	Íon magnésio ( $\text{Mg}^+$ )	Minerais
	Enxofre (S)	Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	Matéria orgânica, Minerais
Micronutrientes	Cloro (Cl)	Cloreto ( $\text{Cl}^-$ )	Minerais, Chuvas
	Ferro (Fe)	Ferro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ )	Minerais
	Boro (B)	Ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )	Matéria orgânica
	Manganês (Mn)	Íon manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ )	Minerais
	Zinco (Zn)	Íon zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ )	Minerais
	Cobre (Cu)	Íon cúprico ( $\text{Cu}^{2+}$ )	Matéria orgânica, Minerais
	Molibdênio (Mo)	Molibdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ )	Matéria orgânica, Minerais
	Níquel (Ni)	Íon níquel ( $\text{Ni}^{2+}$ )	Minerais

**Fonte:** Adaptado de Reetz Jr. (2017).

Os dados relativos às quantidades/viabilidade (Qv) foram obtidos junto às empresas fornecedoras, para apenas quatro amostras de frações residuais e variam de 1,5 tonelada mês<sup>-1</sup> (fração residual A3) a 6 toneladas mês<sup>-1</sup> (fração residual F6). No entanto, avaliações mais aprofundadas sobre a quantidade produzida em toneladas mês<sup>-1</sup> de cada fração residual devem ser realizadas para nortear estudos futuros.

Um fato muito importante a ser considerado é que, embora o beneficiamento do carvão ROM se dê em etapas distintas, no presente momento, as empresas mineradoras conduzem as frações residuais de cada etapa para o mesmo destino, ou seja, o destino final é o depósito controlado. Em se tratando de aproveitamento de resíduos como matéria-prima para geração de novos produtos, na direção da Economia Circular, no caso do presente estudo, para a indústria de fertilizantes, para a produção de substratos para cultivo de vegetais ou para a construção do horizonte superficial do solo em áreas degradadas pela mineração do carvão, a separação das frações é imprescindível uma vez que cada fração se origina em diferentes etapas e é submetida a diferentes técnicas de beneficiamento. Tanto as técnicas, quanto os equipamentos adotados em cada etapa do beneficiamento do carvão ROM resultam em diferentes características, tanto físicas (p. e. densidade e granulometria) quanto químicas (pH, teores de elementos químicos,

teor de pirita, etc.) que são essencialmente relevantes no momento de definir as potencialidades de cada fração, ou seja, cada fração residual é diferente de outra e cada qual tem a função a que se presta de acordo com suas características. Uma vez depositadas todas juntas, fica mais difícil, se não impraticável de avaliar suas potencialidades ou, mesmo, de aproveitá-las como matérias-primas.

Frequentemente as frações residuais do beneficiamento do carvão são tratadas como materiais sem potencialidade para uso, contudo, a reutilização como matéria-prima para novos produtos causaria um impacto positivo para o ambiente e para sociedade, representando uma redução drástica destes e ainda promovendo a transição para a Economia Circular, cuja finalidade é o uso eficiente de recursos materiais e energéticos, o reaproveitamento cíclico destes, considerando as limitações do planeta. Como tal, é a ciência mais qualificada à apresentar um novo panorama acerca da gestão de resíduos e recursos (BLOMSMA; BRENNAN, 2017). No entanto, estudos recentes sugerem que seus princípios ainda não são bem compreendidos, tanto pela comunidade científica quanto pela sociedade, ficando patente em muitas iniciativas que o principal intuito da Economia Circular ainda é considerado a prosperidade econômica, seguido pela qualidade ambiental (KIRCHHERR; REIKE; HEKKERT, 2017).

Com a crescente preocupação ambiental, a busca pela resolução dos problemas relativos a exploração de matérias-primas virgens, a geração de resíduos e à degradação ambiental só vem aumentando, o que torna os estudos voltados à circularidade dos materiais uma proposta promissora. O Quadro 02 apresenta a síntese dos estudos desenvolvidos sobre a utilização de frações residuais do beneficiamento do carvão, das cinzas oriundas da queima do carvão, para a produção de fertilizantes, de substratos para produção vegetal, no melhoramento e na construção do horizonte superficial do solo e para a recuperação de áreas degradadas pela mineração do carvão.

Estima-se que somente no ano de 2013 foram utilizadas em torno de 180,6 milhões de toneladas de fertilizantes para produção de alimentos em todo o mundo; desse total, 70,2% foram usados em países desenvolvidos e 29,8% em países em desenvolvimento (REETZ JR., 2017). No Brasil, país conhecido mundialmente por sua produção agrícola, há uma demanda crescente por fertilizantes, implicando em grande consumo de ácido sulfúrico, entretanto, dados publicados no Sumário Mineral 2014 (DNPM-BRASIL, 2015) indicam que o país importa cerca de 80% do enxofre que consome (WEILER; SCHNEIDER, 2019). A utilização de frações residuais do beneficiamento do carvão para a concentração do enxofre, a exemplo do que já ocorreu na BCC poderia suprir essa demanda nacional.

As previsões indicam que a população global atingirá 9,3 bilhões em 2050, o que implica no crescimento da demanda por alimentos, em relação a atualidade, na ordem de 60% (LEE, 2011). Os fertilizantes minerais desempenham um papel crucial neste cenário, pois ao mesmo tempo que a população cresce, as terras produtivas diminuem em função da expansão urbana e; sem fertilizantes, o mundo poderia produzir somente cerca da metade dos alimentos básicos e mais áreas sob florestas teriam que ser convertidas em áreas para culturas (REETZ JR., 2017). A maior parte dos fertilizantes é produzido a partir de matérias-primas de ocorrência natural, contendo minerais, exploradas ou extraídas em várias localidades. A exceção é caso do nitrogênio que é produzido por meio da combinação do N<sub>2</sub> do ar com gás natural, carvão, ou nafta para formar amônia anidra, que pode ser usada diretamente como fertilizante ou convertida para outra forma de fertilizante nitrogenado (REETZ JR., 2017). A transição de uma Economia Linear para uma Economia Circular requer a recuperação dos fluxos de resíduos como matérias-primas e, nesse sentido, a substituição de fertilizantes minerais por fertilizantes organominerais é uma direção importante na recuperação de materiais, energia e da substituição de matérias-primas minerais virgens por resíduos agroindustriais e da mineração, para a produção de fertilizantes organominerais.

**Quadro 02:** Estudos sobre a utilização do carvão de baixa qualidade, de frações residuais do beneficiamento do carvão ROM e das cinzas oriundas da queima do carvão como matéria-prima para a produção de fertilizantes, substrato para produção vegetal, melhoramento e, construção do horizonte superficial do solo.

Autor/ano	Título	Objetivos
<b>Utilização do carvão de baixa qualidade e de frações residuais do beneficiamento</b>		
Patti <i>et al.</i> (1992)	Ácidos nitro-húmicos de carvão marrom vitoriano	Descrever aplicações de ácidos nitro-húmicos indicadas na literatura; relatar resultados exploratórios na preparação, caracterização e aplicações agrícolas de ácidos nitro-húmicos.
Yan; Gauthier e Flamant (2001)	Volatilidade e química de elementos traço em um combustor de carvão.	Avaliar a volatilidade de elementos traço durante a combustão do carvão.
Dick <i>et al.</i> (2002)	Caracterização química e espectroscópica de ácidos húmicos de dois carvões sul-brasileiros com diferentes qualidades	Caracterizar ácidos húmicos no carvão e; avaliar a influência da qualidade do carvão e dos processos de nitratação na sua estrutura química e composição.
Chassapis e Roulia (2008)	Avaliação de carvões de baixa qualidade como matéria-prima para fertilizante organomineral a base de Fe e Ca usando um novo método EDXRF	Selecionar matérias-primas para a produção de fertilizantes organominerais.
Mikos-Szymańska <i>et al.</i> (2019)	Estudo preliminar de método para obtenção de fertilizante composto granular à base de carvão marrom e biocarvão	Desenvolver método para preparação de novos fertilizantes organominerais com o uso de lenhito e biocarvão como aditivos orgânicos.
Amaral Filho <i>et al.</i> (2013)	Caracterização de um depósito de rejeitos para o gerenciamento integrado dos resíduos de mineração na região carbonífera de Santa Catarina, Brasil	Caracterizar um típico depósito de rejeitos na BCC, buscando a separação de frações para uso futuro: fração para geração de energia; fração enriquecida em silicatos e; fração com alto teor de enxofre.
Weiler (2016); Weiler e Schneider (2019)	Utilização de pirita na região carbonífera de Santa Catarina, Brasil - Potenciais, desafios e vantagens ambientais	Avaliar o uso e benefícios ambientais da dessulfuração da pirita presente nos rejeitos de carvão.
Weiler; Firpo e Schneider (2018)	Substrato semelhante ao solo derivado de resíduos de carvão: uma oportunidade para resíduos de carvão em um cenário mineral sustentável	Processar resíduos de carvão transformando-os em substrato semelhante ao solo; avaliar o crescimento das plantas e possíveis mudanças na especiação do enxofre.

Firpo; Amaral Filho e Schneider (2015)	Um breve procedimento para fabricar solos a partir de resíduos de minas de carvão com base no processamento mineral, conceitos agrícolas e ambientais	Propor um procedimento para fabricar solos superficiais a partir de resíduos de carvão.
Weiler; Firpo e Schneider (2020)	Tecnosolo como ferramenta de gestão integrada para transformar resíduos urbanos e de mineração de carvão em um recurso	Avaliar o crescimento das plantas e as características químicas de tecnosolos produzidos a partir de resíduos finos de carvão e composto orgânico de resíduos urbanos.
Amaral Filho <i>et al.</i> (2020)	Sobre a viabilidade de resíduos de carvão sul-africanos para a produção de um 'FabSoil', tecnosolo	Investigar a viabilidade de uso da fração ultrafina do beneficiamento de carvão, dessulfurada, para a fabricação de tecnosolo, para uso como solo superficial na reabilitação de áreas mineradas na África do Sul.
<b>Utilização das cinzas da combustão do carvão</b>		
Basu <i>et al.</i> (2009)	Utilização potencial de cinzas volantes na agricultura: uma revisão global	Apresentar revisão dos estudos desenvolvidos nas quatro últimas décadas, sobre à utilização de cinzas volantes na agricultura.
Yunusa <i>et al.</i> (2012)	Aplicação de cinzas de carvão na agricultura: uma perspectiva estratégica	Discutir o uso das cinzas volantes para melhorar a qualidade do solo com menor risco às culturas e ao ambiente
Paul; Acharya e Pradhan (2019)	Utilização de cinzas volantes e seus potenciais benefícios na agricultura: uma revisão	Apresentar panorama sobre a importância, tipo, utilização, caracterização e utilização de cinzas volantes na agricultura.

**Fonte:** Própria (2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os avanços da ciência e da tecnologia têm impulsionado continuamente o consumo de recursos minerais, que são a base do desenvolvimento econômico, da expansão industrial, da urbanização e do crescimento populacional, pois esses processos são fortemente dependentes da indústria de mineração para operar e manter o padrão de vida humano. Os fertilizantes são responsáveis por aproximadamente metade da produção mundial das culturas, fornecendo alimento, forragem, fibra e biocombustíveis para uma população global. O uso de fertilizantes minerais é um dos principais fatores responsáveis pela segurança alimentar global nos tempos atuais. A maior parte da produção atual de alimentos depende da aplicação de fertilizantes e essa dependência irá, inevitavelmente, aumentar no futuro.

Os resultados desse estudo confirmaram a viabilidade da sistemática CPQvA para a avaliação da potencialidade das frações residuais do beneficiamento do carvão ROM da BCC como matéria-prima para novos produtos. A literatura revisada e as características químicas das frações residuais estudadas sugerem potencialidade de uso dos resíduos do beneficiamento do carvão como matéria-prima para a produção de fertilizantes, recuperação de enxofre e produção de substrato para produção de plantas ou horizonte superficial do solo.

A Economia Circular, semelhante aos sistemas biológicos, visa maximizar o ciclo de vida dos materiais com base na reutilização, valorização, reciclagem e aproveitamento dos ciclos naturais de matérias-primas. A utilização de frações residuais do carvão ROM como matéria-prima para novos produtos deve ser considerada como uma opção de gestão dos resíduos mais atrativa do que o encaminhamento para depósitos controlados, uma vez que está alinhada com a Economia Circular, em termos de reciclagem de nutrientes e de diminuição das

emissões de CO<sub>2</sub>.

As frações residuais do beneficiamento do carvão ROM, a exemplo de outros resíduos, são um reservatório de substâncias valiosas e, portanto, devem ser reutilizadas tanto quanto possível. Além dos benefícios óbvios é uma chance de transição para a Economia Circular, e portanto, alguns aspectos importantes devem ser observados: o impacto ambiental deve ser minimizado; os recursos devem ser usados de forma regenerativa considerando a escassez e a finitude dos mesmos; tecnologias inovadoras de reutilização de resíduos, como matérias-primas, são necessárias e devem garantir rentabilidade e benefícios econômicos; as limitações de uso dos recursos naturais e a proteção ambiental devem ser uma prioridade, mas com sustentabilidade ambiental, econômica e social.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10007. Amostragem de resíduos sólidos, second ed. Rio de Janeiro. 2004a.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10004. Resíduos sólidos - Classificação, second ed. Rio de Janeiro. 2004b.

AMARAL FILHO, J. R.; *et al.* Caracterização de um depósito de rejeitos para o gerenciamento integrado dos resíduos de mineração na região carbonífera de Santa Catarina, Brasil. **REM-Revista da Escola de Minas**. 66(3): 347-353. 2013.

AMARAL FILHO, J. R.; *et al.* On the feasibility of South African coal waste for production of “FabSoil”, a Technosol. **Minerals Engineering**, 146, 106059. 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 7348-07. Standard test methods for loss on ignition (LOI) of solid combustion residues. In: Book of Standards. West Conshohocken, PA, v.05.06, 6p. 2007.

ANTILLE, D.L., SAKRABANI, R.; GODWIN, R. J. Effects of biosolids-derived organomineral fertilizers, urea, and biosolids granules on crop and soil established with ryegrass (*Lolium perenne* L.). **Communication Soil Science Plant Analysis**. 45(12):1605–1621. 2014.

BASU, M.; *et al.* Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review. **Progress in Natural Science**. 19(10): 1173–1186. 2009.

BLOMSMA, F.; BRENNAN, G. The emergence of Circular Economy: A new framing around prolonging resource productivity. **Journal of Industrial Ecology**, 21(3): 603–614. 2017.

CHASSAPIS, K.; ROULIA, M. Evaluation of low-rank coals as raw material for Fe and Ca organomineral fertilizer using a new EDXRF method. **International Journal of Coal Geology**. 75(3): 185–188. 2008.

CHEN, Y.; CLAPP, C. E.; MAGEN, H. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: the role of organo-iron complexes. *Soil Science Plant Nutrition*. 50, 1089–1095. 2004.

CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. **Annual Review of Energy and the Environment**, 25(1), 313–337. 2000.

COSTA, S.; ZOCCHE, J. J. Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina. *Revista Árvore*. 33, 665-74. 2009.

DICK, D. P.; *et al.* Chemical and spectroscopical characterization of humic acids from two South Brazilian coals of different ranks. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. 13(2): 177–182. 2002.

DNPM-BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2015**. Brasília, v. 35. 2015.

ELIA, V.; GNONI, M. G.; TORNESE, F. Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. **Journal of Cleaner Production**. 142, 2741-2751. 2017.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Circular Economy - Schools of Thought**. 2022. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/>. Acesso em 12 de maio de 2022).

FIRPO, B. A.; AMARAL FILHO, J. R.; SCHNEIDER, I. A. H., A brief procedure to fabricate soils from coal mine wastes based on mineral processing, agricultural, and environmental concepts. **Minerals Engineering**. 76, 81-86. 2015.

FLORES, C. G.; *et al.* Potassic zeolites from Brazilian coal ash for use as a fertilizer in agriculture. **Waste Management**, 70, 263–271. 2017.

GRZECA, M. Análise do processo de cominuição para combustão do carvão mineral de Candiota. 82 f. 2018. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Mineral) UNIPAMPA, 2018.

JEONG, C. Y.; *et al.* Carboxylic content of humic acid determined by modeling, calcium acetate, and precipitation methods. *Soil Science Society of American Journal*. 71, 86-94. 2007.

KALKREUTH, W.; *et al.* Petrology and chemistry of Permian coals from the Paraná Basin: 1. Santa Terezinha, Leão-Butiá and Candiota Coalfields, Rio Grande do Sul, Brazil. **International Journal of Coal geology**, 68, 79–116. 2006.

KALKREUTH, W.; *et al.* Depositional setting, petrology and chemistry of Permian coals from the Paraná Basin: 2. South Santa Catarina coalfield, Brazil. **International Journal of Coal Geology**. 84(3-4), 213-223. 2010.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources Conservation and Recycling**. 127, 221-232. 2017

KOMINKO, H.; GORAZDA, K.; WZOREK, Z. The Possibility of Organo-Mineral Fertilizer Production from Sewage Sludge. **Waste and Biomass Valorization**, 8(5): 1781–1791. 2017.

LEE, R. The outlook for population growth. **Science**. 333, 569–573. 2011.

MATHEWS, J.A.; TAN, H. Circular Economy: Lessons from China. **Nature**. 531, 440-442. 2016.

MIKOS-SZYMAŃSKA, M.; *et al.* Preliminary study of a method for obtaining brown coal and biochar based granular compound fertilizer. **Waste and Biomass Valorization**. 10(12): 3673-3685. 2019.

PATTI, A. F.; *et al.* Nitrohumic acids from Victorian brown coal. **Science of The Total Environment**, 113(1-2), 49–65. 1992.

PAUL, S. C.; ACHARYA, G. C.; PRADHAN, A. K. Fly ash utilization and its potential benefits in agriculture: A review. **Indian Journal of Soil Conservation**. 47(1): 87-95, 2019

PIETRZYKOWSKI, M. Tree species selection and reaction to mine soil reconstructed at reforested post-mine sites: Central and Eastern European experiences. **Ecological Engineering**. X, 3: 100012. 2019.

RAUPP-PEREIRA, F. Valorização de resíduos industriais como fonte alternativa mineral: composições cerâmicas e cimentícias. 2006. 267 p. **Tese (Ciência e Engenharia de Materiais)** Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro, Universidade de Aveiro, Portugal. 2006.

REETZ JR., H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. Tradução: LOPES, A. S. São Paulo. Anda, 2017.

SAUVÉ, S.; BERNARD, S.; SLOAN, P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**. 17: 48-56. 2016.

SILVA, L. F. O.; WOLFE, A. L. Coal energy and environmental impacts: Introduction. **Energy Geoscience**. 2(2): 87–89. 2021.

TAVARES, L. M. M.; SAMPAIO, C. H. **Beneficiamento gravimétrico**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

THE SULPHUR INSTITUTE. **Sulphur – The fourth major plant nutrient**. 2022. Disponível em: <<https://www.sulphurinstitute.org/about-sulphur/sulphur-the-fourth-major-plant-nutrient/>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

WEILER, J. Benefícios ambientais da recuperação da pirita na mineração decarvão em SC. 2016. 106 p. **Dissertação** (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) Escola de Engenharia, UFRGS, 2016.

WEILER, J., FIRPO, B. A., SCHNEIDER, I. A. H., 2020. Technosol as an integrated management tool for turning urban and coal mining waste into a resource. **Minerals Engineering**. 147, 106179. 2020.

WEILER, J.; FIRPO, B. A.; SCHNEIDER, I. A. H. Coal waste derived soil-like substrate: An opportunity for coal waste in a sustainable mineral scenario. **Journal of Cleaner Production**. 174, 739-745. 2018.

WEILER, J.; SCHNEIDER, I. A. H. Pyrite utilization in the carboniferous region of Santa Catarina, Brazil - Potentials, challenges, and environmental advantages. **REM - International Engineering Journal**. 72(3): 515-522. 2019.

YAN, R.; GAUTHIER, D.; FLAMANT, G. Volatility and chemistry of trace elements in a coal combustor. **Fuel**. 80(15): 2217-2226. 2001.

YUNUSA, I. A. M.; *et al.* Application of Coal Fly Ash in Agriculture: A Strategic Perspective. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 42(6), 559-600. 2012.

## POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DOS SUBPRODUTOS ORIUNDOS DA INDÚSTRIA AVÍCOLA E SUAS APLICAÇÕES: UMA MINI-REVISÃO

## POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA AVÍCOLA Y SUS APLICACIONES: UNA MINI-REVISIÓN

## BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF BY-PRODUCTS FROM THE POULTRY INDUSTRY AND ITS APPLICATIONS: A MINI-REVIEW

Nilson Fernando Barbosa da Silva<sup>1</sup>; Thiago Pajeú Nascimento<sup>2</sup>; Juanize Matias da Silva Batista<sup>3</sup> Ana Lúcia Figueiredo Porto<sup>4</sup>; Romero Marcos Pedrosa da Costa<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.251-263>

### RESUMO

Resíduos avícolas são um dos maiores problemas da indústria pecuária e podem ser fontes promissoras de biomoléculas de interesse comercial, como a queratina, o colágeno, enzimas proteolíticas, hidroxiapatita, micro e macronutrientes. A partir de processos biotecnológicos, esses resíduos podem ser convertidos em coprodutos de forte interesse comercial devido às suas propriedades bioativas. A presente mini-revisão objetivou apresentar um panorama global da produção avícola assim como a geração de resíduos, seu potencial biotecnológico e as pesquisas referentes ao reaproveitamento desses resíduos. Os sites de buscas e banco de dados utilizados para o fomento da triagem foram o *Science Direct*, *Elsevier*, *Scopus*, *Springer*, *Google Scholar*, *PubMed*, *TandFonline* e *While Online Library* e os termos condizentes ao objetivo principal da pesquisa, delimitando um tempo de 5 anos para utilização de referencial embasado em pesquisas mais recentes. Os resultados encontrados apresentaram uma gama de aplicabilidade aos resíduos avícolas, como a sua utilização na obtenção de biodiesel, como fonte de nutriente para bactérias produtoras de enzimas proteolíticas. Também houve efetividade dos resíduos como fontes de proteínas de grande interesse comercial como a queratina e o colágeno. Assim, foi comprovado a variabilidade da aplicação dos resíduos avícolas.

**Palavras-Chave:** resíduos avícolas, biomoléculas, queratina.

### RESUMEN

Los residuos avícolas son uno de los mayores problemas de la industria ganadera y pueden ser fuentes prometedoras de biomoléculas de interés comercial, como queratina, colágeno, enzimas proteolíticas, hidroxiapatita, micro y macronutrientes. A partir de procesos biotecnológicos, estos residuos pueden convertirse en coproductos de fuerte interés comercial debido a sus propiedades bioactivas. Esta mini-revisión tuvo como objetivo presentar una visión global de la producción avícola, así como la generación de residuos, su potencial biotecnológico y la investigación sobre la reutilización de estos residuos. Los motores de búsqueda y la base de datos utilizados para promover el cribado fueron *Science Direct*, *Elsevier*, *Scopus*, *Springer*, *Google Scholar*, *PubMed*, *TandFonline* y *While Online Library* y los términos coherentes con el objetivo principal de la búsqueda, delimitando un tiempo de 5 años para el uso de la referencia en base a búsquedas más recientes. Los resultados mostraron un rango de aplicabilidad a los residuos de aves de corral, como su uso en la obtención de biodiesel, como fuente de nutrientes para las bacterias que producen enzimas proteolíticas. Los residuos también fueron efectivos como fuentes de proteínas de gran interés comercial como la queratina y el colágeno. Por lo tanto, se ha demostrado la variabilidad de la aplicación de residuos de aves de corral.

**Palabras Clave:** residuos avícolas, biomoléculas, queratina.

<sup>1</sup> Graduando em Farmácia, Universidade Católica de Pernambuco, [nilsons.fernando@gmail.com](mailto:nilsons.fernando@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutor em Biología Aplicada à Saúde, Universidade Federal do Piauí, [thiago\\_pajeu@hotmail.com](mailto:thiago_pajeu@hotmail.com)

<sup>3</sup> Doutora em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, [juanizematias@yahoo.com.br](mailto:juanizematias@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Professora Titular, Universidade Federal Rural de Pernambuco, [analupoporto@yahoo.com.br](mailto:analupoporto@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Doutor em Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco, [romero.brandao@upe.br](mailto:romero.brandao@upe.br)

## ABSTRACT

Poultry residues are one of the biggest problems of the livestock industry and can be promising sources of biomolecules of commercial interest, such as keratin, collagen, proteolytic enzymes, hydroxyapatite, micro and macronutrients. From biotechnological processes, these residues can be converted into co-products of strong commercial interest due to their bioactive properties. This mini-review aimed to present a global overview of poultry production as well as waste generation, its biotechnological potential and research on the reuse of these residues. The search engines and database used to promote screening were Science Direct, Elsevier, Scopus, Springer, Google Scholar, PubMed, TandFonline and While Online Library and the terms consistent with the main objective of the search, delimiting a time of 5 years for the use of reference based on more recent searches. The results showed a range of applicability to poultry residues, such as its use in obtaining biodiesel, as a nutrient source for bacteria producing proteolytic enzymes. Residues were also effective as sources of proteins of great commercial interest such as keratin and collagen. Thus, the variability of the application of poultry residues has been proven.

**Keywords:** poultry residues, biomolecules, keratin.

## INTRODUÇÃO

Resíduos gerados pela indústria e seus descartes são pautas recentes dentro das políticas ambientais dos últimos anos. O mal descarte desses resíduos podem gerar impactos ambientais de curto, médio e longo prazo (FAO, 2021). A indústria avícola é uma das que mais geram resíduos atualmente, uma vez que 70% do peso bruto é considerado subproduto após a etapa de processamento (MATOS *et al*, 2021; LIMA *et al*, 2021). Apenas em 2020, o Brasil foi responsável pela produção de aproximadamente 13,845 milhões de toneladas de carne de frango, o que resulta teoricamente no acúmulo de 29,074 milhões de toneladas de resíduos avícolas, o que se mal descartado, pode acarretar em grandes problemas ambientais (ABPA, 2021). Esses resíduos, entretanto, são fontes promissoras de partículas químicas e biológicas como enzimas, proteínas, minerais, macro e micronutrientes, o que os tornam passivos de processos de extração e isolamento dessas biomoléculas (BARUA *et al*, 2020; OLUBA *et al*, 2021; BEE, *et al*, 2019). Esses processos são denominados como processos biotecnológicos, os processos em questão podem ser pouco ou muito custosos a depender da demanda tecnológica e os reagentes necessários para obtenção do material final, não obstante, esses processos podem agregar valor comercial a um material outrora considerado como subproduto. Pesquisas recentes têm como intuito o reaproveitamento desses resíduos orgânicos a partir de diversos processos biotecnológicos, destinando-os para novos setores industriais como coproduto (YE *et al*, 2022). Com base nas informações assim descritas, a presente revisão tem como objetivo apresentar o vasto potencial biotecnológico dos resíduos provenientes da avicultura por meio de pesquisas recentes e afirmativas.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Avanço industrial da avicultura e o problema da geração de resíduos sólidos

Os últimos anos tiveram seu avanço econômico impactado por consequência da pandemia causada pelo coronavírus. Esses entraves econômicos resultaram em aumentos na inflação e numa alta de preços de alimentos, principalmente os da agropecuária (FAO, 2021). Por conta disso, determinados alimentos tiveram seu consumo mais bem estabelecido em detrimento a outros devido à acessibilidade em seu preço comercial. Na pecuária, a indústria que teve esse estabelecimento foi a avicultura (ABPA, 2021).

A avicultura sempre esteve consolidada como fonte direta de proteína animal para o ser humano, entretanto, essa consolidação foi ainda mais expandida durante a pandemia, uma vez que seu preço em detrimento a outras fontes se tornou mais acessível. Segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (2021) o consumo per capita de carne de frango passou de 41,10 kg/hab em 2016 para 44,09 kg/hab em 2020. Além disso, quando comparado ao consumo per capita de outras fontes de proteína, esse número se torna ainda maior. A Companhia Nacional de Abastecimento (2021) constatou o consumo de carne bovina no Brasil em 29,03 kg/hab, valor 35% menor que o consumo de carne de frango do mesmo ano. A tabela 1 apresenta o consumo brasileiro de diferentes fontes de proteína animal no ano de 2020 em quilogramas por habitantes e unidades por habitantes quanto ao consumo de ovos.

**Tabela 1:** Consumo brasileiro per capita de proteína animal em 2020

Fonte proteica	Valor	Unidade de medida
Frango	44,09	kg/hab
Bovina	29,03	kg/hab
Suína	16,00	kg/hab
Ovos	251	uni/hab
Peixe	9	kg/hab

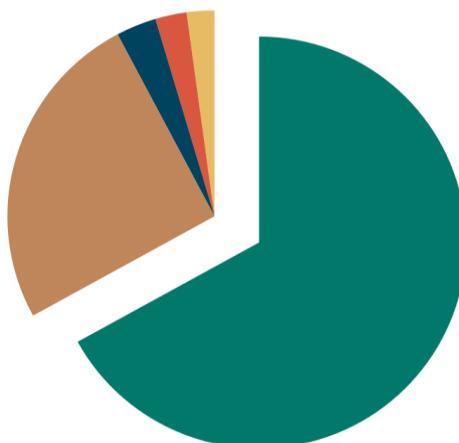
**Fonte:** Adaptado a partir de dados fornecidos pela ABPA, Conab e FAO.

O aumento do consumo per capita também reflete no aumento da produção por parte da indústria. Apenas em 2020, o Brasil teve uma produção total de 13,845 milhões de toneladas de carne de frango, produção maior que a do ano anterior, que contou com 13,245 milhões de toneladas, onde cerca de 69% corresponde ao mercado interno e 31% a exportações (ABPA, 2021). A forma de exportação varia quanto a produção do estoque e pode ser classificada em:

Corte, Inteiros, Salgados, Embutidos e Industrializados, onde o frango de corte corresponde a maior fatia do percentual total de exportações contabilizando mais de 66% do total, como constata o gráfico 1.

**Gráfico 1:** Exportações de frango quanto a forma de produção

● Corte ● Inteiros ● Embutidos ● Salgados ● Industrializados



**Fonte:** [ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal \(abpa-br.org\)](http://abpa-br.org), 2021

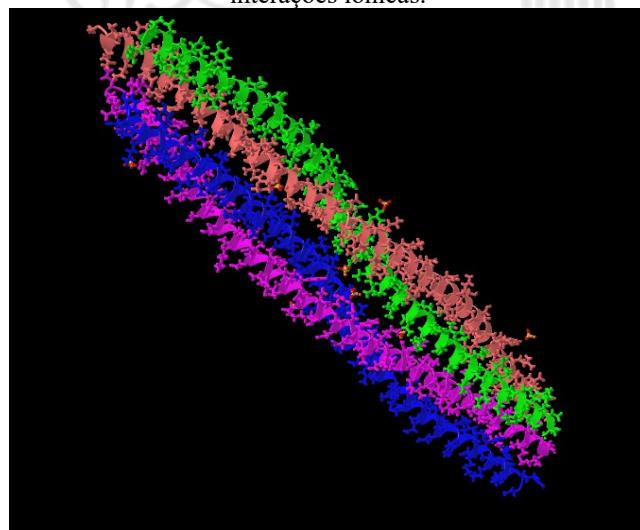
Tem-se como frango de corte a produção onde o produto final obtido será a carne de frango. A carne por sua vez corresponde aproximadamente a apenas 30% do peso bruto do frango de corte (MATOS *et al*, 2021). Esse percentual restante corresponde a: penas, pele, vísceras, pés, pescoço e cabeça (LIMA *et al*, 2021). Por não ter valor comercial direto, esse montante alheio à carne de frango é considerado como subproduto ou resíduo sólido agroindustrial, sendo portanto, tratado como material de descarte após a etapa de processamento. Algumas indústrias com maior aporte financeiro conseguem utilizar esses resíduos como formulações de compostos protéicos e óleos, entretanto, essa realidade não se aplica a comércios menores como abatedouros em fazendas e granjeiros (GARAY *et al*, 2022; BERMEJO & TEMELLI *et al*, 2021). Esses locais não contam com tecnologias sofisticadas voltadas à biotransformação e portanto esses resíduos são muitas vezes descartados em aterros ou no próprio ambiente, causando impactos de curto a longo prazo (OBIRI *et al*, 2020).

### Composição bioquímica dos subprodutos provenientes da avicultura

Considerado o maior componente do peso bruto total de frangos de corte, o material residual restante da etapa de processamento possui características bioquímicas bastante interessantes do ponto de vista biotecnológico (ORRICO *et al*, 2020). Galinhas são animais

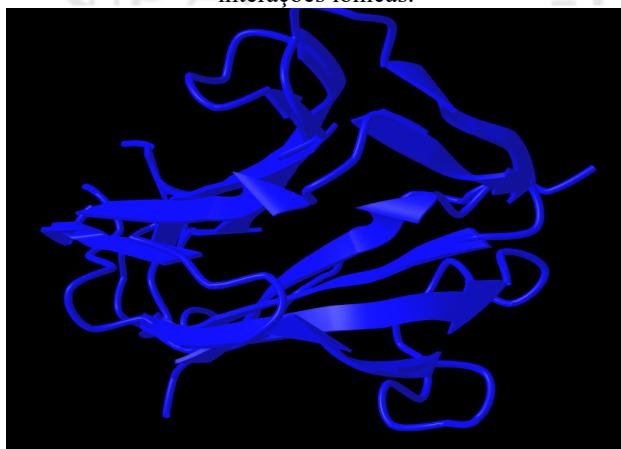
vertebrados pertencentes à classe das aves, cuja ordem é a dos *Galliformes*. Caracterizados pela presença de penas, esses animais são homeotérmicos e onívoros (GOU *et al*, 2021). A pele é um dos principais componentes teciduais dessas aves. Sua composição conta com proteínas estruturais, tais como o colágeno, que auxiliam na proteção, regeneração e retenção de líquido tecidual (NORIEGA *et al*, 2022). A coloração da pele de galinha pode variar entre branco e amarelo devido a presença de Xantofilas, compostos carotenóides que promovem a pigmentação (GOPI *et al*, 2020). As penas são ferramentas para retenção de líquido, mas também auxiliam na manutenção térmica e em alguns casos, na locomoção (OLUBA *et al*, 2021). Esses apêndices também possuem pigmentos naturais assim como a pele, o que fornece sua coloração específica, entretanto, sua maior característica é a estruturação por meio de queratina. (ZHANG *et al*, 2022). A queratina é uma macromolécula biológica pertencente ao grupo das escleroproteínas, ou proteínas fibrosas como mais comumente chamadas (FAGBEMI *et al*, 2020). Esta proteína é uma das mais abundantes em organismos vivos e têm como principal característica domínios intermediários de aminoácidos como a glicina, cisteína, tirosina e valina interagindo entre si por meio de atrações químicas de íons, como as pontes de hidrogênio e interações dissulfeto (YE *et al*, 2022). A queratina pode ser dividida em dois grupos quanto a sua estruturação com base nas interações moleculares. As alfa-queratinas tem suas cadeias de aminoácido retorcendo-se entre elas, garantindo um caráter helicoidal enquanto nas beta-queratinas, essas cadeias unem-se em paralelo como folhas dobradas, como bem denota as imagens 1a e 1b (CHOI *et al*, 2021; PARRY *et al*, 2019).

**Imagen 1a:** Estrutura química da alfa-queratina de tipo II, assim como seus domínios intermediários e interações iônicas.



**Fonte:** National Center for Biotechnology Information, 2019

**Imagen 1b:** Estrutura química da beta-queratina de tipo IV, assim como seus domínios intermediários e interações iônicas.



**Fonte:** National Center for Biotechnology Information, 2019

Além da pele e das penas, um outro subproduto com grandes propriedades biológicas são as vísceras. O trato gastrointestinal de qualquer indivíduo é rico sobretudo em enzimas digestivas (ARBITA *et al*, 2022). Enzimas são proteínas moduladoras que catabolizam diversas reações químicas presentes no organismo, otimizando o processo de reação ou em alguns casos, servindo como agente específico de um processo maior (ARIAEENEJAD *et al*, 2022). As enzimas presentes no trato gastrointestinal são moléculas responsáveis por catabolizar reações de clivagem em macromoléculas como carboidratos, lipídios e proteínas, facilitando o seu metabolismo (TALHI *et al*, 2022; RYU *et al*, 2022; MARDONES *et al*, 2022). A interação dessas enzimas com as suas respectivas macromoléculas de interesse atraem diversos pesquisadores que por meio de processos biotecnológicos buscam destinar estes recursos para um ramo de áreas industriais.

## METODOLOGIA

Esta mini-revisão foi desenvolvida a partir de levantamento bibliográfico, fazendo uso de plataformas eletrônicas científicas, como: ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>), Elsevier (<https://www.elsevier.com/>), TandFonline (<https://www.tandfonline.com/>), Scopus (<https://www.scopus.com/>), Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>), Springer (<https://www.springer.com/>), PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) e Wiley Online Library (<https://onlinelibrary.wiley.com/>), utilizando como descritores as palavras-chave: Subprodutos da avicultura, Resíduos de aves de corte e Queratina. Para sintetizar o assunto de forma mais atual, foi estabelecido um intervalo de 5 anos para o requisito de pesquisas a serem utilizadas. Realizou-se a leitura dos títulos e resumos para seleção dos artigos, livros, capítulos de livro, notas científicas, entre outros, excluindo os que não estavam dentro do escopo da

proposta ou mesmo que não detinham informações relevantes para nossa investigação. Foram incluídas publicações em inglês e português que atenderam aos critérios de busca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Utilização dos subprodutos da avicultura na formulação de óleo

O alto teor de triglicerídeos e outros lipídios presentes em resíduos de aves garantem a este a aplicação como material na produção de óleos. ODETOYE *et al* (2021) em uma de suas pesquisas mais recentes conseguiu converter cascas de ovos e gorduras de frango de corte em biodiesel a partir de um processo denominado transesterificação. Esse processo constituiu em esterificar a gordura de frango utilizando álcool e ácido sulfúrico e em seguida transesterificar utilizando o óxido de cálcio presente nas cascas de ovos. O biodiesel resultante atendeu às demandas do Padrão americano de amostras testes com uma densidade de 0.8971g/mL e uma viscosidade de 5.62 mPa. A cromatografia do material transesterificado mostrou a presença de ácido oleico, palmítico e linoléico, nas proporções 41.5%, 23.81% e 15.75% respectivamente. outras pesquisas referente a conversão de resíduos de aves em biodiesel apresentaram resultados diversos mas dentro da política padrão de amostras testes como esquematizado na tabela 2.

**Tabela 2:** Características físico-químicas do biodiesel oriundo dos resíduos avícolas

RESÍDUO	DENSIDADE (g/mL)	VISCOSIDADE (mPa)	AUTORES
Gordura	0.86	4.62	RAHMAN <i>et al</i> (2021)
Gordura	0.92	4.9	KIRUBAKARAM; SELVAN (2021)
Pele	0.82	3.3	BARUA <i>et al</i> (2020)
Gordura	0.86	2.74	SOEGIANTORO <i>et al</i> (2019)
Gordura	0.88	4.1	KIRUBAKARAM; SELVAN (2018)

**Fonte:** Adaptado de estudos científicos

O biodiesel é um combustível alternativo à gasolina comum que gera mais gases poluentes ao final do processo de combustão. Entretanto, o custo de produção do biodiesel é mais caro por demandar de processos mais tecnológico, assim, a utilização de uma matéria prima mais barata por ser considerada subproduto como nos casos dos resíduos avícolas ajuda na redução do custo final de produção.

## Extração e caracterização de queratina a partir de resíduos avícolas

A partir de resíduos orgânicos também é possível extrair biomoléculas de grande interesse industrial e nesse quesito, pesquisas recentes conseguiram estabelecer os subprodutos avícolas como fontes promissoras de algumas dessas biomoléculas. O método de extração pode variar visando reduções de custo, coproduto final de maior qualidade estrutural e utilização de compostos não tóxicos para extração. KHUMALO *et al* (2020) conseguiram obter queratina a partir de penas de frango utilizando agentes redutores no processo de extração. O processo de extração foi significativamente efetivo e resultou na obtenção da queratina utilizando os agentes redutores: Bissulfito de sódio e Dodecil sulfato de sódio. Uma avaliação dos fatores independentes presentes no processo biotecnológico mostrou que os fatores preponderantes no processo de extração foram a temperatura da reação, a concentração da reação e a concentração do Bissulfito de sódio. A concentração de Dodecil sulfato de sódio não foi tão relevante quanto as demais acima citadas e portanto foi desconsiderada do processo. A ação do bissulfito de sódio ainda interferiu no tamanho dos compostos extraídos. A queratina extraída foi caracterizada quando as bandas espectrais pelo processo de FTIR (Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier) e quanto ao peso molecular usando o SDS-PAGE. A análise FTIR apresentou as bandas Amida A, B, I, II, III e IV com picos em  $2919.88\text{ cm}^{-1}$ ,  $1633.74\text{ cm}^{-1}$ ,  $1532.24\text{ cm}^{-1}$ ,  $1212.05\text{ cm}^{-1}$ ,  $623\text{ cm}^{-1}$  e  $1000\text{ cm}^{-1}$ , respectivamente. A análise SDS-PAGE constatou a queratina extraída como de baixo a alto peso molecular pela presença de monômeros com pesos variados, o que pode ser atribuído às condições de extração. Assim então, a caracterização do material extraído mostrou a presença de queratina com características específicas presentes na literatura descrita e portanto têm o mesmo potencial da queratina convencional. OLUBA *et al* (2021) e POURJAVAHERI *et al* (2019) também conseguiram obter queratina a partir de resíduos avícolas utilizando diferentes métodos. OLUBA *et al* (2021) conseguiu obter queratina utilizando hidróxido de sódio como principal reagente, enquanto POURJAVAHERI *et al* (2019) utilizou o sulfeto de sódio e L-Cisteína. Em ambos os estudos houveram a caracterização do material extraído, encontrando similaridades com outros tipos de queratinas descritas na literatura, entretanto, por usar diferentes partes de penas de frango, POURJAVAHERI *et al* (2019) conseguiu extrair queratinas de dois grupos diferentes, queratinas de estrutura alfa-hélice e de estrutura beta-pregueadas, todas de forte interesse comercial. A tabela 3 apresenta outras obtenções de queratina residual assim como seus respectivos métodos de extração.

**Tabela 3:** Forma de obtenção de queratina residual a partir de resíduos de penas

MÉTODO	AUTOR
NaOH/NaHSO <sub>3</sub>	FAGBEMI <i>et al</i> (2020)
2-Mercaptoetanol/Cisteína	MI <i>et al</i> (2020)
2-Mercaptoetanol/Sulfito de sódio	ALAHYARIBEIK & ULLAH (2020)
Sulfeto de sódio	RAMAKRISHNAN <i>et al</i> (2018)
Bissulfito de sódio/Uréia	MUKHERJEE <i>et al</i> (2020)
Hidróxido de sódio	ALASHWAL <i>et al</i> (2020)

**Fonte:** Adaptado a partir de estudos científicos

### Obtenção de diferentes tipos de compostos a partir de resíduos avícolas

Além de proteínas estruturais como a queratina, os resíduos avícolas podem fornecer outros tipos de compostos biológicos de interesse comercial. BEE *et al* (2019) e BARUA *et al* (2018) em seus estudos com resíduos de frango de corte conseguiram obter Hidroxiapatita a partir de restos de ossos. Eles conseguiram obter o material final após submeter os resíduos de ossos ao processo de calcinação sob alta temperatura. BARUA *et al* (2018) em seu estudo caracterizou a Hidroxiapatita quanto as suas bandas espectrais por meio do FTIR enquanto BEE *et al* avaliou os efeitos da temperatura nas propriedades biológica da Hidroxididade, constatando que o material residual sofria uma otimização no processo de calcinação a partir de 900°C. ALAHYARIBEIK *et al* (2020) utilizou penas de frango como fonte de carbono e nitrogênio para o crescimento de 4 espécies de bactérias (*Rhodococcus erythropolis*, *Geobacillus stearothermophilus*, *Bacillus pumilis*, *Bacillus licheniformis*). Com essa fonte, ALAHYARIBEIK *et al* (2020) constatou um grande crescimento e uma boa atividade proteolítica por parte de enzimas queratinolíticas (50.41, 9.91, 35.41, 33.46 U/mL). AKRAM; ZHANG (2020) conseguiram extrair e caracterizar colágeno do tipo II a partir da cartilagem severa de frangos pelo método pepsina-solúvel utilizando pepsina comercial e processos de ultrasonicação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em diferentes linhas de pesquisa os resíduos avícolas se mostraram fontes promissoras de biomoléculas e outros compostos bioativos, com bons rendimentos e a partir de processos pouco custosos. Com base nas constatações evidenciadas, é correto afirmar que o fomento de aplicações para os co-produtos provenientes de resíduos avícolas é benéfico à economia e à ciência agroindustrial. Os processos biotecnológicos responsáveis pela biotransformação dos resíduos são de fácil replicação e demandam compostos acessíveis, pouco danosos ao ambiente e de custo acessível à comunidade acadêmica.

Outro fator importante é a necessidade de soluções alternativas ao descarte de resíduos, que atualmente é um importante vetor de poluição e outros danos ambientais como eutrofização ecossistêmica, sobreposição de espécies exóticas por meio do fomento à produção primária em excesso, deposição de matéria orgânica morta e outros mais de médio a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

ABPA. Relatório anual de 2021. 2021 Disponível em: <<https://www.abpa-br.org>>.

AKRAM, A. N.; ZHANG, C.; Extraction of collagen-II with pepsin and ultrasound treatment from chicken sternal cartilage; physicochemical and functional properties. **Ultrasonics Sonochemistry**. v.64, 2020.

ARBITA, A. A.; PAUL, N. A.; COX, J.; ZHAO, J.; Amino acid sequence of two new milk-clotting proteases from the macroalga *Gracilaria edulis*. **International Journal of Biological Macromolecules**. v.211 9499-505, 2022.

ARIAEENEJAD, S.; KAVOUSI, K.; MAMAGHANI, A. S. A.; GHASEMITABESH, R.; SLALEKDEH G. H.; Simultaneous hydrolysis of various protein-rich industrial wastes by a naturally evolved protease from tannery wastewater microbiota. **Science of Total Environment**. v.815, 2022.

ALAHYARIBEIK, S.; SHARIFI, S. D.; TABANDEH, F.; HONARBAKHS, S.; GHAZANFARI, S.; Bioconversion of chicken feather wastes by keratinolytic bacteria. **Process Safety and Environmental Protection**. v.135 p171-178, 2020.

ALAHYARIBEIK, S.; ULLAH, A.; Methods of keratin extraction from poultry feathers and their effects on antioxidant activity of extracted keratin. **International Journal of Biological Macromolecules**. v.148 p449-456, 2020.

ALASHWAL, B. Y.; BALA, M. S.; GUPTA, A.; SHARMA, S.; MISHRA, P.; Improved properties of keratin-based bioplastic film blended with microcrystalline cellulose: A comparative analysis. **Journal of King Saud University - Science**. v.32 p853-857, 2020.

BARUA, E.; DEOGHARE, A. B.; DEB, P.; LALA, S. D.; CHATTERJEE, S.; Effect of Pre-treatment and Calcination Process on Micro-Structural and Physico-Chemical Properties of

Hydroxyapatite derived from Chicken Bone Bio-waste. **Materialtoday: Proceeding.** v.15 p188-198, 2019.

BARUA, P.; HOSSAIN, N.; CHOWDHURRY, T.; CHOWDHURRY, H.; Commercial diesel application scenario and potential of alternative biodiesel from waste chicken skin in Bangladesh. **Environmental Technology & Innovation.** v.20, 2020.

BEE, S. L.; MARIATTI, M.; AHMAD, N.; YAHAYA, B. H.; HAMID, Z. A. A.; Effect of the calcination temperature on the properties of natural hydroxyapatite derived from chicken bone wastes. **Materialstoday: Proceedings.** v.16 p1876-1885, 2019.

BERMEJO, D. V.; TEMELLI, F.; Extraction of oil rich in coenzyme Q10 from chicken by-products using supercritical CO<sub>2</sub>. **The Journal of Supercritical Fluids.** v.174, 2021.

CHOI, H.; MUN, S.; JOO, E. J.; LEE, K. Y.; KANG, H. G.; LEE, J.; Serum proteomic analysis of major depressive disorder patients and their remission status: Novel biomarker set of zinc-alpha-2-glycoprotein and keratin type II cytoskeletal 1. **International Journal of Biological Macromolecules.** v.183 p2001-2008, 2021.

CONAB. Portal De Informações Agropecuária. 2020 Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>.

FAGBEMI, O. D.; SITHOLE, B.; TESFAYE, T.; Optimization of keratin protein extraction from waste chicken feathers using hybrid pre-treatment techniques. **Sustainable Chemistry and Pharmacy.** v.17, 2020.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. 2021 Disponível em: <<https://www.fao.org>>.

GARAY, M. G. R.; GONZÁLEZ, E. M.; GONZÁLEZ, C. H.; DOMÍNGUEZ, A. S.; VERDÍN, E. M. B.; MAGAÑA, M. L. G.; Bioactivity of peptides obtained from poultry by-products: A review. **Food Chemistry: X.** v.13, 2022.

GOU, Z.; ABOUELEZZ, K. F. M.; FAN, Q.; LI, L.; LIN, X.; WANG, Y.; CUI, X.; YE, J.; MASOUD, M. A.; JIANG, S.; MA, X.; Physiological effects of transport duration on stress biomarkers and meat quality of medium-growing Yellow broiler chickens. **Animal.** v.15, 2021.

GOPI, M.; DUTTA, N.; PATTANAIK, A. K.; JADHAV, S. E.; MADHUPRIYA, V.; TYAGI, P. K.; MOHAN, J.; Effect of polyphenol extract on performance, serum biochemistry, skin pigmentation and carcass characteristics in broiler chickens fed with different cereal sources under hot-humid conditions. **Saudi Journal of Biological Sciences.** v.27 p2719-2726, 2020.

KIRUBAKARAM, M.; SELVAN, V. A. N.; A comprehensive review of low cost biodiesel production from waste chicken fat. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** v.82 p390-401, 2018.

KIRUBAKARAM, M.; SELVAN, V. A. M.; Experimental investigation on the effects of micro eggshell and nano-eggshell catalysts on biodiesel optimization from waste chicken fat.

**Bioresource Technology Reports.** v.14, 2021.

KHUMALO, M.; SITHOLE, B.; TESFAYE, T.; Valorisation of waste chicken feathers: Optimisation of keratin extraction from waste chicken feathers by sodium bisulphite, sodium dodecyl sulphate and urea. **Journal of Environmental Management.** v.262, 2020.

LIMA, J. L.; ASSIS, B. B. T.; OLEGARIO, L. S.; GALVÃO, M. S.; SOARES, A. J.; ARCANJO, N. M. O.; GONZÁLEZ-MOHINO, A.; BEZERRA, T. K. A.; MADRUGA, M. S.; Effect of adding byproducts of chicken slaughter on the quality of sausage over storage. **Poultry Science.** v.100, 2021.

MATOS, A. F.; SILVA, N. F. B.; COSTA, B. A. M.; PORTO, A. L. F.; OLIVEIRA, V. M.; Agroindústria integrada à avicultura: uma mini-revisão focada na sustentabilidade. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 2021, Recife. Inovação, Gestão e Sustentabilidade na Agroindústria. RECIFE: Instituto internacional despertando vocações, 2021. v1.

MARDONES, O.; SALAZAR, R. O.; LABBÉ, B. S.; MIGUEZ, J. M.; CHACOFF, L. V.; MUÑOZ, J. L. P.; Intestinal variation of serotonin, melatonin, and digestive enzymes activities along food passage time through GIT in *Salmo salar* fed with supplemented diets with tryptophan and melatonin. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology.** v.266, 2022.

MI, X.; XU, H.; MU, B.; CHANG, Y.; YANG, Y.; Transferring feather wastes to ductile keratin filaments towards a sustainable poultry industry. **Waste Management.** v.115 p65-73, 2020.

MUKHERJEE, A.; KABUTARE, Y. H.; GHOSH, P.; Dual crosslinked keratin-alginate fibers formed via ionic complexation of amide networks with improved toughness for assembling into braids. **Polymer Testing.** v.81, 2020.

NCBI. Crystal structure of the heterocomplex between human keratin 1 coil 1B containing S233L mutation and wild-type human keratin 10 coil 1B. 2021.

NCBI. Crystal Structure Of Keratin 4 Binding Domain Of Surface Adhesin Srr-1 Of *S.agalactiae*. 2021.

NORIEGA, J. A. G.; MELENDRES, M. V.; MENDONZA, A. H.; GARCÍA, H. A.; MANZANO, M. A. M.; RAMOS, E. A. P.; Hydrolysates and peptide fractions from pork and chicken skin collagen as pancreatic lipase inhibitors. **Food Chemistry: X.** v.13, 2022.

OBIRI, D. A.; MATTHEWS, L.; TAHERGORABI, R.; Chicken processing by-product: A source of protein for fat uptake reduction in deep-fried chicken. **Food Hydrocolloids.** v.101, 2020.

ODETOYE, T. E.; AGU, J. O.; AJALA, E. O.; Biodiesel production from poultry wastes: Waste chicken fat and eggshell. **Journal of Environmental Chemical Engineering.** v.9, 2021.

OLUBA, O. M.; OSAYAME, E.; SHOYOMBO, A. O.; Production and characterization of

keratin-starch bio-composite film from chicken feather waste and turmeric starch. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.** v.33, 2021.

ORRICO, A. C. A.; SCHWINGEL, A. W.; COSTA, M. S. S. M.; JUNIOR, M. A. P. O.; BORQUIS, R. R. A.; ALVES, G. P.; OLIVEIRA, J. D.; LEITE, B. K. V.; GARCIA, R. G.; VILELA, R. N. S.; Characterization and valuing of hatchery waste from the broiler chicken productive chain. **Waste Management.** v.105 p520-530, 2020.

PARRY, D. A. D.; FRASER, R. D. B.; ALIBARDI, L.; RUTHERFORD, K. M.; GEMMELL, N.; Molecular structure of sauropsid  $\beta$ -keratins from tuatara (*Sphenodon punctatus*). **Journal of Structural Biology.** v.207 p21-28, 2019.

POURJAVAHERI, F.; POUR, S. O.; JONES, O. A. H.; SMOOKER, P. M.; BRKLJACA, R.; SHERKAT, F.; BLANCH, E. W.; GUPTA, A.; SHANKS, R. A.; Extraction of keratin from waste chicken feathers using sodium sulfide and l-cysteine. **Process Biochemistry.** v.82 p205-214, 2014.

RAHMAM, W. U.; YAHYA, S. M.; KHAN, Z. A.; KHAN, N. A.; HALDER, G.; DHAWANE, S. H.; Valorization of waste chicken egg shells towards synthesis of heterogeneous catalyst for biodiesel production: Optimization and statistical analysis. **Environmental Technology & Innovation.** v.22, 2021.

RAMAKRISHNAN, N.; SHARMA, S.; GUPTA, A.; ALASHWAL, B. Y.; Keratin based bioplastic film from chicken feathers and its characterization. **International Journal of Biological Macromolecules.** v.111 p352-358, 2018.

RYU, S. Y.; KIM, Y. H.; KIM, J. M.; KIM, B. Y.; LEE, K. S.; JIN, B. R.; Molecular cloning and characterization of a lipase from the honeybee *Apis mellifera*. **Journal of Asia-Pacific Entomology.** v.25, 2022.

SOEGIANTORO, G. H.; CHANG, J.; RHAMAWATI, P.; CHRISTIANI, M. F.; MUFRIDI, Z.; Home-Made Eco Green Biodiesel From Chicken Fat (CIAT) and Waste Cooking Oil (PAIL). **Energy Procedia.** v.158 p1105-1109, 2019.

TALHI, I.; DEHIMAT, L.; JAOUANI, A.; CHERFIA, R.; BERKANI, M.; ALMOMANI, F.; VASSEGHIAN, Y.; CHAOUCHE, N. K.; Optimization of thermostable proteases production under agro-wastes solid-state fermentation by a new thermophilic *Mycothermus thermophilus* isolated from a hydrothermal spring Hammam Debagh, Algeria. **Chemosphere.** v.286, 2022.

YE, W.; QIN, M.; QIU, R.; LI, J.; Keratin-based wound dressings: From waste to wealth. **International Journal of Macromolecules.** v.211 p183-197, 2022.

ZHANG, M.; RAMYA, G.; BRINDHADEVI, K.; ALSEHLI, M.; ELFASAKHANY, A.; XIA, C.; CHI, N. T. L.; PUGAZHENDHI, A.; Microwave assisted biodiesel production from chicken feather meal oil using Bio-Nano Calcium oxide derived from chicken egg shell. **Environmental Research.** v.205, 2022.

## CARACTERÍSTICAS FISICO-QUÍMICAS, SENSORIAIS E MICROBIOLÓGICAS DE QUEIJO FRESCO DE VACA COM ALGA *ULVA RIGIDA*

Joana Lopes<sup>1</sup>; Rita Pinheiro<sup>2,3</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.264-284>

### RESUMO

O queijo fresco é um produto lácteo popular em Portugal. É um produto à base de leite, tendo por todo o mundo, uma grande variedade de sabores, aromas e formas, decorrente dos processos de fabrico, origem do leite e respetivos ingredientes.

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e otimização de queijo fresco de vaca com adição de um ingrediente sustentável, uma macroalga da Costa Atlântica Norte de Portugal, *Ulva rigida* (Alface do Mar), de forma a contribuir para o seu enriquecimento sensorial e nutricional, tornando-o diferente dos convencionais queijos frescos já existentes no mercado.

Após o desenvolvimento de uma formulação base de queijo fresco, procedeu-se à produção de queijo fresco com adição de macroalga. Procedeu-se à avaliação do comportamento microbiológico, sensorial, físico-químico (humididade, pH, proteína, hidratos de carbono, gordura, cloretos e açúcares totais), textura e cor ao longo de 15 dias de armazenamento a 4 °C. Foi também realizado um queijo fresco controlo sem adição de macroalga.

Através dos resultados obtidos verificou-se uma diminuição do valor de pH ao longo do tempo de armazenamento. Da mesma forma, também o parâmetro da luminosidade ( $L^*$ ) diminuiu ao longo de 15 dias. Pelo contrário, o teor de humidade aumentou até ao fim do tempo de armazenamento. Pôde-se verificar que a adição de alga ao queijo fresco apenas enriqueceu sensorial e visualmente o queijo, não tendo qualquer influência nas características físico-químicas do produto final (teor de proteína, hidratos de carbono, açúcares totais, gordura total e teor de cloretos), quando comparado com o queijo controlo. A avaliação microbiológica abrangeu diversas análises, como a contagem de *Escherichia coli*, microrganismos a 30 °C, *Enterobacteriaceae*, *Stafilococos* coagulase positiva, *Listeria monocytogenes* e pesquisa de *Salmonella* spp. Através dos resultados obtidos, e de acordo com os valores guia definidos pela Health Protection Agency, concluiu-se que ao décimo quinto dia o produto não se encontrava satisfatório para consumo. O tempo indicado será sempre inferior a 7 dias após a sua produção.

Relativamente à análise sensorial realizada com um painel de provadores semi-treinado, este considerou que a formulação desenvolvida apresentou um comportamento semelhante ao longo do tempo de armazenamento, para os atributos escolhidos, sendo o atributo “cheiro” aquele que mostrou maior alteração entre o tempo 0 dias e 15 dias.

Com este trabalho foi possível desenvolver um tipo diferente de queijo fresco com alga *Ulva Rigida* (Alface do Mar) e definir o respetivo rótulo nutricional. Concluiu-se que o queijo fresco, produto nutritivo e utilizado de várias formas pelos consumidores, pode ser enriquecido sensorialmente, não alterando as suas características físico-químicas típicas, oferecendo maior variedade para o consumidor e contribuir para a sustentabilidade alimentar.

**Palavras-Chave:** queijo fresco, alga, análise sensorial, microbiológico, nutricional.

### INTRODUÇÃO

O leite é uma parte vital do sistema alimentar global, providenciando benefícios não só nutricionais, mas também económicos e sociais, para uma grande proporção da população mundial. Este produto pode ser considerado como ingrediente-chave para a produção de queijo,

<sup>1</sup> Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Avenida Atlântico, 4900-348 Viana do Castelo, Portugal, [joanalopes@ipvc.pt](mailto:joanalopes@ipvc.pt)

<sup>2</sup> Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Agroalimentares e Sustentabilidade (CISAS) do Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Avenida Atlântico, 4900-348 Viana do Castelo, Portugal; [ritapinheiro@estg.ipvc.pt](mailto:ritapinheiro@estg.ipvc.pt)

<sup>3</sup> Centro de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal

sendo a sua qualidade e preparação de extrema importância (Fox et al., 2004).

O processo de fabrico de queijo envolve a conversão de leite, um alimento altamente nutritivo, em queijo, sendo este produto estável, saboroso e com um tempo de vida considerável, dependendo da sua variedade (Fox et al., 2004).

Com base na *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2020), o queijo é o segundo produto lácteo mais consumido no mundo, ocorrendo o seu consumo maioritariamente nos países da Europa e na América do Norte, onde é expectável que o seu consumo per capita continue a aumentar. A maioria dos laticínios produzidos são consumidos na forma fresca, incluindo produtos pasteurizados e fermentados. O queijo fresco é uma das variedades de queijo mais popular entre os consumidores pelas suas características, sendo leve, suave e versátil, podendo ser consumido em múltiplas ocasiões e de diferentes formas. Este produto é visto como saudável, pela sua composição nutricional, atraindo aqueles que estão interessados em praticar um estilo de vida saudável.

O processo de transformação do leite em queijo é muito antigo, passando basicamente pela concentração do leite, onde uma parte dos componentes, como a proteína e gordura, são reunidos na coalhada, enquanto as proteínas do soro, lactose e sólidos solúveis são removidas no soro. O leite é um produto bastante completo, podendo ser utilizado como matéria-prima para uma vasta gama de produtos, como o queijo (de Paula et al., 2009).

Os países europeus são os maiores produtores de queijo, tendo produzido mais de 10 milhões de toneladas deste produto alimentar ao longo do ano 2019, conforme os dados apresentados por Statista (2020), seguido dos Estados Unidos, com uma produção de quase 6 milhões de toneladas. Relativamente ao consumo de queijo, este segue a mesma tendência da produção, sendo consumido em grande escala na Europa, seguido pelos Estados Unidos e Rússia, tendo este último bastante menos produção e consumo, em relação aos primeiros (Statista, 2020).

Segundo dados apresentados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE, 2020), entre 2015 e 2019, Portugal mostrou uma tendência crescente na produção anual de queijo de vaca, atingindo o seu número máximo em 2019, com uma produção de cerca de 84 mil toneladas. O mesmo se verificou, para o mesmo intervalo de datas, no consumo de queijo, onde o número máximo de consumo de queijo per capita foi de 13,8 kg/hab (INE, 2020).

O queijo fresco tradicional, como todos os outros queijos, começou por ser produzido artesanalmente, por pequenos produtores de leite, sendo atualmente também produzido industrialmente, principalmente para superfícies comerciais (Oliveira, 2010). Este alimento é um produto não maturado, obtido por dessoramento lento após a coagulação do leite, podendo

este ser de vaca, cabra, ovelha ou das suas misturas, sendo obrigatoriamente e previamente submetido a pasteurização (NP 1921:1985).

De acordo com Oliveira (2010), o queijo fresco apresenta uma forma cilíndrica, de dimensões variáveis. É um produto versátil, podendo ser servido como entrada, em saladas, lanches ao longo do dia ou até como sobremesa, sendo geralmente polvilhado com sal e/ou pimenta.

Queijos frescos são queijos não maturados, fabricados pela coagulação do leite, acidificando o leite com uma pequena quantidade de coalho, combinado com o respetivo aquecimento. Estes produtos podem ser consumidos logo após a sua produção, não precisando da etapa de maturação. Deste modo, os principais pontos do fabrico de queijo fresco passam pela acidificação do leite pasteurizado, diminuindo o pH do mesmo até valores próximos do ponto isoelétrico da caseína, o corte do gel, a concentração da coalhada e o dessoramento da mesma (Fox et al., 2004; Fox et al., 2017). O processo de produção do queijo fresco é semelhante ao processo de produção dos restantes queijos, não necessitando da etapa de maturação. Geralmente, o processo de produção de queijo fresco inicia-se pela prévia pasteurização do leite, adição de coalho e formação do gel, corte da coalhada, dessoramento, escorramento, moldagem e embalagem (Fox et al., 2004).

O queijo fresco é um produto altamente perecível, tendo a sua estabilidade afetada por fatores tanto intrínsecos como extrínsecos. Como exemplos de fatores intrínsecos estão o pH, atividade da água, potencial redox. Como fatores extrínsecos associados podem-se referir as condições de processamento, higiene, condições de manuseamento e armazenamento e o material de embalagem. Estes fatores provocam uma diminuição na qualidade e segurança do género alimentício, e, consequentemente, afetando a data-limite de consumo. Outros atributos que são afetados são a textura cor e características sensoriais (Manzocchi, et al., 2021; Skarlatos, et al., 2021) Pela perecibilidade microbiológica do queijo fresco, este deve apresentar no seu rótulo o termo “data-limite de consumo” (Braz, 2017).

Neste sentido, foi proposto o desenvolvimento de um queijo fresco simples e de queijo fresco alternativo, com adição de macroalgas da Costa Atlântica Norte de Portugal, de forma a ser uma alternativa ao tradicional queijo fresco existente, atrativo, nutricionalmente atrativo e sustentável. Os resultados obtidos neste trabalho podem ter um impacto favorável na valorização dos queijos industriais/artesanais nacionais como sendo uma alternativa aos que existem no mercado e uma mais valia para o aumento do consumo de queijos em geral, de visibilidade do mercado de qualidade do produto no País e no cenário internacional.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Queijo é o nome genérico para o grupo de produtos alimentares produzidos à base de leite, tendo este, por todo o mundo, uma grande variedade de sabores, aromas e formas, decorrente dos processos de fabrico, origem do leite e respetivos ingredientes. Este produto pode ser considerado fresco ou curado, de consistência variável, obtido por coagulação e dessoramento do leite, com ou sem adição de outros géneros alimentícios.

Nos últimos, a indústria de laticínios – habitualmente conservadora – tem enfrentado grandes desafios na procura de alternativas à oferta tradicional que existe no mercado. Apesar de ter uma das maiores entradas no mercado doméstico, a inovação em novos sabores, receitas e formatos não tem sido suficiente para manter o crescimento devido à alta competição. Em vez disso, a indústria está a concentrar-se em novas tendências globais: Plant-based Foods (planos alimentares à base de plantas), o foco na saúde, snacks e ‘queijo 2.0’.

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e otimização de queijo fresco com adição de macroalgas, um ingrediente de origem marinha, alternativo e sustentável, para além do clássico queijo fresco simples que é comumente apresentado ao consumidor. A formulação desenvolvida foi estudada ao nível das propriedades físico-químicas, microbiológicas, de textura e sensoriais, durante um período de quinze dias. Pretendeu-se utilizar as macroalgas da Costa Litoral Atlântica de Portugal como ingrediente sustentável. A alga selecionada foi a Alface do Mar, como é vulgarmente conhecida (*Ulva Rígida*).

Com esta avaliação pretendeu-se determinar o tempo de vida útil do produto, perceber a evolução e alteração dos mesmos ao longo do tempo e também construir o seu rótulo com a composição nutricional do produto. Pretendeu-se apresentar um novo produto inovador com foco num novo sabor e indo ao encontro da sustentabilidade alimentar.

## METODOLOGIA

### Matérias-primas

O leite foi fornecido pela empresa Quinta da Borgonha. Pela empresa BIOSTAR, foi fornecido coalho em pó – BIOSTAR Premium 97P150 e Cloreto de Cálcio BIOSTAR. As macroalgas utilizadas – Alface-do-Mar, da espécie *Ulva Rígida* – foram fornecidas pela ALGApplus Lda. Tanto os orégãos como o sal fino utilizados são da marca Continente. O pimento verde utilizado foi fornecido pela cantina da Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG – IPVC).

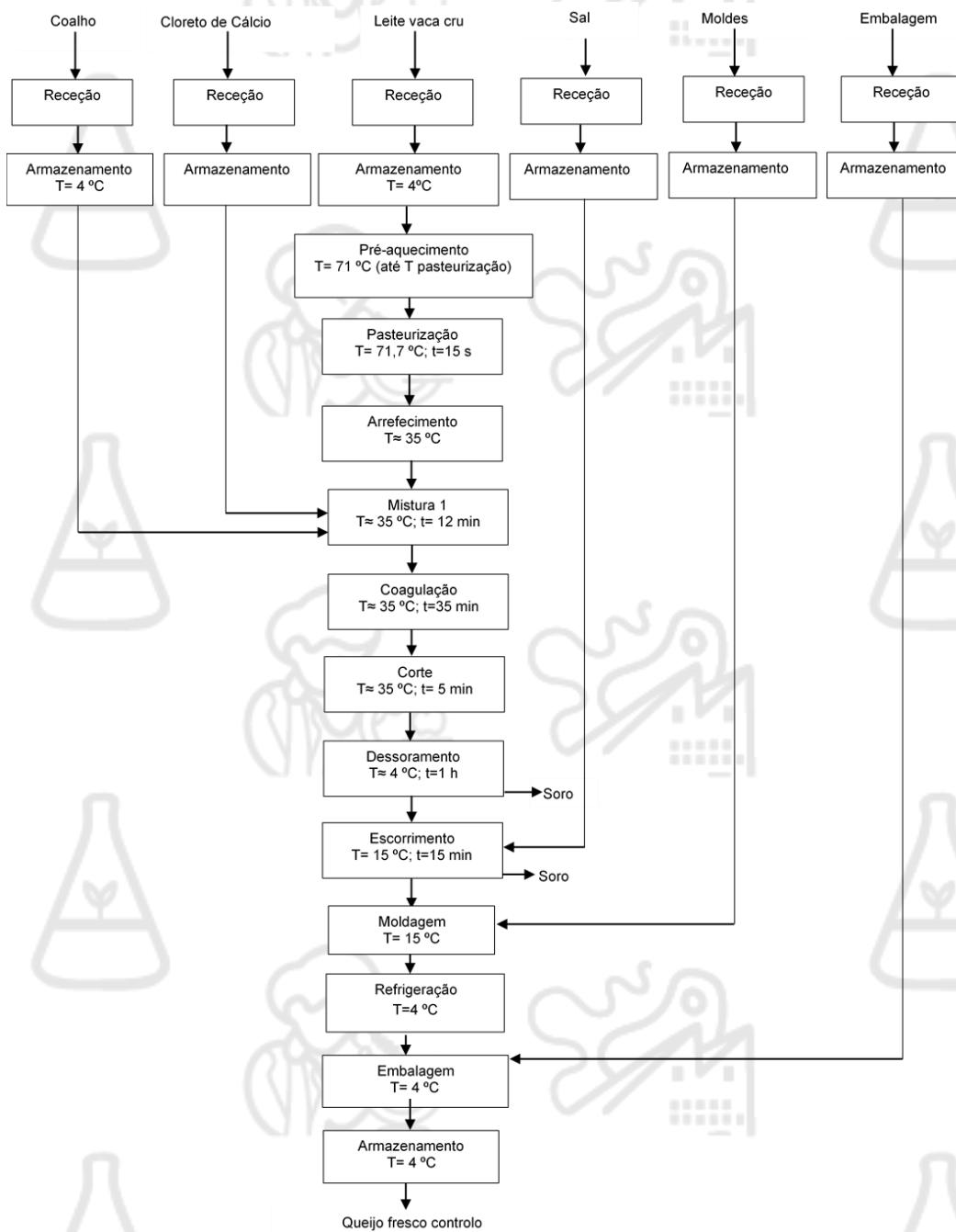
### Processo produtivo

O processo de produção (Figura 1) inicia-se com a receção do leite cru, proveniente da Quinta da Borgonha, onde é posteriormente pasteurizado (Armfield, Reino Unido), com um binómio temperatura/tempo de  $T = 71,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $t=15\text{ s}$ , de acordo com a Portaria nº 473/87, relativo às características, acondicionamento, rotulagem, condições de conservação e períodos de duração dos leites tratados termicamente.

Depois de pasteurizado, o leite é pesado para uma tina de vidro, colocando-a, posteriormente, num banho termostatizado (Armfield, Reino Unido), a  $T\approx38\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Quando o leite atingir uma  $T\approx35\text{ }^{\circ}\text{C}$  adiciona-se o cloreto de cálcio e o coalho em pó, com um tempo de espera de 10 minutos entre o primeiro e o segundo ingrediente. Pouco tempo após a adição do coalho em pó, dá-se início à coagulação. Ao fim de cerca de 40 minutos, corta-se a massa horizontal e verticalmente, permitindo e facilitando, assim, a saída do soro. O processo de dessoramento ocorre durante 1 hora, em refrigeração.

Seguidamente, separa-se a massa do restante soro (escorrimento). Nesta etapa, adiciona-se sal fino à massa escorrída. É também nesta etapa que se adiciona a alga. Depois deste processo, passa-se para a etapa de moldagem, onde a massa é transferida e devidamente acondicionada em cada molde (adaptados).

Após 1 hora em refrigeração, a  $T\approx 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cada queijo é retirado do molde e transferido para a respetiva embalagem. Em seguida, cada embalagem é tapada com um filme de parafina plástica (Bemis, EUA), colocada num saco de vácuo PA/PE 20/70 (Termofilm, Portugal) e posteriormente selada numa embaladora (VacuMIT, Alemanha). Por fim, cada embalagem é colocada em refrigeração, a  $T\approx 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 1** - Fluxograma do processo produtivo de queijo fresco controlo (formulação base).

### Ensaios experimentais

O estudo da formulação de queijo fresco iniciou-se após a receção da matéria-prima essencial – o leite, e da sua pasteurização. Em seguida, procedeu-se à realização de diversos ensaios, onde foi testado um queijo simples (controlo), com adição apenas de cloreto de cálcio e coalho líquido. Foram usadas as dosagens mínimas indicadas pela ficha técnica dos produtos e adotadas para os ensaios seguintes.

A formulação controlo (QFC) consistiu na seguinte composição (p/p): leite, 99,69%; cloreto de cálcio, 0,07%; coalho em pó 0,01% e cloreto de sódio (sal marinho), 0,23%.

A formulação com algas (QFA) consistiu na seguinte composição (p/p): leite, 99,62%; cloreto de cálcio, 0,07%; coalho em pó 0,01%, cloreto de sódio (sal marinho), 0,23%; e macroalgas, 0,07%.

Ao longo dos ensaios, as técnicas usadas nas diversas etapas, como no corte, escorramento e moldagem, foram otimizadas e parâmetros como o valor de pH e teor de humidade analisados, sendo este último um critério de grande importância e com limites legislados (entre 67 % e 80 %) pela Portaria nº 73/90. Todos os queijos foram acondicionados em embalagens típicas de queijo fresco e armazenados numa câmara de refrigeração a cerca de 4 °C.

Na testagem à quantidade de sal a adicionar, e havendo uma recomendação por parte da Organização Mundial da Saúde de um consumo de 5 g de sal por dia para um adulto, começou por se adicionar uma pequena quantidade (0,1 %) porém, notou-se que essa quantidade era bastante insuficiente e imperceptível, prevalecendo apenas o sabor lácteo e, desse modo, aumentou-se a sua quantidade até 0,23 %, onde se achou um equilíbrio entre os sabores lácteo e salgado (WHO, 2012).

Durante a produção do queijo fresco adicionou-se a macroalga, “Alface-do-mar”, *Ulva rigida*, o qual foi produzido quatro vezes.

#### Métodos analíticos

##### Medição do pH

A determinação do pH foi realizada recorrendo ao método potenciométrico, usando um potenciômetro portátil Crison 25+ (Crison, Espanha), previamente calibrado com três soluções padrões de pH 4,01, pH 7,00 e pH 9,21.

A amostra foi cortada em três fatias de igual proporção e o elétrodo inserido no centro de cada uma delas. A análise foi realizada em triplicado.

##### Teor de Humidade

O teor de humidade foi determinado a partir de uma pequena porção retirada da amostra fatiada de queijo fresco, utilizando o método gravimétrico através de uma balança termogravimétrica (Scaltec, Alemanha). Os resultados obtidos foram expressos em percentagem (p/p). A análise foi realizada em triplicado, em cada uma das 3 fatias da amostra.

## Cor

Para a determinação da cor utilizou-se um colorímetro Lovibond RT100 (Lovibond, Reino Unido), utilizando o sistema CIE L a\*b\*. Previamente à determinação da cor das amostras, procedeu-se à calibração do colorímetro. Esta é feita contra um padrão branco, antes do uso, e selecionando o modo standard no programa Lovibond RT Colour V3.0. Em seguida, cortou-se a amostra em três fatias de igual proporção.

Posteriormente, procedeu-se à determinação da luminosidade das amostras, posicionando o medidor no centro de cada uma das fatias e registando os valores obtidos. Para cada tipo de amostra efetuaram-se três leituras.

## Teor de proteína

O teor de proteína foi determinado pelo método Kjeldahl, descrito pela AOAC 991.20 (AOAC, 2005). Para a determinação recorreu-se a uma unidade de digestão (Velp Scientifica, Itália) e uma unidade de destilação (Foss, Suécia).

Pesou-se cerca de 1 g da amostra e iniciou-se a digestão da proteína, à temperatura de 420 °C, com duas pastilhas de catalisador, ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) a 97% e peróxido de hidrogénio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) a 30%. Finda a digestão da proteína, realizou-se a destilação e neutralização com adição de hidróxido de sódio (NAOH) a 40%, recolhendo o destilado numa solução de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) a 4% combinada com indicadores vermelho de metilo e azul de metíleno. Por fim, titulou-se o destilado da amostra com uma solução de ácido clorídrico (HCl), permitindo calcular a quantidade de azoto na amostra. A análise foi realizada em triplicado.

A conversão do teor de azoto total em teor de proteína bruta foi obtida através do fator de conversão definido para produtos lácteos (6,38) (Maubois & Lorient, 2016).

## Teor de açúcares totais

Os açúcares totais foram determinados a partir do método gravimétrico, segundo a técnica de Munson e Walker, utilizando como referência a NP 1419:1987.

Pesou-se cerca de 2 g da amostra e procedeu-se à defecação com soluções de Carrez I e II. De seguida, procedeu-se à da inversão, usando a filtração da defecação com HCl, NAOH a 30% e solução indicadora de fenolftaleína. Após a obtenção do filtrado da inversão, leram-se as absorvâncias das amostras e soluções padrão da glucose previamente preparadas a 540 nm no espetrofotómetro (VWR, Bélgica). As análises foram realizadas em triplicado.

### Teor de hidratos de carbono

Para a determinação do teor de hidratos de carbono, recorreu-se ao método colorimétrico DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico), técnica descrita em *Analytical Chemistry of Foods* (James, 1995). Pesou-se cerca de 0,2 g da amostra, hidrolisando-a com ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$  1,5 M). Para a medição, leu-se a absorvância das amostras e soluções padrão de glucose, previamente preparadas, a 540 nm no espetrofotómetro (VWR, Bélgica). As análises foram realizadas em triplicado.

### Teor de gordura total

A determinação do teor de gordura total efetuou-se pelo método de extração com funis de separação, descrito pela AOAC 933.05 (AOAC, 2000a).

Para a determinação, pesou-se cerca de 1 g de amostra. Depois da extração da gordura, com utilização de etanol, éter de petróleo e éter etílico, evaporou-se o solvente, através de um evaporador rotativo e, posteriormente, secou-se na estufa a  $102 \pm 1$  °C, até peso constante. As análises foram realizadas em triplicado.

### Teor de cloretos

O teor de cloretos foi determinado pelo método de Volhard, descrito na AOAC 935.43 (AOAC, 2000b).

Para tal, pesou-se aproximadamente 3 g de amostra, adicionando-se nitrato de prata ( $AgNO_3$  0,1M), ácido nítrico concentrado ( $HNO_3$ ) e, após ebulição, solução de permanganato de potássio ( $KMnO_4$ ) a 5%. Posteriormente, procedeu-se à titulação do ião prata ( $Ag^+$ ) em excesso com uma solução padrão de tiocianato de potássio, sendo o ponto final indicado pelo aparecimento de coloração cor de tijolo. As análises foram realizadas em triplicado.

### Textura

A textura do queijo fresco foi analisada usando um texturómetro TA.XT.plus (Stable Micro Systems, Reino Unido), com uma célula de carga de 2 kg e conectado ao software “Exponent”, onde os dados foram registados. Para a avaliação da dureza foi utilizada uma sonda cilíndrica de 4 milímetros (P/4). A partir da curva obtida (força vs tempo) foi possível determinar a dureza. A textura das amostras foi analisada com dois queijos frescos, onde cada um deles foi dividido em 3 fatias, com proporções semelhantes, e cada fatia foi analisada em triplicado.

### Análise sensorial

Foi realizada uma análise descritiva quantitativa (ADQ) ao queijo fresco, recorrendo a um painel semi-treinado de 6 provadores. Esta análise foi realizada no laboratório da Escola Superior de Tecnologia e Gestão, numa sala com oito cabanas individuais, segundo a norma ISO 8589:2007. Numa primeira fase, fase de treino, o painel de provadores definiu os atributos e âncoras da ficha de prova. Os atributos sensoriais definidos foram: aspeto geral (cor característica), cheiro, dureza ao corte e sabor característico. Estes atributos foram avaliados numa escala de intensidade de 9 pontos, onde 1 correspondia a intensidade baixa e 9 intensidade mais alta.

### Análise Estatística

Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente recorrendo a diferentes ferramentas estatísticas. Para avaliar a existência de diferenças significativas entre os dados obtidos, estes foram submetidos a uma análise de variância (one-way ANOVA). Quando pelo menos uma das formulações apresentava diferenças, aplicou-se o teste de Tukey, para comparação das médias. Consideraram-se diferenças estatisticamente significativas para um intervalo de confiança de 95%,  $p<0,05$ .

Foi também aplicada uma análise de componentes principais (ACP), resumindo o número de dados num espaço multidimensional, num com menores dimensões, sem se perder muita informação, permitindo reconhecer a existência de correlações entre os parâmetros analisados.

A análise estatística foi realizada recorrendo ao software STATISTICA v 7.0 (StatSoft, EUA).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

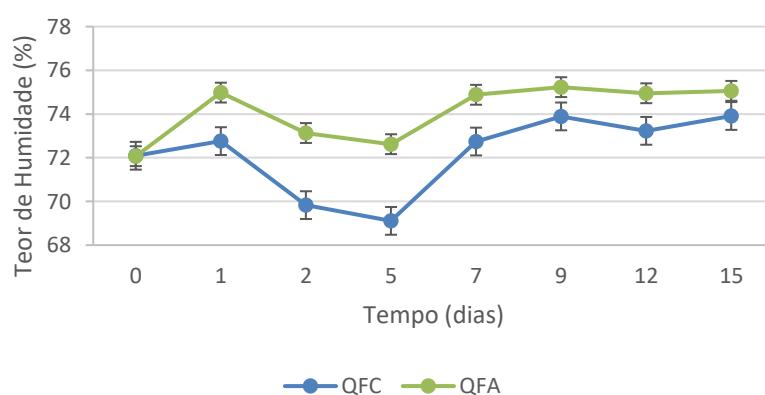
Seguidamente encontram-se os resultados obtidos para os queijos fresco produzidos: Controlo (QFC) e com macroalga (QFA).

Os valores registados para a determinação do teor de humidade dos diferentes queijos frescos desenvolvidos, ao longo do tempo de armazenamento ( $t=15$  dias), encontram-se na Figura abaixo apresentada (Figura 2). Como se pode constatar a partir da Figura 2, o teor humidade do queijo sofre algumas alterações ao longo do tempo de armazenamento: o teor de humidade aumenta ao fim de 1 dia, tempo a partir do qual volta a diminuir, e ao fim de 5 dias de armazenamento apresenta novamente um aumento para valores próximos do tempo 1 dia. Ambos os produtos apresentam praticamente o mesmo comportamento ao longo do tempo de

estudo, apresentam uma diminuição acentuada no seu valor desde T1 até T5, atingindo o valor mais baixo registado, e onde, a partir desse tempo, volta a aumentar.

Verifica-se que ambas as formulações sofreram um ligeiro aumento do início para o fim do tempo de armazenamento, de 2 % e 4 %, para os queijos controlo e com algas, respetivamente. Apesar das oscilações detetadas, os dois queijos encontraram-se sempre dentro dos parâmetros definidos e apresentados na Portaria nº 73/90. De acordo com Silva et al. (2012), a utilização de sal nos queijos promove a sinérese do soro, levando a uma redução da humidade, ajudando ao cumprimento dos parâmetros legislados

De facto, ambas as formulações apresentam uma evolução semelhante, não havendo diferenças significativas entre elas ( $p>0,05$ ), variando, ao fim de 15 dias, entre 72 % e 75 %.



**Figura 2**– Variação do teor de humidade ao longo do tempo de estudo para o queijo fresco – QFC (queijo fresco controlo), QFA (queijo fresco com macroalgas). Valores médios  $\pm$  desvio padrão.

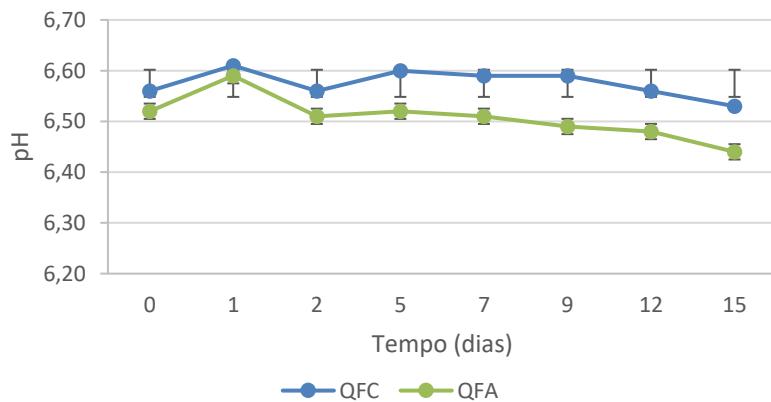
Os resultados do pH obtido nos diferentes queijos ao longo do tempo de estudo encontram-se representados na Figura 3. Através da análise dos resultados verifica-se que existem variações significativas no valor de pH ( $p<0,05$ ), sendo essas diferenças entre as amostras “queijo fresco com orégãos” e “queijo fresco com pimento verde seco” relativamente à amostra “queijo fresco controlo”.

Ao longo do tempo de armazenamento, verifica-se que os valores de pH diminuem, apresentando o queijo fresco controlo uma diminuição de 0,5 % e o queijo fresco com macroalgas, de 1 %. No tempo 9 dias observa-se um decréscimo do pH que é comum a todas as formulações, terminando, ao fim de 15 dias, com um valor mínimo de 6,52 para o queijo fresco controlo, e 6,44 para o queijo fresco com algas. A diminuição dos valores de pH ao longo do tempo deve-se ao desenvolvimento de acidez por ação microbiana, comum nos produtos lácteos (Bandeira, 2010). Esta evolução da carga microbiana é observada através das análises

microbiológicas apresentadas adiante na discussão.

Todos os produtos analisados apresentam valores de pH entre 6,29 e 6,61, estando próximos de um pH neutro. Estes valores são indicativos de probabilidade de crescimento de microrganismos, de acordo com FSAI (2019).

Resultados semelhantes foram obtidos por Braz (2017), notando-se uma evolução dos microrganismos do queijo, acentuando a descida do pH do mesmo, ao longo do tempo de estudo.



**Figura 31** – Variação do pH ao longo do tempo de estudo para o queijo fresco QFC (queijo fresco controlo) e QFA (queijo fresco com macroalgas). Valores médios  $\pm$  desvio padrão.

A medição da cor ao longo do tempo de estudo é um dos principais parâmetros de indicação da qualidade do queijo, sendo também uma propriedade determinante na aceitação do consumidor perante um produto. A cor está ligada ao teor de gordura e está sujeita a alterações sazonais, segundo Perry (2004).

Os resultados obtidos na análise da luminosidade ( $L^*$ ) para o queijo fresco controlo e queijo fresco com algas, ao longo de 15 dias, encontram-se representados na Figura 4.

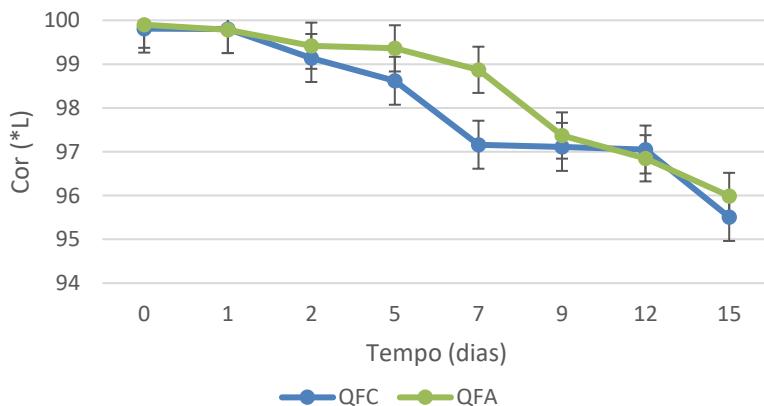
Pode-se verificar-se que, com o aumento do tempo de armazenamento, a luminosidade,  $L^*$ , diminui, para todos os produtos desenvolvidos, apresentando o queijo fresco com algas uma diminuição de, aproximadamente, 4 % e o queijo fresco controlo de 5 %.

A luminosidade variou entre valores de 99,93, valor  $L^*$  máximo inicial, e 94,89, valor  $L^*$  mínimo, atingido no final do tempo. Verifica-se ainda que as formulações estudadas não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre elas ( $p>0,05$ ), indicando que a adição dos diferentes ingredientes não teve influência neste parâmetro.

A cor do queijo está ligada à gordura e caseína, sendo a coloração da gordura (amarelo-claro) uma combinação entre três fatores: a química natural da gordura, a membrana de proteína do glóbulo de gordura rico em  $\beta$ -caroteno e carotenos amarelos solúveis em

gordura que as vacas comem. Os clusters da caseína e as membranas da proteína cercam os glóbulos de gordura no leite, ocultando a cor amarelo do  $\beta$ -caroteno, refletindo a cor branca. No queijo, esta cor é atribuída pela caseína (Alwazeer et al., 2020).

De acordo com os mesmos autores, o crescimento microbiano leva à deformação da caseína, deixando de refletir a cor branca. Isto foi observado nesta experiência, onde se verificou um elevado número de microrganismos aos 15 dias e uma diminuição da luminosidade, passando o queijo de branco a amarelado. Após esta deformação da caseína, a cor do queijo é dominada pelos componentes refletores, como é o exemplo dos  $\beta$ -carotenos e riboflavina, que foram ocultados pela reflexão intensa da cor branca pela caseína.



**Figura 2** – Variação da luminosidade ( $L^*$ ) ao longo do tempo de estudo para o queijo fresco QFC (queijo fresco controlo) e QFA (queijo fresco com macroalgas). Valores médios  $\pm$  desvio padrão.

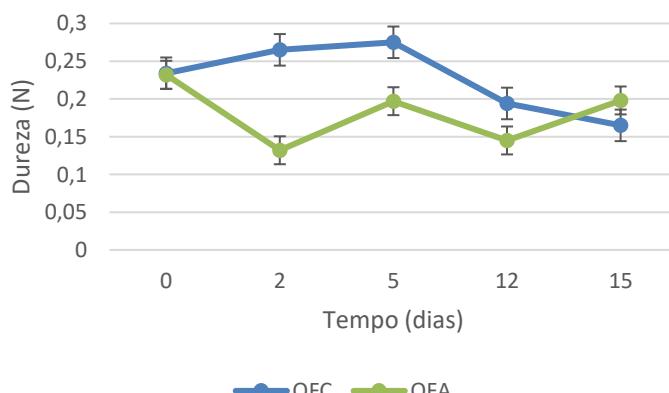
Na Tabela 1 podem-se observar os resultados referentes à caracterização nutricional para o queijo fresco controlo e o queijo fresco com algas. Através da análise dos resultados, verifica-se que os produtos estudados não apresentam diferenças estatisticamente significativas ( $p>0,05$ ) entre eles, relativamente aos parâmetros analisados: teor de proteína, hidratos de carbono, açúcares totais, teor de gordura total e teor de sal. No que diz respeito ao teor de hidratos de carbono, apresentado na Tabela 1, e de acordo com Pinho & Ferreira (2006), os queijos possuem uma quantidade de hidratos de carbono reduzida, o que se pode constatar nos resultados obtidos, onde o queijo fresco controlo contém 5 % e o queijo fresco com algas contêm um teor de 4 %.

**Tabela 1** – Análise nutricional: Teor de proteína, hidratos de carbono, açúcares totais, gordura e sal (NaCl) – para o queijo fresco controlo e com macroalgas. Valores médios  $\pm$  desvio padrão.

PARÂMETRO	QUEIJO FRESCO CONTROLO	QUEIJO FRESCO COM MACROALGAS	P
-----------	------------------------	------------------------------	---

<b>% PROTEÍNA</b>	$9,41 \pm 0,12$	$10,45 \pm 0,19$	$>0,05$
<b>% HIDRATOS DE CARBONO</b>	$5,01 \pm 0,11$	$4,06 \pm 0,21$	$>0,05$
<b>% AÇÚCARES TOTAIS</b>	$4,40 \pm 0,18$	$4,04 \pm 0,29$	$>0,05$
<b>% GORDURA</b>	$10,26 \pm 0,62$	$10,87 \pm 0,73$	$>0,05$
<b>% SAL (NaCl)</b>	$0,78 \pm 0,03$	$0,84 \pm 0,12$	$>0,05$

Na Figura 5, podem observar-se os resultados obtidos para a dureza dos queijos estudados ao longo do tempo de armazenamento ( $t=15$  dias). Através dos resultados, verifica-se que não existem diferenças estatisticamente significativas ( $p>0,05$ ) entre os produtos estudados, ao longo do tempo de armazenamento.



**Figura 5** – Variação da dureza ao longo do tempo de estudo para o queijo fresco QFC (queijo fresco controlo) e QFA (queijo fresco com macroalgas). Valores médios  $\pm$  desvio padrão.

Relativamente à evolução da dureza do queijo fresco controlo, ao longo do tempo, verifica-se que no tempo 0 dias o produto apresenta uma dureza de 0,23 N, ocorrendo, nos 5 dias seguintes, um aumento na mesma, começando a dureza a diminuir a partir deste dia, atingindo uma dureza final mínima de 0,17 N. Pelo contrário, o queijo fresco com algas apresenta uma diminuição acentuada da dureza ao fim de 2 dias (0,15 N). Ao fim do qual se verifica um aumento progressivo da dureza ao longo do tempo de armazenamento, variando de 0,132 N até 0,283 N. Ambos os queijos terminam o tempo de estudo com valores de dureza praticamente semelhantes (cerca de 0,202 N).

Segundo Alvarenga (2000), a textura depende de fatores como a humidade, pH e a taxa de proteólise. Esta afirmação é comprovada comparando os resultados da dureza (Figura 5) e da percentagem de humidade (Figura 2) entre todos os queijos estudados, onde se constata que os resultados são opostos, podendo aferir-se que quanto maior o teor de humidade, menor a

dureza do queijo.

Relativamente à análise microbiológica realizada aos queijos, a partir da Tabela 2, pode-se constatar, que existe um aumento considerável do número de unidades formadoras de colónias desde o tempo inicial (0 dias) até ao final do tempo de armazenamento (15 dias) para os microrganismos a 30 °C e *Enterobacteriaceae*. Estes resultados permitem concluir que os produtos se encontram impróprios para consumo ao fim de 15 dias de armazenamento, de acordo com os valores guia sugeridos pela Health Protection Agency (HPA) (2009).

Os microrganismos indicadores, como as Enterobacteriaceas refletem a qualidade higiénica. Através da Tabela 2, é possível verificar um aumento significativo do valor deste parâmetro, o que pode indicar possíveis contaminações durante o processo de fabrico e/ou respetivo armazenamento. Apesar das embalagens utilizadas para armazenamento dos queijos passarem por um processo de higienização, não é possível garantir que a desinfeção foi 100% eficaz (Health Protection Agency, 2009).

**Tabela 2** – Resultados microbiológicos para o queijo fresco controlo e com macroalgas, nos tempos 0 e 15 dias.

queijo	Parâmetro	Unidades	0 dias	15 dias	Método de referência
controlo	Contagem de <i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<10	<10	ISO 16649-2:2001
	Contagem Microrganismos a 30 °C	UFC/g	Ne = 80	1,7x10 <sup>8</sup>	ISO 4833-1:2013
	Contagem de <i>Enterobacteriaceae</i>	UFC/g	<10	<10	ISO 21528-2:2017
	Contagem de <i>Estafilococos coagulase positiva</i>	UFC/g	<10	<10	ISO 6888-1:1999/Amd 1:2003
	Pesquisa de <i>Salmonella spp</i>	25 g	Ausente	Ausente	ISO 6579-1:2017
	Contagem de <i>Listeria monocytogenes</i>	UFC/g	<10	<10	ISO 11290-2:2017
macroalgas	Contagem de <i>Escherichia coli</i>	UFC/g	<10	<10	ISO 16649-2:2001
	Contagem Microrganismos a 30 °C	UFC/g	5,3x10 <sup>2</sup>	>3,0x10 <sup>8</sup>	ISO 4833-1:2013
	Contagem de <i>Enterobacteriaceae</i>	UFC/g	Ne = 90	>1,5x10 <sup>6</sup>	ISO 21528-2:2017
	Contagem de <i>Estafilococos coagulase positiva</i>	UFC/g	<10	<10	ISO 6888-1:1999/Amd 1:2003
	Pesquisa de <i>Salmonella spp</i>	25 g	Ausente	Ausente	ISO 6579-1:2017
	Contagem de <i>Listeria monocytogenes</i>	UFC/g	<10	<10	ISO 11290-2:2017

Foi realizada análise descritiva quantitativa (ADQ) para os queijos frescos produzidos, ao longo do tempo de estudo, permitindo traçar um perfil e a evolução sensorial das diferentes formulações. As provas foram realizadas nos tempos 0, 2, 5 e 15 dias e estão representadas nas Figuras 6 e 7 para os queijos frescos controlo (QFC), e com macroalgas (QFA), respetivamente. O atributo “sabor” não foi avaliado aos 15 dias pois os produtos não se encontravam aptos para consumo. Para detetar diferenças significativas entre os queijos e parâmetros avaliados pelo painel, foi realizada uma análise de variâncias (ANOVA), seguindo-se do teste de Tukey. Com os dados obtidos pelo painel na análise do queijo fresco controlo (Figura 6), verifica-se que o painel considerou o queijo fresco controlo como tendo um aspeto geral, cheiro e sabor característicos para este tipo de queijo, nos primeiros dias de armazenamento, detetando diferenças no restante tempo de estudo ( $p<0,05$ ). Pelo contrário, na textura não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ( $p>0,05$ ).

Ao fim de 15 dias de armazenamento, relativamente ao aspeto geral, no qual foi avaliada a cor característica, o painel considerou que o queijo perdeu a sua cor característica ( $p<0,05$ ). Estes resultados vão ao encontro dos resultados obtidos para a luminosidade instrumental (Figura 4).

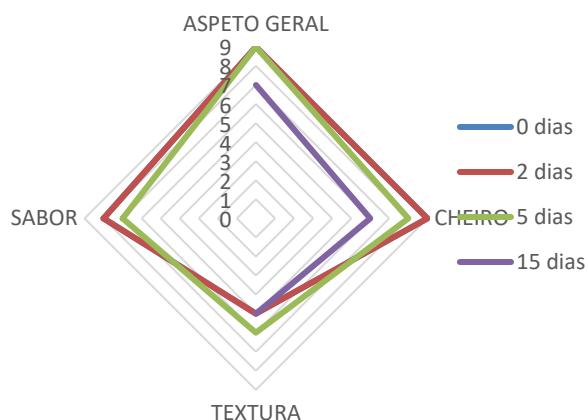
Para o atributo “cheiro”, o painel verificou que ao longo do tempo o queijo foi perdendo gradualmente o seu cheiro característico, havendo diferenças significativas ( $p<0,05$ ) entre os tempos 5 e 15 dias comparativamente ao queijo no tempo 0 dias. O painel considerou o atributo “cheiro” como sendo o que apresentou maiores diferenças ao longo do tempo de armazenamento. Por fim, relativamente ao atributo “sabor”, o painel detetou um decréscimo na qualidade do queijo ao nível deste parâmetro, encontrando-se diferenças significativas ( $p<0,05$ ) nomeadamente ao quinto dia. Ao fim de 15 dias este atributo não foi analisado pois o produto não se encontrava apto para consumo.



**Figura 6** – Representação gráfica da análise sensorial realizada pelo painel semi-treinado ao queijo fresco controlo, ao longo de 15 dias de armazenamento.

Com os dados obtidos pelo painel na análise do queijo fresco com macroalgas (Figura 7), o mesmo considerou que este queijo fresco possuía características típicas para este tipo de queijos, não detetando diferenças estatisticamente significativas ( $p>0,05$ ) para os atributos “textura” e “sabor”. Relativamente aos atributos “aspeto geral”, no qual foi avaliada a cor característica, e “cheiro”, o painel considerou que o queijo perdeu a sua cor e cheiro característico ao fim de 15 dias de armazenamento ( $p<0,05$ ), não havendo diferenças significativas entre os restantes dias de estudo.

Tal como no queijo fresco controlo, o painel de provadores detetou maior alteração no atributo “cheiro”. Por sua vez, o painel não detetou praticamente alteração no atributo “textura”.

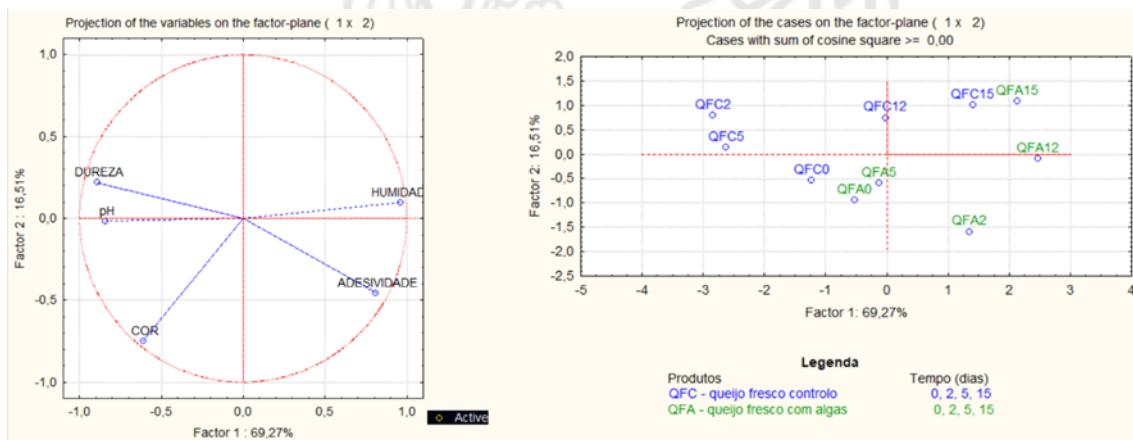


**Figura 5** – Representação gráfica da análise sensorial realizada pelo painel semi-treinado ao queijo fresco com macroalgas, ao longo de 15 dias de armazenamento.

Procedeu-se a uma análise multivariada dos dados físico-químicos, de maneira a

compará-los e a verificar a correlação entre os diversos parâmetros estudados. Deste modo, estes dados foram compilados e analisados através de uma análise de componentes principais (ACP).

Na Figura 8, encontra-se representado o fator 1 e o fator 2 da análise de componentes principais (ACP) com a projeção das amostras analisadas aos parâmetros: teor de humidade, pH, cor ( $L^*$ ), dureza e adesividade, ao longo do tempo de estudo para os produtos estudados (queijo fresco controlo e com algas).



**Figura 8** – Representação da análise de componentes principais aplicada aos parâmetros humidade, pH, cor ( $L^*$ ), dureza e adesividade para o queijo fresco controlo e queijo fresco com macroalgas (fator 1 agrupa 69,27% da informação inicial).

Através da análise da Figura 8, verifica-se que as duas primeiras componentes principais contêm cerca de 86 % da informação total. O fator 1 (eixo horizontal) possui maior representatividade, agregando 69,27% da informação inicial. Representa a correlação entre a pH, dureza, inversamente correlacionados com a humidade. O fator 2 (eixo vertical) contém informação sobre os parâmetros cor e adesividade (dados não mostrados em gráfico). Como é possível verificar, a formulação controlo (QFC) apresenta valores mais distantes para o parâmetro da humidade nos tempos 2 e 5 dias, comparativamente com os restantes tempos e a outra formulação de queijo fresco. Também é possível verificar que ambas as formulações apresentam valores muito próximos nos tempos 0 e 15 dias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho foi possível desenvolver um tipo diferente de queijo fresco com alga *Ulva Rigida* (Alface do Mar) e definir o respetivo rótulo nutricional. Concluiu-se que o queijo fresco, produto nutritivo e utilizado de várias formas pelos consumidores, pode ser enriquecido sensorialmente com alga da Costa Atlântica Norte de Portugal, não alterando as suas características físico-químicas e de textura típicas, oferecendo maior variedade para o

consumidor e contribuir para a sustentabilidade alimentar. É um produto com grande potencial, não só nutricional, mas também sensorialmente atrativo, e uma oportunidade para a indústria de laticínios.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, N. B. M. G. de. Estudos em textura de Queijo Serpa [Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Instituto Superior Economia e Gestão, Instituto Superior Técnico]. 2000. <http://hdl.handle.net/20.500.12207/4448>.
- ALWAZEER, D., Tan, K., & Örs, B. Reducing atmosphere packaging as a novel alternative technique for extending shelf life of fresh cheese. *Journal of Food Science and Technology*, 57(8), 3013–3023. 2020. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04334-4>.
- AOAC, A. A., Rodrigues, M., NASSU, R. T., & de SOUZA NETO, M. A. (2007). Medidas instrumentais de cor e textura em queijo de coalho. In: Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo Em Anais de Congresso (ALICE). In: CONGRESSO LATINO AMERICA DE ANALISTA DE ALIMENTOS, 15., 2007, Fortaleza. Anais. Fortaleza: LACEN, 2007. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/48012/medidas-instrumentais-de-cor-e-textura-em-queijo-de-coalho>.
- AOAC. (2000a). AOAC Official Method 933.05 Fat in Cheese. AOAC INTERNATIONAL.
- AOAC. (2000b). AOAC Official Method 935.43 Chloride (Total) in Cheese. AOAC INTERNATIONAL.
- AOAC. (2005). AOAC Official Method 991.20 Nitrogen (Total) in Milk. AOAC INTERNATIONAL.
- BANDEIRA, R. A. da S. Desenvolvimento de um Queijo Fresco de Cabra com Contribuição da Fermentação Láctica [Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa]. 2010. [https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3142/1/TESE\\_Defenitivax.pdf](https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/3142/1/TESE_Defenitivax.pdf).
- Braz, C. B. P. (2017). Prolongamento da vida útil do Queijo Fresco [Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa]. <http://hdl.handle.net/10400.5/15848>
- DE PAULA, J. C. J., Fernandes De Carvalho, A., & Furtado, M. M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. *Revista Do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 64(367), 19–25. <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/76>. 2009.
- FAO. Dairy and dairy products. In OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029. 2020. <http://www.fao.org/3/ca8861en/Dairy.pdf>.
- FOX, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. Fundamentals of cheese science (2nd ed.). Springer. 2017. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9>.
- FOX, P., McSweeney, P., Cogan, T., & Guinee, T. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Major Cheese Groups (3rd ed., Vol. 2). Elsevier. 2004

FSAI. Guidance Note No. 18 - Validation of Products shelf-life (Revision 4). Food Safety Authority of Ireland. Dublin: Ireland. 2019.  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjuk6Oxo\\_LqAhUPTcAKHTHiCKQQFjAAegQIAxAB&url=https%3A%2F%2Fwww.fsai.ie%2Fpublications\\_GN18\\_shelf-life%2F&usg=AOvVaw0e3gcbh5d4-gtoqmq5789K](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjuk6Oxo_LqAhUPTcAKHTHiCKQQFjAAegQIAxAB&url=https%3A%2F%2Fwww.fsai.ie%2Fpublications_GN18_shelf-life%2F&usg=AOvVaw0e3gcbh5d4-gtoqmq5789K)

HEALTH PROTECTION AGENCY. Guidelines for Assessing the Microbiological Safety of Ready-to-Eat Foods Placed on the Market. 2009.  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/363146/Guidelines\\_for\\_assessing\\_the\\_microbiological\\_safety\\_of\\_ready-to-eat\\_foods\\_on\\_the\\_market.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/363146/Guidelines_for_assessing_the_microbiological_safety_of_ready-to-eat_foods_on_the_market.pdf)

INE. Portal do INE. 2020  
[https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0000920&contexto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000920&contexto=bd&selTab=tab2)

ISO 8589:2007. Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms.

JAMES, C. S. (1995). Experimental procedures—DNS colorimetric determination of available carbohydrates in foods. In *Analytical Chemistry of foods* (pp. 124–125). Springer. 2007. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2165-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2165-5_5)

Manzocchi, E., Martin, B., Bord, C., Verdier-Metz, I., Bouchon, M., De Marchi, M., Constant, I., Giller, K., Kreuzer, M., Berard, J., Musci, M., Coppa, M. Feeding cows with hay, silage, or fresh herbage on pasture or indoors affects sensory properties and chemical composition of milk and cheese. *Journal of Dairy Science* 104 (5), 5285-5302. 2021.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2020-19738>

MAUBOIS, J.-L., & Lorient, D. Dairy proteins and soy proteins in infant foods nitrogen-to-protein conversion factors. *Dairy Science & Technology*, 96(1), 15–25. 2016.  
<https://doi.org/10.1007/s13594-015-0271-0>

NP 1419:1987. Norma Portuguesa: Determinação dos açúcares totais, dos açúcares redutores e dos açúcares não redutores (sacarose). In Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

NP 1598:1983. Norma Portuguesa: Queijo. Definição, classificação, acondicionamento e marcação.

NP 1921:1985. Norma Portuguesa: Queijo fresco tradicional. Definição, características, classificação e marcação.

OLIVEIRA, D. S., & Timm, C. D. Instabilidade da caseína em leite sem acidez adquirida. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 102(561–562), 17–22. 2007.  
<http://fvet.ufpel.tche.br/inspleite/documentos/2007/caseinarevisa.pdf>

OLIVEIRA, T. F. M. de. Evolução ao longo do tempo de vida útil do teor microbiológico de queijos frescos mantidos sob refrigeração doméstica [Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Medicina Veterinária]. 2010. <http://hdl.handle.net/10400.5/2266>

PERRY, K. S. P. Queijos: Aspetos químicos, bioquímicos e microbiológicos. *Quim. Nova*, 27(2), 293–300. 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000200020>

PINHO, O., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. Queijo, um alimento para todas as idades. Entre o queijo tradicional e os novos alimentos funcionais. *Leite I+ D+ T*, 1, 10–11. 2006. <https://www.anilact.pt/documentos/leiteidt200606.pdf>

PORTARIA Nº 473/87 de 4 de junho, Diário da República n.o 128/1987, Série I de 1987-06-04.

PORTARIA Nº 73/90 de 1 de fevereiro, Diário da República n.o 27/1990, Série I de 1990-02-01.

SILVA, N. C. da, Tunes, R. M. M., & Cunha, M. F. Avaliação química de queijos Minas artesanais frescos e curados em Uberaba, MG. *PUBVET*, 6(16). 2012. <http://www.pubvet.com.br/artigo/2701/avaliaccedilatildeo-quiacutemica-de-queijos-minas-artesanais-frescos-e-curados-em-uberaba-mg>

Skarlatos, L., Marinopoulou, A., Petridis, A., Raphaelides, S.N. Texture attributes of acid coagulated fresh cheeses as assessed by instrumental and sensory methods. *International Dairy Journal*. 114 (2021) 104939. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104939>

STATISTA. Major cheese producing countries in 2019; Annual consumption of cheese worldwide in 2019, by selected country. 2020. <https://www.statista.com/statistics/195809/cheese-production-in-selected-countries-2009/>

WHO. Guideline: Sodium intake for adults and children. World Health Organization. 2012. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241504836>.

## ESTERIFICAÇÃO DO (-)- $\alpha$ -BISABOLOL VIA CATÁLISE QUÍMICA E CARACTERIZAÇÃO POR CG-EM

Yasmin Oliveira de Santana<sup>1</sup>; Calionara Waleska Barbosa de Melo<sup>2</sup>; Claudia Moraes de Rezende<sup>3</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.285>

### RESUMO

Esterificar o  $\alpha$ -bisabolol com anidrido acético para obtenção do éster acetato de (-)- $\alpha$ -bisabolila com potencial aplicação como ação antimicrobiana. O (-)- $\alpha$ -bisabolol é um sesquiterpenóide monocíclico natural, formalmente identificado como (-)- $\alpha$ -bisabolol e conhecido também como levomenol. A obtenção do (-)- $\alpha$ -bisabolol é atribuída comumente à camomila (*Matricaria chamomilla*), e também tem sido identificado como um dos principais constituintes do óleo essencial de *Salvia runcinata*. Ele se destaca por apresentar várias propriedades farmacológicas, como atividades analgésicas, antibióticas, anticancerígenas, fragrâncias finas e aromatizantes alimentares, bem como em produtos não cosméticos, produtos de limpeza e também em formulações farmacêuticas, assim como os seus derivados esterificados. A reação de esterificação foi conduzida a partir de quantidades estequiométricas do (-)- $\alpha$ -bisabolol (0,500 mg) e 0,4 mL de anidrido acético em placa de aquecimento por 48 horas, à temperatura ambiente sob agitação constante, além de 0,4 mL de trietilamina 0,0813 mg de 4-dimetilaminopiridina e como solvente 0,4 mL de diclorometano. A reação foi monitorada após coleta de alíquotas no T<sub>0</sub>, T<sub>24</sub> e T<sub>48</sub> horas, através da técnica de cromatografia gasosa associada a espectrometria de massas (CG-EM), nas seguintes condições: coluna DB-17, temperatura inicial de 60 °C e temperatura final de 220 °C, rampa de 10°C min<sup>-1</sup>. Fluxo de 1 mL/min. Injetor e detector à 250 °C e injeção no modo *split* 1:100. Como resultados, foi possível observar que o (-)- $\alpha$ -bisabolol foi convertido em acetato de (-)- $\alpha$ -bisabolila após 24 horas de reação, com uma conversão de 65,1 % e, após 48 horas de reação a conversão obtida foi de 88,0 %, indicando assim, que quanto maior o tempo de reação, maior será a conversão do (-)- $\alpha$ -bisabolol em seu éster acetato, respectivamente. Além disso, foi identificado que o método analítico de CG-EM, foi efetivo para monitorar e caracterizar o éster derivado do (-)- $\alpha$ -bisabolol. Portanto, infere-se que esta via foi eficiente para esterificar o (-)- $\alpha$ -bisabolol formando apenas um produto, o acetato de (-)- $\alpha$ -bisabolila, com um rendimento alto após 48 horas de reação, este éster posteriormente será avaliado quanto as propriedades antimicrobianas.

**Palavras-Chave:** Acetato de (-)- $\alpha$ -bisabolila, atividade antimicrobiana, cromatografia.

<sup>1</sup> Graduanda em Farmácia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, [yasmin41oliveira@gmail.com](mailto:yasmin41oliveira@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutoranda em Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, [kalionaramelo@hotmail.com](mailto:kalionaramelo@hotmail.com)

<sup>3</sup> Docente do Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, [claudia.rezende@gmail.com](mailto:claudia.rezende@gmail.com)

**EIXO**

# **PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E SEGURANÇA ALIMENTAR**

## SUSTENTABILIDADE E ALIMENTOS: PERCEPÇÕES DOS ALUNOS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS EM UM CAMPUS DO SEMIÁRIDO SERGIPANO

## SOSTENIBILIDAD Y ALIMENTACIÓN: CIENCIA AGRÍCOLA PERCEPCIONES DE ESTUDIANTES DE UN CAMPUS DEL SEMIÁRIDO DE SERGIPE

## SUSTAINABILITY AND FOOD: AGRICULTURAL SCIENCE STUDENTS' PERCEPTIONS OF A CAMPUS IN THE SERGIPE SEMI-ARID

Angelise Durigon<sup>1</sup>; Acenini Lima Balieiro<sup>2</sup>; João Paulo Natalino de Sá<sup>2</sup>; Denise Ribeiro de Freitas<sup>2</sup>; Simone Mazzutti<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.287-300>

### RESUMO

Os alimentos só podem ser considerados saudáveis se forem produzidos e distribuídos de forma sustentável, devendo ultrapassar a perspectiva nutricional. O presente trabalho buscou avaliar a percepção dos alunos das ciências agrárias do campus do Sertão da Universidade Federal de Sergipe sobre o conceito de sustentabilidade e a sua relação com a alimentação. Além disso, visou avaliar suas intenções quanto à disposição em mostrar padrões de consumo de alimentos ecologicamente corretos. Para isso, foi elaborado um questionário online com perguntas estruturadas. Os resultados indicam que para 35,4% dos discentes o uso integral de alimentos traz um benefício ambiental intermediário e para 18,5% o benefício ambiental é pequeno ou muito pequeno. O consumo de alimentos locais contribui para o meio ambiente para 64,6% dos discentes. Em relação a aquisição de alimentos através de cadeias curtas de comercialização, 43,1% dos discentes acredita que o benefício ambiental é intermediário. Os dados demonstraram que os discentes não relacionam o consumo de carne com a sustentabilidade e que quase 40 % dos alunos não estão dispostos a reduzir o seu consumo na semana para uma ou duas vezes. Verificou-se que embora os discentes frequentem cursos da área de ciências agrárias, e devido a isso, tem uma ligação com a produção, processamento e distribuição de alimentos, ainda não existe uma percepção clara entre alimentos e sustentabilidade. Com base nesses resultados, pode-se buscar a realização de projetos que visem educar os discentes e ensiná-los quanto a relação entre meio ambiente, economia circular e sociedade.

**Palavras-Chave:** Orgânicos, cadeias curtas, carne, embalagem.

### RESUMEN

Los alimentos sólo pueden considerarse saludables si se producen y distribuyen de forma sostenible, y deben ir más allá de la perspectiva nutricional. El presente trabajo buscó evaluar la percepción de los estudiantes de ciencias agrícolas del campus Sertão de la Universidad Federal de Sergipe sobre el concepto de sustentabilidad y su relación con la alimentación. Además, tuvo como objetivo evaluar sus intenciones en cuanto a su disposición a mostrar patrones de consumo de alimentos ecológicamente correctos. Para eso se elaboró un cuestionario online con preguntas estructuradas. Los resultados indican que para el 35,4% de los estudiantes el aprovechamiento integral de los alimentos trae un beneficio ambiental intermedio y para 18,5% el beneficio ambiental es pequeño o muy pequeño. El consumo de alimentos locales contribuye al medio ambiente para 64,6% de los estudiantes. En cuanto a la compra de alimentos a través de cadenas cortas de comercialización, 43,1% de los estudiantes

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de alimentos, UFS, [angelise@academico.ufs.br](mailto:angelise@academico.ufs.br)

<sup>2</sup> Departamento de Agroindustria do Sertão, UFS, [simonemazzutti@academico.ufs.br](mailto:simonemazzutti@academico.ufs.br)

cree que el beneficio ambiental es intermedio. Los datos mostraron que los estudiantes no relacionan el consumo de carne con la sustentabilidad y que casi 40% de los estudiantes no están dispuestos a reducir su consumo en la semana a una o dos veces. Se encontró que si bien los estudiantes asisten a cursos del área de ciencias agropecuarias, y por eso tiene una conexión con la producción, procesamiento y distribución de alimentos, aún no existe una percepción clara entre alimentación y sustentabilidad. Con base en estos resultados, se puede buscar realizar proyectos que tengan como objetivo educar a los estudiantes y enseñarles sobre la relación entre el medio ambiente, la economía circular y la sociedad.

**Palabras Clave:** Orgánicos, cadenas cortas, carne, envase.

## ABSTRACT

Food can only be considered healthy if it is produced and distributed sustainably, and must go beyond the nutritional perspective. The present work evaluated the perception of the students of the agricultural sciences of the Sertão campus of the Federal University of Sergipe about the concept of sustainability and its relationship with food. In addition, it aimed to assess their intentions regarding their willingness to show patterns of consumption of ecologically correct foods. For this, an online questionnaire was prepared with structured questions. The results indicate that for 35.4% of the students the integral use of food brings an intermediate environmental benefit and for 18.5% the environmental benefit is small or very small. The consumption of local foods contributes to the environment for 64.6% of students. Regarding the purchase of food through short chains, 43.1% of the students believe that the environmental benefit is intermediate. The data showed that students do not relate meat consumption to sustainability and that almost 40% of students are not willing to reduce their consumption in the week to once or twice. It was found that although students attend courses in the field of agricultural sciences, and because of this, it has a connection with the production, processing, and distribution of food, there is still no clear perception between food and sustainability. Based on these results, one can seek to carry out projects that aim to educate students and teach them about the relationship between the environment, circular economy, and society.

**Keywords:** Organic, Short chains, meat, packaging.

## INTRODUÇÃO

O ato de se alimentar vai muito além do que apenas escolher o que será servido na hora do almoço ou do jantar. Por trás de cada escolha, há questões sobre como aqueles alimentos foram produzidos e processados, quais seus efeitos para a saúde humana e para o meio ambiente.

Nas últimas décadas, através da modernização das técnicas de produção, processamento e conservação, foi possível aumentar a quantidade de alimentos produzidos e reduzir os índices de fome no mundo. No entanto, a produção de alimentos em grande escala tem impactado o meio ambiente. O uso de monoculturas e a utilização de grandes quantidades de água e terra têm causado a diminuição da biodiversidade. Além disso, os resíduos gerados durante toda a cadeia produtiva desses alimentos, normalmente não são gerenciados de forma adequada, representando uma perda de recursos e contribuindo para aumentar a poluição ambiental.

A produção e o consumo de alimentos mais sustentáveis envolve a participação de governos, setores públicos e privados e dos consumidores. As Instituições de Ensino Superiores (IES), por serem formadores de pensamento e opinião, podem e devem desempenhar um papel importante na criação e difusão de um pensamento sustentável. Diante desse contexto, é importante que a percepção dos discentes das IES sobre sustentabilidade e sua relação com a alimentação seja frequentemente avaliada para que ações sejam tomadas e/ou reavaliadas dentro da instituição. Além disso, é necessário considerar que os discentes são consumidores, os quais desempenham papel fundamental, já que são eles que escolhem e compram seus alimentos. Esse fato é importante pois sabe-se que a soma das escolhas dos consumidores cria a demanda geral de alimentos que dirige os sistemas alimentares.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O termo sustentabilidade foi definido como “o desenvolvimento que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para atender às suas próprias necessidades” (IMPERATIVES, 1987). Nesse sentido, pensar na sustentabilidade dos alimentos é importante, visto que ele está interligado à existência e à cultura humana.

No nível mais básico, precisamos de alimentos para sobreviver. Além disso, ele pode trazer prazer e tem uma posição central em culturas no mundo todo, sendo parte central de comemorações e festividades. O sistema atual de produção de alimentos tem servido a uma população em rápido crescimento e impulsionado o desenvolvimento econômico e a urbanização. Na relação entre alimentação e sustentabilidade há que se considerar as discussões que envolvem desde os hábitos alimentares até a segurança alimentar, pois existe uma cadeia de produção, distribuição e consumo de alimentos, envolvendo o uso dos recursos naturais e trabalho humano (RIBEIRO; JAIME; VENTURA, 2017).

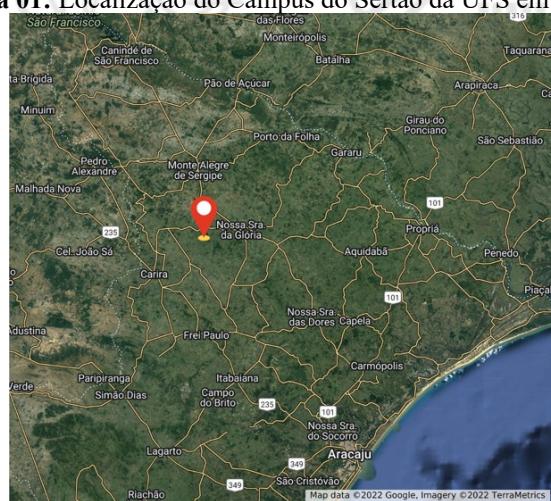
Segundo o relatório da Fundação Ellen Macarthur (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019), a produção de alimentos atual segue a lógica da economia linear. Ou seja, os recursos finitos são constantemente extraídos, utilizados e descartados, causando desperdício, poluição e prejudicando os sistemas naturais. Além disso, o relatório aponta que o setor agroalimentar é responsável por quase um quarto das emissões de gases de efeito estufa globalmente. Soma-se a isso, o fato que são desperdiçados o equivalente a seis caminhões de alimentos adequados ao consumo a cada segundo, e que nas cidades, menos de 2 % dos resíduos orgânicos que são fontes de nutrientes biológicos essenciais para a produção de alimentos são compostados ou valorizados de outra forma.

A alimentação e a sustentabilidade envolvem saberes e práticas de diversos atores e campos do conhecimento que se relacionam com a alimentação e o sistema alimentar. Dessa forma, torna-se importante compreender não só o que se come, mas também as formas de produção (modelos de agricultura e pecuária), o nível de processamento, a comercialização (cadeias curtas ou longas), o tipo de embalagem e a sua reciclagem, e as formas de consumo, ou seja, deve-se considerar todos os aspectos envolvidos ao longo de toda a cadeia de produção até o consumidor (EUROPEAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2017; MARTINELLI; CAVALLI, 2019; RIBEIRO; JAIME; VENTURA, 2017).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) define dietas sustentáveis como “dietas que devem proteger e respeitar a biodiversidade e os ecossistemas, culturalmente aceitável e acessível, economicamente justa; nutricionalmente adequada, segura e saudável; além de otimizar os recursos naturais e humanos” (BURLINGAME; DERNINI, 2012). Vermeir *et al.* (2020) cita como exemplos de consumo alimentar ambientalmente sustentável o aumento do consumo de alimentos à base de plantas ou à base de insetos, a redução do consumo de carne e a opção por alimentos sazonais. Além disso, em alguns casos, pode-se comprar alimentos produzidos localmente e/ou alimentos produzidos organicamente.

O Campus do Sertão da Universidade Federal de Sergipe, situado em Nossa Senhora da Glória, é fruto de parcerias entre a UFS e instituições como o Governo do Estado de Sergipe, o Ministério Público do Trabalho, a prefeitura de Nossa Senhora da Glória, os movimentos sociais organizados e os pequenos produtores rurais da região. Esse Campus é voltado a área de ciências agrárias, sendo oferecido os cursos de agronomia, medicina veterinária, zootecnia e agroindústria. A chegada da universidade nessa região visa impulsionar a cadeia produtiva local, incentivando aquelas atividades que dialoguem com a agricultura familiar, a sustentabilidade e a agroecologia. O campus está localizado a 110 km de Aracaju, a capital do Estado (**Figura 01**).

**Figura 01:** Localização do Campus do Sertão da UFS em Sergipe



**Fonte:** Google maps (2022).

Ao mesmo tempo que se tenta impulsionar a sustentabilidade na região, a cidade de Nossa Senhora da Glória, assim como as demais cidades da região, não contam com a coleta seletiva de lixo (PEREIRA, 2016). Isso levou ao fechamento de oito lixões, localizados em Porto da Folha, Monte Alegre, Canindé do São Francisco, Poço Redondo e Nossa Senhora da Glória em uma ação coordenada pelos Ministérios Públicos Estadual e Federal e pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco em novembro de 2019 (FPI, 2022). Sabe-se que a coleta seletiva não só colabora na redução da poluição ocasionada pelos resíduos sólidos, mas também ajuda na economia de recursos naturais, e como um fator econômico muito importante, pois com a realização da mesma, cresce a oportunidade de um trabalho mais digno e seguro para os catadores de materiais recicláveis, bem como, a geração de renda.

## METODOLOGIA

### Local e amostragem

A motivação dos alunos das ciências agrárias do campus do Sertão da Universidade Federal de Sergipe em adotar escolhas alimentares sustentáveis foi explorada por meio de abordagem quantitativa. Para isso, os alunos foram convidados a participar da pesquisa via e-mail, *WhatsApp* e redes sociais (*Instagram*), utilizando o Formulário *Google* com perguntas estruturadas entre os meses de janeiro a maio de 2022.

Para calcular o número de respostas necessárias foi utilizado o cálculo de uma amostragem aleatória simples proposto por Barbetta (2008), considerado uma margem de erro tolerável de 12%. O tamanho da amostra calculado foi de 60 acadêmicos, considerando a informação de 500 como o número total de discentes frequentando os quatro cursos de graduação da UFS campus do Sertão.

Este projeto de pesquisa foi aprovado no Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal Estado de Sergipe - CEP -UFS, em atendimento à Resolução 466/2012.

### **Caracterização dos instrumentos de pesquisa**

Os participantes foram questionados sobre a percepção de benefício ambiental de diferentes padrões de consumo: 1) aquisição de produtos com embalagens recicláveis, 2) evitar produtos com uso excessivo de embalagens, 3) o uso do alimento de forma integral, 4) a compra de forma que evite o desperdício de alimentos, 5) aquisição de alimentos produzidos na região que o entrevistado mora, 6) a compra de alimentos por meio de cadeias curtas, 7) aquisição de frutas e hortaliças da estação (sazonais), 8) aquisição de alimentos orgânicos, e a 9) redução da ingestão de carnes (máximo de 1 a 2 vezes por semana). Para a avaliação foi utilizada uma escala numérica de seis pontos variando de 1 (benefício ambiental muito pequeno) a 5 (benefício ambiental muito grande) (BARONE *et al.*, 2018; TOBLER; VISSCHERS; SIEGRIST, 2011).

Os participantes também foram questionados quanto à sua disposição em mostrar padrões de consumo de alimentos ecologicamente corretos. Os entrevistados tiveram que marcar seu estágio atual para cada um dos nove comportamentos listados acima. A intenção dos consumidores foi avaliada com base no modelo Transteórico considerando apenas quatro níveis do modelo original e a operacionalização das respostas: (1) pré contemplação "Eu não estou fazendo isso e não estou disposto a fazer", (2) contemplação "Eu gostaria de fazer isso, mas eu não sei como", (3) preparação "Eu não estou fazendo isso, mas eu sei como começar" e (4) ação "Eu já estou fazendo isso" (BARONE *et al.*, 2018; TOBLER; VISSCHERS; SIEGRIST, 2011).

Além disso, os participantes foram questionados quanto a reciclagem do lixo e como isso influencia em suas atitudes: 1) se sabe o que é a coleta seletiva de lixo; 2) se considera importante a coleta seletiva; 3) se a cidade em que reside faz a coleta seletiva e 4) se o fato de não ter a coleta seletiva no município contribui para atitudes menos sustentáveis. A última seção procurou identificar o perfil do respondente, a saber seu gênero, idade, localidade e curso de graduação.

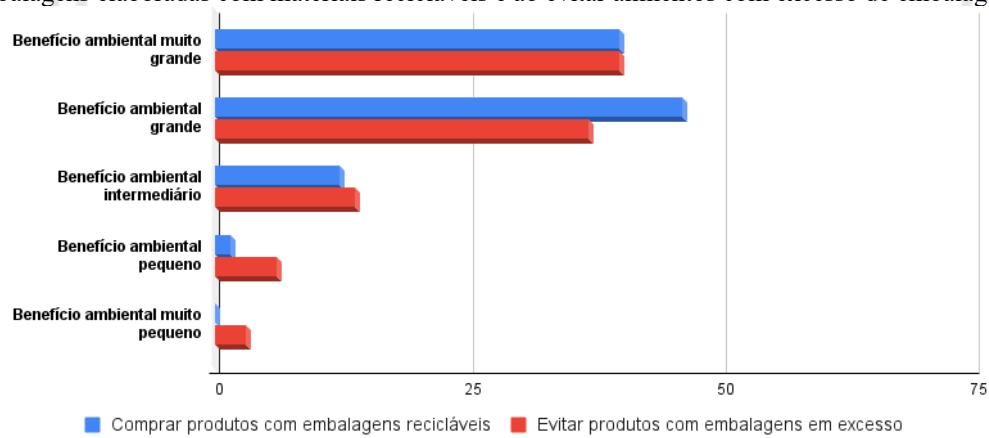
### **Análise dos dados**

Os dados obtidos foram tabulados em gráficos e o tratamento estatístico foi realizado sob análise de frequência simples.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Figura 02** mostra a percepção dos discentes quanto ao benefício ambiental gerado pela aquisição de produtos com embalagens que fazem o uso de materiais que podem ser reciclados e ao se evitar o consumo de alimentos que apresentam um excesso de embalagens. Como pode ser observado, aproximadamente 86,2% e 76,9% dos discentes acreditam que embalagens elaboradas com material reciclável e evitar o consumo de alimentos com excesso de embalagens, respectivamente, podem trazer um benefício ambiental muito grande ou grande.

**Figura 02:** Percepção dos discentes quanto ao benefício ambiental gerado pelo consumo de produtos com embalagens elaboradas com materiais recicláveis e ao evitar alimentos com excesso de embalagens



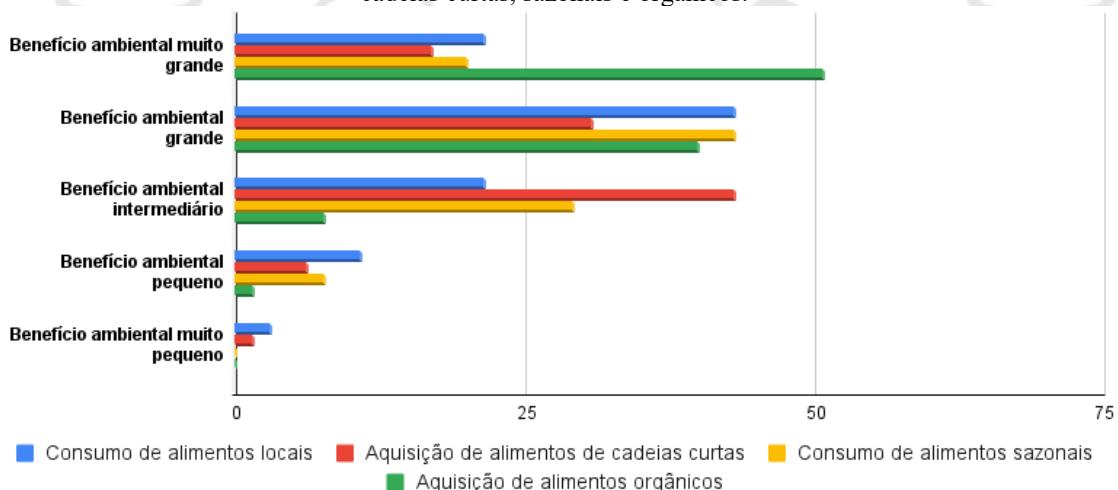
**Fonte:** Própria (2022).

Estima-se que atualmente cerca de 30% dos alimentos são perdidos ou desperdiçados no mundo, o que seria capaz de alimentar em torno de 2 bilhões de pessoas (HLPE, 2020). Sobre a percepção de benefício ambiental, comprar em quantidade que evite o desperdício de alimentos foi apontado por 84,6% dos discentes. Já quando questionados sobre o uso integral dos alimentos, os dados indicam que parte dos alunos não associa os benefícios do uso integral dos alimentos com a sustentabilidade. Para 35,4% dos discentes o uso integral de alimentos traz um benefício ambiental intermediário, sendo que para 18,5% o benefício ambiental é pequeno ou muito pequeno.

No relatório publicado pela Fundação Ellen Macarthur sobre economia circular de alimentos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019) sugere-se o aproveitamento dos alimentos ao máximo, buscando assim, a eliminação do desperdício e da geração de resíduos. Para isso, as cidades podem se tornar núcleos de redistribuição de alimentos excedentes e empreendimentos de bioeconomia, em que coprodutos de alimentos podem ser transformados em fertilizantes orgânicos, biomateriais e bioenergia.

Há um amplo reconhecimento de que o sistema alimentar global, hoje, não é sustentável. Os sistemas lineares de produção de alimentos são majoritariamente baseados na monocultura, na criação intensiva de animais e no uso de agrotóxicos, causando impactos negativos ao meio ambiente. Além disso, observa-se um elevado grau de processamento dos alimentos, o uso de cadeias longas de comercialização e o consumo alimentar não sustentável, caracterizado pela elevada ingestão de carne bovina e de alimentos ultraprocessados e pelo baixo consumo de frutas, legumes e verdura (MARCHIONI; CARVALHO; VILLAR, 2021; MARTINELLI; CAVALLI, 2019). A **Figura 03** mostra a percepção dos discentes quanto ao benefício ambiental gerado pelo consumo de alimentos produzidos localmente e adquiridos através de cadeias curtas de comercialização.

**Figura 03:** Percepção dos discentes quanto ao benefício ambiental gerado pelo consumo de alimentos locais, de cadeias curtas, sazonais e orgânicos.



**Fonte:** Própria (2022).

Para 64,6% dos discentes o consumo de alimentos locais contribui para o meio ambiente (benefício grande e muito grande). Em relação a aquisição de alimentos através de cadeias curtas de comercialização, 43,1% dos discentes responderam que o benefício ambiental é intermediário. As cadeias curtas de abastecimento agroalimentar e a produção de alimentos locais mostraram sua importância durante a pandemia do COVID19, já que sentiram menos os efeitos das restrições de locomoção e que por estarem instaladas no território, estavam mais próximas dos consumidores. Normalmente, as cadeias curtas de alimentos abarcam diversas formas de comercialização, englobam uma variedade de produtos, focam em pequena escala produtiva e uma curta distância social e geográfica entre os envolvidos (CAPPPELLI; CINI, 2020; SCHNEIDER *et al.*, 2020; THOMÉ *et al.*, 2021). O consumo de alimentos produzidos localmente, sempre que possível, também é defendido pela proposta de produção de alimentos

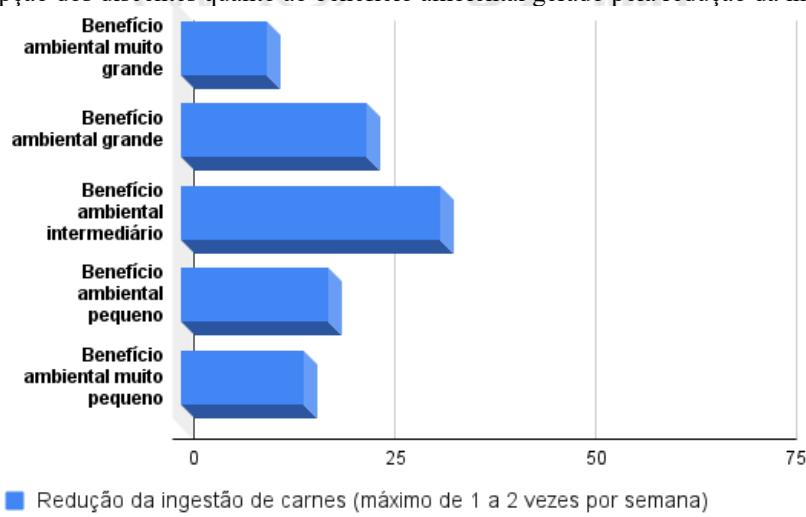
de forma circular proposto pela Fundação Ellen Macarthur (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019).

Os discentes foram questionados também quanto ao benefício ambiental de consumir alimentos sazonais e orgânicos (**Figura 03**). Para 90,8% dos discentes, o consumo de alimentos orgânicos traz um benefício ambiental grande e muito grande. A sustentabilidade como dimensão da segurança alimentar implica práticas do sistema alimentar que respeitam e protegem os ecossistemas a longo prazo (HLPE, 2020). Os sistemas de produção orgânica prezam por uma melhor qualidade do solo, não utilizam fertilizantes sintéticos e agrotóxicos nas lavouras, utilizam menos energia e protegem a biodiversidade (TUCK *et al.*, 2014).

Carvalho *et al.* (2021) determinaram o Índice Multidimensional Brasileiro de Sistemas Alimentares Sustentáveis. Esse índice foi calculado com base em três dimensões igualmente ponderadas (nutricional, ambiental, socioeconômica) e 17 indicadores baseados em uma revisão da literatura e da realidade brasileira. Em comparação aos demais Estados do Brasil, Sergipe apresentou um índice de 43, ficando no grupo com menores índices do país ao lado de Pará (30,6), Bahia (32,5), Rio de Janeiro (37,6), Amazonas (38,6), Roraima (37,9) e Mato Grosso do Sul (44,3). Os Estados de Goiás (69,6) e Rio Grande do Norte (65,1) apresentaram os melhores índices do Brasil. Sergipe apresentou piores resultados nos quesitos nutricional e socioeconômico em comparação ao quesito ambiental.

A disponibilidade de carne bovina no Brasil nas últimas décadas é três vezes maior que a média mundial (RANGANATHAN *et al.*, 2016). Antes da pandemia e da disparada dos preços dos alimentos, entre países da América Latina, o Brasil era o país com maior participação de carne total e carne bovina na dieta (KOVALSKYS *et al.*, 2018). Para 32% dos discentes entrevistados nessa pesquisa, a redução da ingestão de carnes para uma ou duas vezes ao máximo na semana traria apenas um benefício ambiental intermediário (**Figura 04**). Já para 33,8% dos discentes, a redução do consumo de carne traria poucos benefícios ambientais. Sabe-se que hoje a maior parte das terras agrárias brasileiras (47%) é destinada à pecuária (IBGE, 2017) e que esse é o setor que mais promove desmatamento na Floresta Amazônica, além de ser responsável por emitir grandes quantidades de gases de efeito estufa (SALOMÃO *et al.*, 2021). No entanto, os dados demonstram que discentes não relacionam diretamente o consumo de carne com a sustentabilidade.

**Figura 04:** Percepção dos discentes quanto ao benefício ambiental gerado pela redução da ingestão de carnes.

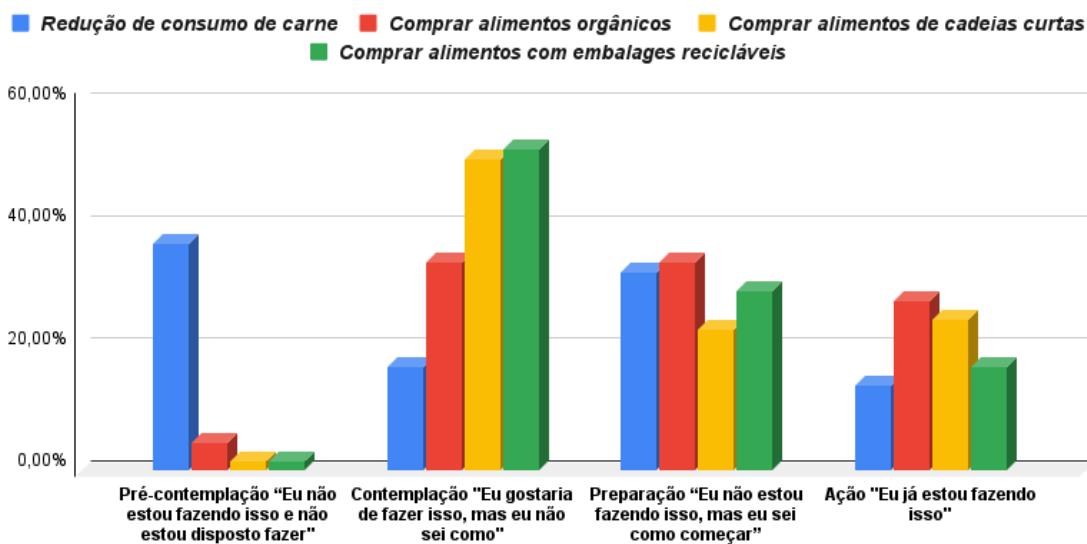


**Fonte:** Própria (2022).

A **Figura 05** mostra a disposição dos discentes em mostrar padrões de consumo ecologicamente corretos marcando seu estágio atual quanto a redução do consumo de carne para uma ou duas vezes na semana, aquisição de alimentos orgânicos, compra através de cadeias curtas e de alimentos com embalagens de materiais recicláveis.

Quase 40 % dos discentes não estão dispostos a reduzir o seu consumo de carnes na semana e isso deve estar relacionado ao fato de que eles não relacionam diretamente o consumo com a sustentabilidade. Ainda, constatou-se uma que a indisposição dos homens em reduzir o seu consumo de carnes na semana é maior do que a das mulheres, representando 66% desse grupo. A redução do consumo de carne contribuiria para a sustentabilidade devido a redução do consumo de água e de emissões de gás carbônico, redução de áreas destinadas a pastos e a produção de soja e milho, em grande parte destinada à produção de ração para criação de bovinos, suínos e aves. Em relação a compra de alimentos orgânicos, a maioria dos discentes encontra-se na fase de contemplação, afirmando que gostariam de fazer mais que não sabem como, fato que pode estar relacionado também com preço maior. Quando questionados quanto à compra de alimentos de cadeias curtas, os discentes responderam que encontram-se em sua maioria nas fases de contemplação e preparação. O baixo Índice Multidimensional Brasileiro de Sistemas Alimentares Sustentáveis calculado por Carvalho *et al.* (2021) para Sergipe pode estar relacionado a esse fato, afetando a disponibilidade e variedade dos produtos encontrados no Estado.

**Figura 05:** Estágio atual discentes quanto ao consumo de carne, orgânicos, compra através de cadeias curtas e de alimentos com embalagens de materiais recicláveis

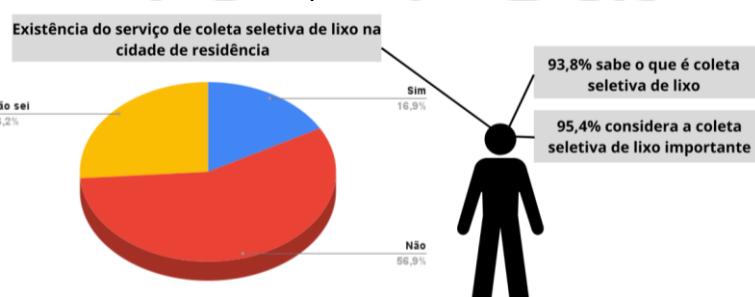


Fonte: Própria (2022).

Recentemente, têm surgido novas empresas e agricultores que produzem alimentos e que comercializam através das redes sociais (*Instagram*), como é o caso de Orgânicos da mesa (@organicosnamesa\_), Recanto dos orgânicos (@organicosemsergipe), Seu Orgânico (@seuorganicooficial), Sítio Só Filé Orgânicos (@sofileorganicos), Recanto Camponês (@recantocampones.se). Embora importante, esse serviço acaba sendo mais encontrado na capital do Estado. Em Nossa Senhora da Glória, local onde está inserido o campus da UFS, ocorre semanalmente uma feira de orgânicos em uma praça da cidade, no entanto, ainda é pouco relevante a divulgação e a promoção do evento.

Como pode ser observado na **Figura 05**, a maior parte dos discentes encontra-se na fase de contemplação quanto a aquisição de alimentos que utilizam embalagens de materiais recicláveis. Tal fato pode estar relacionado com os dados apresentados na **Figura 06**, onde embora a maioria deles considere a coleta seletiva importante, 56,9 % dos entrevistados afirmaram que não existe a coleta seletiva implementada em sua cidade.

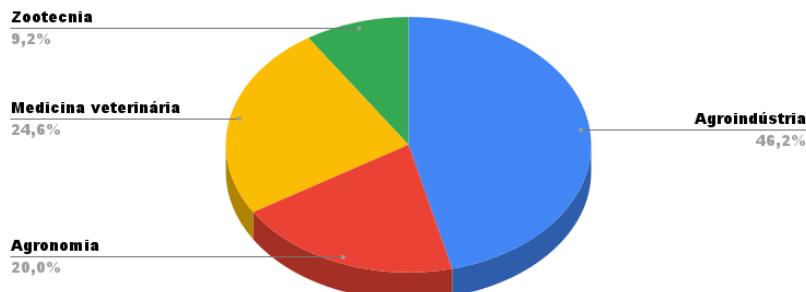
**Figura 06:** Existência da coleta seletiva de lixo nas cidades dos discentes e a percepção dos discentes quanto a importância dela



Fonte: Própria (2022).

Os discentes da área de ciências agrárias estudam temas relacionados à produção vegetal e animal, processamento, proteção ambiental e comercialização da produção. A **Figura 07** representa o perfil dos discentes que participaram da pesquisa em relação ao curso em que estão matriculados. Ao total, 65 discentes participaram da pesquisa, sendo 63 % do sexo feminino e 37 % do sexo masculino. Os discentes em sua maioria (93,8%) possuía entre 18 a 30 anos.

**Figura 07:** Perfil dos discentes em relação ao curso



Fonte: Própria (2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreender a percepção dos discentes do Campus Sertão da UFS sobre alimentos e sustentabilidade e buscar entender as motivações desse grupo para adotar escolhas alimentares é importante para auxiliar ações de educação nutricional e ambiental. Embora os discentes frequentem cursos das ciências agrárias, e devido a isso, apresentam uma ligação com a produção, processamento e distribuição de alimentos, não se verificou nesse estudo, uma percepção clara entre alimentos e sustentabilidade. Com base nesses resultados, pode-se buscar a realização de projetos que visem educar os discentes acerca da relação entre meio ambiente, economia circular e sociedade.

## REFERÊNCIAS

BARBETTA, P. A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Ed. UFSC, 2008.

BARONE, B.; NOGUEIRA, R. M.; SILVA, K. R. L.; GUIMARÃES, Q.; BEHRENS, J. H. **Sustentabilidade e alimentação sustentável: percepção e o comportamento dos consumidores brasileiros**, 2018. Disponível em: [www.consea.sp.gov.br](http://www.consea.sp.gov.br). Acesso em: 2 mar. 2021.

BURLINGAME, B.; DERNINI, S. **Biodiversity and sustainable diets united against hunger**, November 2010, FAO, Headquarters, Rome. 2012.

CAPPELLI, A.; CINI, E. Will the COVID-19 pandemic make us reconsider the relevance of short food supply chains and local productions? **Trends in Food Science & Technology**, v. 99, p. 566–567, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.041>

CARVALHO, A. M. de; VERLY JR, E.; MARCHIONI, D. M.; JONES, A. D. Measuring sustainable food systems in Brazil: A framework and multidimensional index to evaluate socioeconomic, nutritional, and environmental aspects. **World Development**, v. 143, p. 105470, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105470>

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Cities and circular economy for food**. European Public Health Association. Healthy and Sustainable Diets for European Countries 2. 2019.

FPI. **Lixões a céu aberto ainda representam problema ambiental na Bacia do São Francisco**. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/>. Acesso em: 2 mar. 2021.

HLPE. **Food security and nutrition: building a global narrative towards 2030**. Rome: 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ca9731en/ca9731en.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2021.

IBGE. **Resultados do Censo Agro 2017**. Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/estabelecimentos.htm](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.htm). Acesso em: 18 maio. 2022.

IMPERATIVES, S. Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future. **Accessed Feb**, v. 10, 1987.

KOVALSKYS, I. *et al.* Energy intake and food sources of eight Latin American countries: results from the Latin American Study of Nutrition and Health (ELANS). **Public Health Nutrition**, v. 21, n. 14, p. 2535–2547, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1368980018001222>

MARCHIONI, D. M.; CARVALHO, A. M. de; VILLAR, B. S. Dietas sustentáveis e sistemas alimentares: novos desafios da nutrição em saúde pública. **Revista USP**, n. 128, p. 61–76, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.i128p61-76>

MARTINELLI, S. S.; CAVALLI, S. B. Alimentação saudável e sustentável: uma revisão narrativa sobre desafios e perspectivas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n. 11, p. 4251–4262, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-812320182411.30572017>

PEREIRA, A.S. **Gestão de resíduos sólidos urbanos em Nossa Senhora da Glória : desafios à sustentabilidade socioambiental**. 2016. 192 f. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

RANGANATHAN, J.; VENNARD, D.; WAITE, R.; DUMAS, P.; LIPINSKI, B.; SEARCHINGER, T. I. M.; GLOBAGRI-WRR, M. A. **Shifting diets for a sustainable food future**. World Resources Institute Washington, DC, 2016.

RIBEIRO, H.; JAIME, P. C.; VENTURA, D. Alimentação e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 185–198, 2017.

SALOMÃO, C. S. C.; STABILEA, M. C. C.; SOUZA, L.; ALENCAR, A.; CASTRO, I.; GUYOT, C.; MOUTINHO, P. **Amazônia em chamas: desmatamento, fogo e pecuária em terras públicas**. Disponível em: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2022/05/Amazônia->

em-Chamas-8-pecuária-pt.pdf. Acesso em: 17 maio. 2022.

SCHNEIDER, S.; CASSOL, A.; LEONARDI, A.; MARINHO, M. de M. Os efeitos da pandemia da Covid-19 sobre o agronegócio e a alimentação. **Estudos Avançados**, v. 34, n. 100, p. 167–188, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.011>

THOMÉ, K. M.; CAPPELLESSO, G.; RAMOS, E. L. A.; DUARTE, S. C. de L. Food Supply Chains and Short Food Supply Chains: Coexistence conceptual framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, p. 123207, 2021.

TOBLER, C.; VISSCHERS, V. H. M.; SIEGRIST, M. Eating green. Consumers' willingness to adopt ecological food consumption behaviors. **Appetite**, v. 57, n. 3, p. 674–682, 2011.

TUCK, S. L.; WINQVIST, C.; MOTA, F.; AHNSTRÖM, J.; TURNBULL, L. A.; BENGTSSON, J. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 3, p. 746–755, 2014.

VERMEIR, I.; WEIJTERS, B.; DE HOUWER, J.; GEUENS, M.; SLABBINCK, H.; SPRUYT, A.; VAN KERCKHOVE, A.; VAN LIPPEVELDE, W.; DE STEUR, H.; VERBEKE, W. Environmentally Sustainable Food Consumption: A Review and Research Agenda From a Goal-Directed Perspective. **Frontiers in Psychology**, v. 11, 2020.

## VARIABILIDADE ESPACIAL DE PLANTAS DANINHAS EM ÁREA DE PLANTIO DIRETO NO MUNICÍPIO DE NOVA ANDRADINA-MS

## VARIABILIDAD ESPACIAL DE MALEZAS EN ÁREA DE SIEMBRA DIRECTA EN EL MUNICIPIO DE NOVA ANDRADINA-MS

## SPATIAL VARIABILITY OF WEEDS IN DIRECT PLANTING AREA IN THE MUNICIPALITY OF NOVA ANDRADINA-MS

Gabriel de Alencar Ferreira<sup>1</sup>; Emily Miskiw<sup>2</sup>; Eduarda Alves Brexó<sup>3</sup>; Mauro de Lima<sup>4</sup>; Grazieli Suszek<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.301-315>

### RESUMO

O conhecimento da variabilidade espacial de uma área possibilita o desenvolvimento de um manejo localizado, fazendo assim com que o produtor tenha uma economia e eficiência na hora da aplicação de insumos. Desta maneira, ao surgir resultados econômicos, por consequência vem a adoção de boas práticas de aplicação, resultando em uma quantidade menor de moléculas químicas que são depositadas ao meio ambiente. O trabalho tem como objetivo mapear a variabilidade espacial de plantas daninhas em uma área experimental de plantio direto no município de Nova Andradina Mato Grosso do Sul, georreferenciada e subdividida em 48 pontos amostrais. Para efetuar a coleta das plantas daninhas utilizou-se um quadro com área de 0,25 m<sup>2</sup>, sendo lançado ao solo 4 vezes consecutivas, dentro de um mesmo ponto amostral, somando desta maneira 1 m<sup>2</sup>. Os valores dos atributos massa fresca e seca de folhas largas e estreitas foram realizadas a partir de amostragens georreferenciadas e os mapas temáticos dos atributos gerados utilizando o inverso do quadrado da distância (IQD). Foi possível também realizar teores de massa seca e úmida de plantas invasoras, folha larga e folha estreita que estavam presentes na área. As plantas daninhas de folhas largas, quanto as plantas daninhas de folhas estreitas apresentaram uma variabilidade definida na área, fazendo com que efetua-se um bom mapeamento, desta forma representando que com um bom processo de mapeamento e uma boa análise do mesmo, além de conhecer a área de cultivo o produtor consegue alcançar ganhos em produtividade e também em economia na hora da compra e aplicação de insumos na lavoura.

**Palavras-Chave:** Plantas daninhas, Variabilidade, Taxa variável

### RESUMEN

El conocimiento de la variabilidad espacial de un área permite desarrollar un manejo localizado, logrando así que el productor tenga una economía y eficiencia al momento de la aplicación de insumos. De esta forma, cuando surgen resultados económicos, viene consecuentemente la adopción de buenas prácticas de aplicación, resultando en una menor cantidad de moléculas químicas que se depositan en el medio ambiente. El objetivo de este trabajo es mapear la variabilidad espacial de las malas hierbas en un área experimental de siembra directa en el municipio de Nova Andradina Mato Grosso do Sul, georreferenciada y subdividida en 48 puntos de muestreo. Para recolectar las malezas se utilizó un marco con un área de 0,25 m<sup>2</sup>, siendo arrojado al suelo 4 veces consecutivas, dentro del mismo punto de muestreo, sumando así 1 m<sup>2</sup>. Los valores de los atributos masa fresca y seca de hojas anchas y angostas se realizaron a partir de muestreos georreferenciados y los mapas temáticos de los atributos generados

<sup>1</sup> Bacharelado em agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Nova Andradina, [g.a.ferreira327@gmail.com](mailto:g.a.ferreira327@gmail.com)

<sup>2</sup> Bacharelado em agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Nova Andradina, [emilymiskiw@gmail.com](mailto:emilymiskiw@gmail.com)

<sup>3</sup> Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus Nova Andradina, [dubrexo@gmail.com](mailto:dubrexo@gmail.com)

<sup>4</sup> Prof.º em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus Nova Andradina, [mauro.lima@ifms.edu.br](mailto:mauro.lima@ifms.edu.br)

<sup>5</sup> Prof.ª Dr.ª em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus Nova Andradina, [grazieli.suszek@ifms.edu.br](mailto:grazieli.suszek@ifms.edu.br)

mediante el inverso del cuadrado de la distancia (IQD). También fue posible realizar niveles de masa seca y húmeda de plantas invasoras, de hoja ancha y de hoja angosta que se encontraban presentes en la zona. Las malezas de hoja ancha, al igual que las malezas de hoja angosta, presentaron una variabilidad definida en el área, lo que provocó que se realizara un buen mapeo, representando así que con un buen proceso de mapeo y un buen análisis del mismo, además de conocer el área de cultivo, el productor puede lograr ganancias en productividad y también en ahorros al momento de la compra y aplicación de insumos en el campo.

**Palabras Clave:** Malezas, Variabilidad, Tasa Variable

#### ABSTRACT

The knowledge of the spatial variability of an area allows the development of a localized management, thus making the producer have an economy and efficiency at the time of application of inputs. In this way, when economic results arise, consequently comes the adoption of good application practices, resulting in a smaller amount of chemical molecules that are deposited in the environment. The objective of this work is to map the spatial variability of weeds in an experimental area of no-till in the municipality of Nova Andradina Mato Grosso do Sul, georeferenced and subdivided into 48 sampling points. To collect the weeds, a frame with an area of 0.25 m<sup>2</sup> was used, being thrown to the ground 4 consecutive times, within the same sampling point, thus adding 1 m<sup>2</sup>. The values of the attributes fresh and dry mass of broad and narrow leaves were carried out from georeferenced sampling and the thematic maps of the attributes generated using the inverse square of the distance (IQD). It was also possible to perform dry and wet mass levels of invasive plants, broad leaf and narrow leaf that were present in the area. Broad-leaf weeds, as well as narrow-leaf weeds, showed a defined variability in the area, causing a good mapping to be carried out, thus representing that with a good mapping process and a good analysis of the same, in addition to knowing the area of cultivation, the producer can achieve gains in productivity and also in savings at the time of purchase and application of inputs in the field.

**Keywords:** Weeds, Variability, Variable Rate

#### INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão é construída com um conjunto de ferramentas e técnicas aplicado para permitir sistemas de gestão agrícola baseados em variabilidade espacial e unidades de produção projetadas para aumentar o retorno econômico e reduzir os impactos ambientais (BRASIL, 2014).

Com o avanço das tecnologias e crescimento da população a demanda por alimento vem aumentando cada vez mais, com isso a produção de alimentos necessita de um cuidado maior utilizando a aplicação de agroquímicos, seu uso visa o controle de pragas e competição de plantas invasoras na área de cultivo aumentando assim o potencial produtivo (ROCHA et al, 2019).

A segurança alimentar se trata de um assunto que preocupa a todos, pois as pessoas devem ter acesso a alimentação, mas junto aos grandes campos de cultivo crescem também as pragas que competem junto a cultura para que ela não se desenvolva e desta forma comprometa a produção de alimento como um todo, as tecnologias desenvolvidas através da agricultura de precisão, resultam em controles e aplicações mais eficientes para as ervas daninhas que invadem os campos de produção (GEBBERS et al, 2010).

O processo produtivo pode ser influenciado pelas plantas daninhas, conforme aborda Oliveira (2018), concorrendo por recursos do meio, hospedando pragas e doenças ou prejudicando nas práticas culturais e na colheita. A interferência dessas plantas pode depender de vários fatores, como a densidade, tempo de interferência e distribuição das espécies, que pode acabar trazendo prejuízos econômicos ao produtor (CAVALCANTE, 2017).

O mapeamento da variabilidade espacial, com o uso de ferramentas que são disponibilizadas pela agricultura de precisão não está limitado apenas a uma prática para um bom manejo de solo, mas torna possível também uma aplicação de defensivos de uma forma mais congruente e efetiva, quando comparado com as aplicações comuns baseadas apenas em uma estimativa de população de plantas invasoras sem considerar o grau de distribuição na área (BOTTEGA et al, 2016).

Em seu trabalho FIALHO et al (2012), testou a competição entre as plantas daninhas e cultura do cafeeiro, avaliando os resultados do seu trabalho notou-se que as plantas mais jovens de café apresentou uma menor quantidade de nutrientes em suas folhas, mas já as plantas daninhas tiveram um arranque maior, com elevado teor de nutrientes em suas folhas, sendo eles ferro, boro, magnésio, zinco e cálcio, notando assim que nos locais onde a análise de solo teria maior teor destes nutrientes as plantas invasoras se desenvolveram melhor do que a cultura principal.

Analisa-se, deste modo, possibilitando que o uso mais eficiente de herbicidas, promovendo ganhos econômicos e ambientais, são consequência da união de conhecimentos sobre plantas daninhas e técnicas de agricultura de precisão, no aspecto de mapeamento, evidencia os sítios de maior densidade de plantas daninhas na área. Pode ainda se ter diferentes manejos nestes locais, em que a finalidade seja a redução do banco de sementes, visto que a probabilidade de ocorrência de uma infestação no mesmo local é maior, quando relacionado a locais sem ocorrência de plantas daninhas (BREXÓ et al., 2019).

No mapeamento da variabilidade espacial a identificação botânica é importante, visto que apresenta dados de estudos taxonômicos, salvo que contribui na construção de mapas de incidência, na especificação das espécies de maior ocorrência e auxilia no manejo localizado, com a finalidade de reduzi-las (LIMA et al., 2016). Entretanto no mapeamento pode se ter a racionalização do uso de herbicidas em áreas agrícolas com a aplicação da quantidade prescrita de defensivos agrícolas no local correto e no momento apropriado, com isso, o custo de manejo da cultura será reduzido, com retenção do impacto ambiental.

Sendo assim, para que o mapeamento da variabilidade espacial das plantas daninhas torne-se uma prática rotineira para que a partir desta prática se forme uma tomada de decisão

final, gera recomendações de aplicação de herbicidas, com tratamentos a taxas variáveis, ou seja, a aplicação localizada de herbicidas na agricultura, necessita ainda de muitas pesquisas.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A agricultura tem passado por inúmeras transformações e com o crescente aumento populacional também há uma maior demanda por alimentos que supram as necessidades dos consumidores. O papel da tecnologia vem sendo cada vez mais importante, trazendo maior eficiência ao longo do processo produtivo com o aumento da produtividade, qualidade do produto final e redução de custos (MARTINS, 2018).

Ferramentas de agricultura de precisão permitem investigar a variabilidade espacial na ocorrência, distribuição e densidade de plantas daninhas, utilizando técnicas tradicionais, como grades de amostragem, ou mesmo técnicas avançadas, como o uso de sensores para identificação. Os dados gerados pela análise de georreferenciamento de plantas daninhas faz-se possível a realização de mapas na área a ser manejada. Com isso, para uma melhor precisão desses dados deve se ter uma bom quantitativo de pontos amostrais, fazendo com que se utilize mais tempo tendo um resultado de qualidade (LIMA, 2021).

O surgimento de ervas daninhas em áreas agrícolas conforme Silva (2012) pode levar a um declínio na produtividade das culturas e as perdas resultantes podem atingir as perdas totais da cultura. As ervas daninhas são mais prejudiciais à agricultura do que as pragas e doenças. Efeitos devido à competição por água, luz e nutrientes.

De acordo com Sales Junior, (2012) às ervas invasoras que ocorrem em uma área de cultivo, além de competir com a planta por espaço, nutrientes e luz, pode ocorrer também das próprias invasoras servirem de hospedeiro para que os patógenos se alojem e proliferam na área. Devido a este aspecto o controle das ervas daninhas deve ser feito de maneira mais eficiente, pois as malefícios que elas podem acarretar para a área de cultivo não é apenas a competição por nutrientes, desta forma uma aplicação por taxa variável acaba se tornando eficaz, pois faz com que a aplicação de agroquímicos seja mais congruente.

Existem outros fatores relacionados às plantas daninhas que podem causar perdas substanciais na produção, como a capacidade de produzir compostos alelopáticos e a capacidade de atuar afetando mais que doenças, pragas e hospedeiros de pragas na cultura. Segundo Silva (2012), a intensidade desse distúrbio depende das características das plantas daninhas e da cultura, como taxa de crescimento, tamanho, estrutura da planta, estágio de crescimento, duração, convivência e meio ambiente.

O termo plantas daninhas, plantas invasoras ou ervas daninhas com o passar do tempo

vem sendo empregado indistintamente nas literaturas Brasileiras, essas plantas também podem ser denominadas plantas ruderais ou plantas rústicas. Como definição de plantas daninhas tem de princípio que consiste em que toda e qualquer planta que está ocorrendo onde não é desejada (OLIVEIRA et al, 2011).

O tempo e a duração do período de convivência das plantas daninhas tiveram um grande impacto na intensidade do distúrbio. No início do ciclo de desenvolvimento, culturas e comunidades de plantas daninhas podem coexistir por um período de tempo sem prejudicar a produtividade das espécies cultivadas. Durante esta fase, o meio é capaz de fornecer os fatores de crescimento necessários para a cultura e as plantas daninhas - esta fase é conhecida como período de pré-perturbação (BRIGHENTI, 2004).

A convivência é inevitável, mas o manejo das plantas daninhas tem a finalidade de equilibrar a interferência favorecendo, as plantas cultivadas, e garantindo assim, a produtividade da cultura. É fundamental conhecer os fatores que afetam as relações de convivência e de interferência para que possam ser estabelecidas as estratégias culturais que direcionam os recursos para a planta cultivada em detrimento da comunidade infestante (MONQUERO, 2014).

Dentro do cultivo da cultura do girassol as plantas daninhas podem interferir de diversas maneiras possíveis, como por exemplo além de competir por espaço e nutrientes alguns autores como ECK (s/d), e citado que com uma ocorrência de plantas daninhas muito alta na área pode acarretar em uma perda de até 25% do total de grãos ao final da colheita.

Através da competição que é gerada pela infestação das plantas daninhas na área de cultivo a cultura em desenvolvimento na área como exemplo o cultivo do girassol, de acordo com ECK (s/d), principalmente quando a cultura está em sua fase de enchimento de grãos e a competição com as plantas invasoras está bastante elevada a planta acaba deixando de lado a sua função de enchimento e passa a competir por nutrientes e desta forma a produtividade final da lavoura acaba sendo atingida de forma direta, quando se deixa uma lavoura com alto nível de infestação.

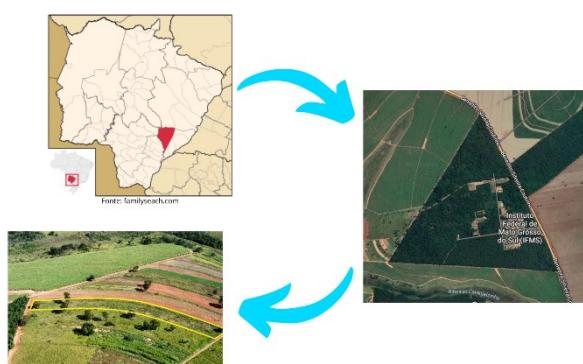
No contexto agronômico e ambiental o estudo da distribuição espacial das plantas daninhas é necessário. A aplicação da ferramenta geoestatística possibilita a elaboração de mapeamento contando com o uso de estratégias de manejo localizados. Com isso mantemos a qualidade do meio ambiente e beneficia na economia de insumos (SANTOS JÚNIOR, 2021).

## METODOLOGIA

A área experimental está localizada na Fazenda Santa Bárbara, no município de Nova

Andradina-MS (Figura 1), coordenadas geográficas 22°04'49,19"S e 53°28'05,71"O. O clima da região é do tipo tropical, clima mesotérmico com estação invernosa pouco definida ou ausente, concentração de chuvas nos meses de verão e secas no inverno, segundo classificação de Köppen. A altitude média é de 380 m e os índices pluviométricos para a região são superiores a 1100 mm anuais. O solo da área experimental é classificado como Neossolo Quartzarênico, sem horizonte A definido, textura muito arenosa, com 843 g dm<sup>-3</sup> de areia, 130 g dm<sup>-3</sup> de argila e 27 g dm<sup>-3</sup> de silte.

**Figura 1:** Localização da área experimental



**Fonte:** Familysearch, Google maps, Própria (2022)

Para o levantamento das plantas daninhas foi confeccionado uma armação, com dimensões de 0,50 x 0,50 m (0,25 m<sup>2</sup>) em PVC. As amostragens foram realizadas seguindo o grid anteriormente determinado. O quadro (armação) foi lançado 4 vezes em cada célula da malha descrita e as plantas daninhas, separadas pela classificação em folhas largas e folhas estreitas. As plantas contidas em cada quadro foram cortadas rente ao solo e acondicionadas em sacos de papel, identificados e levados para laboratório para determinação de massa fresca e massa seca após secagem em estufa a temperatura de 65° C por 72 horas, de acordo com Costa et al. (2018) e Oliveira (2019). Posteriormente, os dados foram transformados em kg/ha. As espécies presentes em cada área amostrada foram analisadas, conforme comunidades das espécies de plantas daninhas predominantes.

Foi realizado uma análise descritiva dos dados com o intuito de obter as medidas de posição (média e mediana), e as medidas de dispersão (variância e desvio padrão). A distribuição normal de probabilidade dos dados foi verificada, utilizando o teste proposto por Anderson Darling e Kolmogorov-Smirnov. Foram considerados com medida de distribuição de probabilidade normal os dados que apresentaram normalidade em, pelo menos, um dos testes.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, utilizando o software

Minitab 18® para obtenção das medidas de posição (média e mediana), medida de dispersão (desvio-padrão) e medidas de forma da distribuição (coeficiente de variação), avaliado conforme descrito por Gomes (2000). Além disso, também serão realizadas análises de correlação linear de Pearson e teste de normalidade de Anderson Darling e Kolmogorov Smirnov (5% de significância).

Para a ocorrência de outliers univariados, as análises exploratórias serão realizadas utilizando-se box-plots e histogramas. Quando uma observação exterior potencial for identificada, ela será analisada em seu contexto espacial, e tomada a decisão quanto a sua exclusão.

Após as análises preliminares, foi realizada a interpolação dos valores nas posições não amostradas, por meio do método do inverso do quadrado da distância que, como mencionado por Pott et al. (2019), quando comparado com a Krigagem ordinária, não apresenta diferenças significativas, através da análise dos erros da estimativa.

A construção dos mapas de incidência de plantas daninhas de folhas largas e folhas estreitas segue de acordo com a distribuição espacial verificada na área, a partir da quantidade de plantas coletadas e massa seca e fresca das mesmas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 01 são apresentados os valores de estatística descritiva para os atributos de fertilidade do solo e os de plantas daninhas. De acordo com os dados estatísticos do número de plantas coletadas na área experimental, pode-se verificar que houve maior heterogeneidade na amostragem de plantas de folha estreita, porém a maior presença de plantas invasoras na área experimental foi de plantas de folha larga. Também pode observar na tabela a análise estatística que a Biomassa das plantas invasoras, houve grande heterogeneidade no peso das amostras, ou seja, houve grande variação entre o volume de massa das plantas invasoras. De acordo com Gerhards et al. (1997), esta grande variação dos dados é típica nos estudos envolvendo plantas daninhas e reflete o seu tipo de distribuição em manchas ou reboleiras, o que também é constatado por Schaffrath et al. (2007).

**Tabela 01:** Análise estatística descritiva dos dados.

	<b>Média</b>	<b>Med.</b>	<b>DP</b>	<b>Var.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>CV</b>
<b>pH SMP</b>	7,09	7,09	0,15	0,02	6,63	7,37	2,1
<b>M.O.</b>	9,92	9,96	0,84	0,71	8,33	12,02	8,5
<b>K (mg/dm-3)</b>	37,38	37,50	12,06	145,52	19,00	72,00	32,3
<b>Ca (mmolc/dm-3)</b>	5,72	5,75	1,82	3,30	2,50	9,80	31,8
<b>Mg (mmolc/dm-3)</b>	3,52	3,55	1,11	1,24	1,40	6,00	31,7
<b>Al (mmolc/dm-3)</b>	1,21	0,70	1,30	1,70	0	6,10	108,0
<b>SB (mmolc/dm-3)</b>	10,20	10,15	3,00	9,00	4,80	16,80	29,4
<b>CTC</b>	27,81	27,20	2,25	5,08	24,00	33,60	8,1
<b>SB</b>	36,57	37,28	9,65	93,17	14,46	53,93	26,4
<b>S (mg/dm-3)</b>	2,54	2,30	1,19	1,41	0,90	7,00	46,7
<b>B(mgdm-3)</b>	0,24	0,23	0,03	0,00	0,18	0,35	13,2
<b>Cu(mg/dm-3)</b>	0,42	0,40	0,05	0,00	0,30	0,50	12,5
<b>Fe(mg/dm-3)</b>	84,74	85,80	11,19	125,18	65,20	112,00	13,2
<b>Mn (mg/dm-3)</b>	15,58	14,80	3,17	10,06	8,70	25,20	20,4
<b>Zn(mg/dm-3)</b>	0,38	0,30	0,29	0,08	0,10	1,70	75,1
<b>Argila(g/Kg)</b>	85,15	85,00	7,04	49,62	64,00	103,00	8,3
<b>Silte(g/Kg)</b>	15,23	14,00	5,27	27,80	3,00	33,00	34,6
<b>Areia(g/Kg)</b>	899,63	900,00	6,21	38,62	884,00	912,00	0,7
<b>FOLHA ESTREITA</b>	2,65	1,50	3,94	15,55	0,00	22,00	149,1
<b>FOLHA LARGA</b>	11,15	10,00	6,21	38,60	3,00	34,00	55,7
<b>MASSA UMIDA</b>	209,38	177,90	118,89	14135,40	36,10	711,70	56,8
<b>MASSA SECA</b>	69,52	60,30	38,01	19,70	234,60	54,678	69,5

\*pH - potencial Hidrogeniônico; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; Al - Alumínio; H + Al -Hidrogênio + Alumínio; SB - Soma de bases; CTC - Capacidade de Troca de Cátions; MO - Matéria Orgânica; V % - Saturação de Bases; S - Enxofre; B - Boro; Cu - Cobre; Fe - Ferro; Mn - Manganês; Zn - Zinco; Mín - Mínimo; Máx. - Máximo; Méd. - Média; D.P. - Desvio padrão; Var. - Variação; C.V. - Coeficiente de variação. Fonte: Própria (2022).

De acordo com a Tabela 02, pode-se observar o coeficiente de correlação de Pearson ® entre os atributos de fertilidade do solo das duas análises. De acordo com Filho e Júnior (2009) uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que a contagem de uma variável pode ser determinada exatamente ao se saber a contagem da outra, no outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis. Para interpretação das análises do coeficiente de correlação utilizou-se a proposta estabelecida por Dancey e Reidy (2006).

**Tabela 02:** Coeficiente de correlação de Pearson dos atributos avaliados.

	Altitude	pH SMP	M.O.	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC	SB	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia	ESTREITA	LARGA	MAS UM	MAS SEC
Altitude	1,00																						
pH SMP	-0,10	1,00																					
M.O.	0,11	-0,24	1,00																				
K	-0,03	0,15	0,27	1,00																			
Ca	0,08	0,73	0,26	0,23	1,00																		
Mg	0,04	0,74	0,23	0,21	0,97	1,00																	
Al	0,03	-0,87	0,01	-0,23	-0,78	-0,79	1,00																
SB	0,06	0,73	0,27	0,32	0,99	0,98	-0,79	1,00															
CTC	0,19	-0,32	0,67	0,23	0,39	0,37	0,11	0,40	1,00														
SB	0,00	0,88	0,09	0,29	0,95	0,95	-0,87	0,96	0,15	1,00													
S	0,00	0,13	0,19	0,27	0,28	0,29	-0,19	0,31	0,25	0,26	1,00												
B	0,30	-0,43	0,13	0,04	-0,16	-0,19	0,47	-0,16	0,40	-0,26	0,19	1,00											
Cu	0,22	-0,23	-0,20	-0,45	-0,18	-0,11	0,28	-0,20	0,02	-0,23	-0,28	0,12	1,00										
Fe	-0,09	-0,52	-0,28	-0,44	-0,55	-0,54	0,64	-0,57	-0,07	-0,60	-0,20	0,38	0,32	1,00									
Mn	0,09	0,27	0,39	0,04	0,62	0,62	-0,46	0,61	0,44	0,51	-0,12	-0,09	0,15	-0,30	1,00								
Zn	0,17	-0,03	0,32	0,21	0,12	0,06	-0,05	0,12	0,17	0,08	0,08	0,01	0,11	-0,28	0,15	1,00							
Argila	0,06	-0,07	-0,03	-0,16	-0,02	0,05	-0,04	-0,01	0,07	-0,04	-0,02	0,08	0,33	-0,07	0,06	0,00	1,00						
Silte	0,16	-0,16	0,17	0,08	-0,01	-0,05	0,22	-0,02	0,19	-0,08	0,22	0,11	0,11	0,12	-0,04	0,06	-0,52	1,00					
Areia	-0,21	0,21	-0,10	0,12	0,03	-0,01	-0,14	0,02	-0,24	0,11	-0,16	-0,18	-0,47	-0,02	-0,03	-0,04	-0,69	-0,26	1,00				
ESTREITA	0,27	0,04	0,10	-0,10	0,04	0,05	-0,06	0,04	-0,03	0,03	0,01	-0,02	0,29	-0,15	0,18	0,46	0,25	-0,08	-0,21	1,00			
LARGA	0,46	-0,04	-0,15	-0,09	-0,07	-0,06	0,06	-0,08	-0,07	-0,06	-0,22	0,09	0,24	0,09	-0,16	-0,23	0,18	-0,03	-0,18	-0,12	1,00		
MAS UM	-0,20	-0,05	0,16	0,22	-0,05	-0,04	0,05	-0,02	0,05	-0,02	-0,07	0,09	-0,16	-0,06	-0,12	-0,01	-0,08	-0,13	0,20	-0,13	0,14	1,00	
MAS SEC	-0,24	0,08	0,15	0,21	-0,01	0,02	-0,10	0,02	-0,09	0,05	-0,09	-0,12	-0,13	-0,18	-0,02	0,01	-0,09	-0,14	0,22	-0,05	0,13	0,93	1,00

\*  $\geq 0,60$  ou  $r \geq -0,60$  (Correlação Forte);  $0,30 \leq r < 0,60$  ou  $-0,60 < r \leq -0,30$  (Correlação Moderada);  $-0,30 < r < 0,30$  (Correlação Fraca) (Dancey e Reidy, 2006); pH – potencial

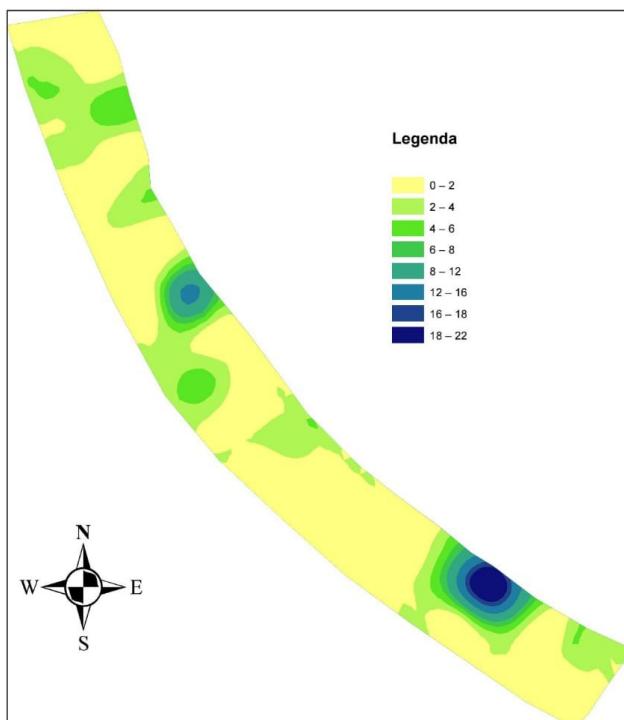
Hidrogeniônico; K – Potássio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; Al – Alumínio; H + Al – Hidrogênio + Alumínio; SB – Soma de bases; CTC – Capacidade de Troca de Cátions; M.O. – Matéria Orgânica; V % – Saturação de Bases; S – Enxofre; B – Boro; Cu – Cobre; Fe – Ferro; Mn – Manganês; Zn – Zinco; Fonte: Própria (2020).

Conforme demonstrado na Tabela 02, pode-se observar que houve correlação moderada entre o níveis de zinco e a distribuição de folha estreita na área, o zinco é considerado um elemento de grande importância para as gramíneas, participando como componente de um grande número de enzimas. Suas funções básicas na planta estão relacionadas ao metabolismo de carboidratos, proteínas e fosfatos, além da formação da estrutura das auxinas, RNA e ribossomos (BORKERT, 1989), no metabolismo dos fenóis, no aumento do tamanho e multiplicação celular e na fertilidade dos grãos de pólen (MALAVOLTA et al., 1991).

Além disso, na também é possível observar uma correlação forte entre os atributos de massa úmida e massa seca, onde tal correlação já era esperada, visto que a diferença entre ambos é a umidade perdida no processo de secagem das amostras.

A elaboração de mapas da distribuição de plantas daninhas facilitou a visualização da variabilidade espacial presente na área de estudo. Na Figura 2 é possível observar a distribuição de plantas daninhas de folhas estreitas, a escala de cores do mapa varia de acordo com o número de plantas encontradas ao longo da área de estudo. Sendo azul escuro os pontos com maior número de plantas, variando entre 18 e 22 plantas  $m^{-2}$ , e amarelo menor quantidade de plantas por  $m^2$  ou a ausência de plantas daninhas.

**Figura 2:** Mapa de variabilidade de folhas estreitas



**Fonte:** Própria (2022)

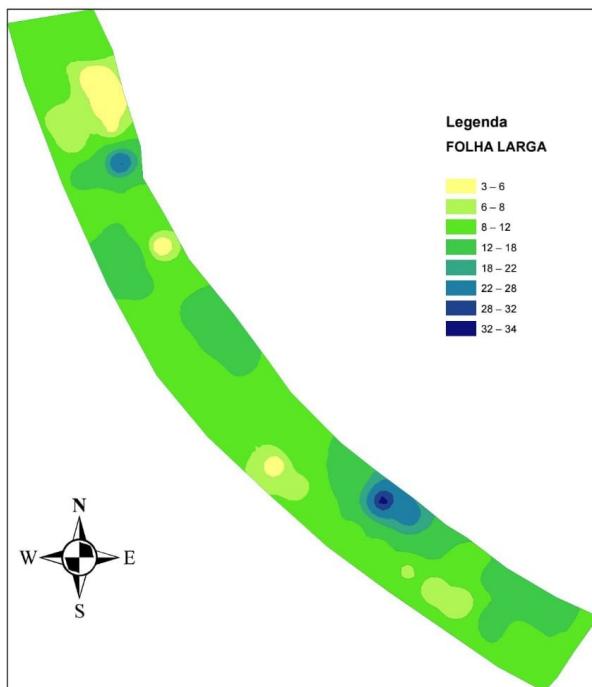
Ao decorrer da área se destacam dois pontos de maior concentração de plantas daninhas de folha estreita. Na região central e sudeste do mapa observa-se pontos de maior concentração de número de plantas daninhas, evidenciadas pela cor azul escuro. A cor amarela está distribuída por toda extensão do mapa, indicando a baixa ocorrência de plantas daninhas de folha estreita na maior parte da área.

Ao analisar o mapa, a distribuição de plantas ocorre de forma heterogênea na área, com concentração apenas em pontos específicos. Dados semelhantes foram encontrados por Brexó et al. (2019), onde as plantas daninhas apresentaram desuniformidade de distribuição, caracterizando alta variabilidade espacial. De acordo com os mesmos autores, os mapas temáticos são de extrema importância e podem ser utilizados para aplicação de herbicidas em taxa variável, reduzindo os custos e diminuindo a quantidade de produto dispersa no meio ambiente.

Ao observar o mapa de distribuição de plantas daninhas de folha larga (Figura 3), a escala de cores varia entre amarelo para menor ocorrência de plantas e azul escuro com maior ocorrência de plantas. Nenhum ponto avaliado teve ausência de plantas daninhas de folha larga. É possível notar dois pontos de maior concentração de plantas daninhas de folha larga, porém não coincidente com os pontos de maior incidência de plantas daninhas de folha estreita. No entanto, assim como o mapa apresentado para variabilidade de plantas daninhas de folha

estreita, as de folha larga também têm distribuição heterogênea ao longo da área.

**Figura 3:** Mapa de variabilidade de plantas folha larga



**Fonte:** Própria (2022)

Além da quantidade de plantas por metro quadrado, foram elaborados mapas baseados na massa seca e fresca do total de plantas (folha larga F/L e folha estreita F/E) coletadas em cada ponto. Na Figura 4 pode-se verificar a distribuição de massa seca das plantas daninhas coletadas, seguindo o mesmo padrão de cores mencionado anteriormente.

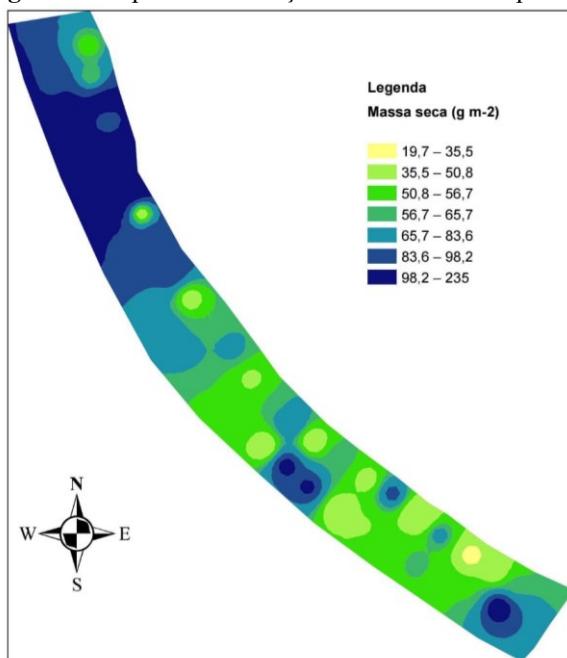
O mapa de distribuição de massa fresca (Figura 5), apresenta maior concentração de plantas, caracterizada pela cor azul escura, em três regiões principais. Na extremidade norte, abrangendo grande parte da área, é onde ocorreu a maior concentração de plantas daninhas em geral, considerando espécies de folhas largas e de folhas estreitas juntas.

Na região central do mapa e na extremidade sudeste se encontram as outras regiões com maior concentração, podendo ser chamados de sítios de concentração. Esses três sítios se repetem para ambos os mapas de massa (Figura 4 e 5), isso ocorre devido a correlação entre os dados apresentados.

Lima (2021), ao trabalhar com manejo eficiente de plantas daninhas, também encontrou variabilidade na distribuição de plantas ao longo de sua área de estudo. Ao testar a eficiência agronômica de dois herbicidas pré-emergentes, constatou-se que a aplicação de defensivos agrícolas para controle de plantas daninhas em taxa variável proporciona redução na quantidade total a ser aplicada. De acordo com o mesmo, houve redução de até 17,56% da quantidade total

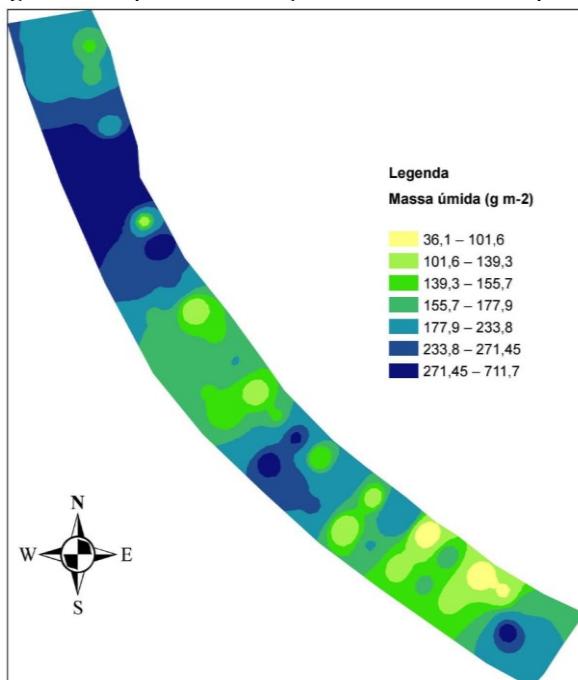
de produto a ser aplicado, quando utilizado o mapa de variabilidade espacial de plantas daninhas para aplicação em taxa variável.

**Figura 4:** Mapa de distribuição de massa seca de plantas



**Fonte:** Própria (2022)

**Figura 5:** Mapa de distribuição de massa fresca de plantas



**Fonte:** Própria (2022)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapa de distribuição de plantas daninhas é uma ferramenta eficiente para

identificação da variabilidade espacial ao decorrer da área. Houve maior ocorrência de plantas daninhas de folha larga e as plantas daninhas de folha estreita se encontram em pontos específicos de maior concentração, sendo possível identificar pelo mapa.

Os mapas de massa seca e massa fresca apresentam similaridades de distribuição, devido a correlação entre os dados apresentados. Para elaboração de mapas para aplicação de taxa variável de herbicidas os mapas de massa se mostraram mais eficientes em comparação aos elaborados com a quantidade de plantas daninhas encontradas.

## REFERÊNCIAS

BOTTEGA, E. L. et al. Distribuição espacial de plantas daninhas em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, vol.20 n.12, Dec., 2016. ISSN 1807-1929.

BORKERT, C. M. **Micronutrientes na planta**. In: BÜLL, L.T.; ROSOLEM, C.A. Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. p.309-329.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de Precisão 2014/2030**. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 2014

BREXÓ, E. A. et al. Mapeamento da variabilidade espacial de plantas daninhas em sistema de plantio direto e preparo convencional do solo – Nova Andradina/MS. **APSUL**. 2019

BRIGHENTI, A. M. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. **Planta daninha**, v. 22, p. 251-257, 2004.

CAVALCANTE, J. T. et al.. Períodos de interferência de plantas daninhas em genótipos de batata-doce. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.26, n.4, p.640-656, 2017.

COSTA, M. E. et al.. Massa seca e teores de nutrientes de plantas de milho sob efeito de águas salinas e biochar. **Revista Verde**, Pombal-PB, V.13, Nº 5, p. 672-682, out.-dez.,2018.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia**: usando SPSS para Windows. Porto Alegre: Artmed, 2006.

ECK, N. G. FL; PINTO, J. J. O; MENGARDA, I. P. Interferência de plantas daninhas na cultura do girassol competição no tempo 1.

FIALHO, C. M. T. et al. Teor foliar de nutrientes em plantas daninhas e de café cultivadas em competição. **Planta daninha**, v. 30, p. 65-73, 2012.

FILHO, D.B.F.; JÚNIOR, J.A.S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, 2009.

GEBBERS, Robin; ADAMCHUK, Viacheslav I. Precision agriculture and food security.

Science, v. 327, n. 5967, p. 828-831, 2010.

GERHARDS, R.; WYSE-PESTER, D. Y.; JOHNSON, G. A. Characterizing spatial stability of weed populations sing interpolated maps. *Weed Science*, v. 45, n. 1, p. 108-119, 1997.

LIMA, A. da C.. **Mapeamento da variabilidade espacial da sorção-dessorção e eficiência agronômica do indaziflam e metribuzin em solos para o manejo de precisão de plantas daninhas.** 2021. 71 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2021.

LIMA, R. S. et al.. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi no município de Vitória da Conquista – BA. *Magistra*, Cruz das Almas – BA, V. 28, N. 3/4, p.390-402, Jul./Dez.2016. ISSN 2236 – 4420.

MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A. E.; PAULINO, V. T. Micronutrientes: uma visão geral. In: FERREIRA, M. E; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: POTAPOS, 1991. p.1-34.

MARTINS, Elias Amorim. **Diagnóstico da adoção de tecnologias de agricultura de precisão em propriedades rurais do Rio Grande do Sul.** 2018. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) – Programa de pós-graduação em Agricultura de Precisão, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2018.

MONQUERO, P. A. **Aspecto da biologia e manejo das plantas daninhas.** – São Carlos: Rima Editora, p.430, 2014.

OLIVEIRA, F. C. S.. **Interferência das plantas daninhas na produtividade e nutrição da cultura do milho verde em São Luís-MA.** 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-Unesp, Campus de Jaboticabal, 2018.

OLIVEIRA, G. S.. **Determinação dos períodos de interferência de plantas daninhas em pastagem de Panicum maximum.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. Biologia e manejo de plantas daninhas. **Curitiba, Brasil: Omnipax**, 2011.

POTT, L. P. et al. Variabilidade espacial da planta daninha azevém em cultivo de trigo utilizando diferentes malhas amostrais. *Tecno-Lógica*, v. 23, n. 2, p. 93-99, 2019.

SALES JUNIOR, R. et al. Ervas daninhas como hospedeiras alternativas de patógenos causadores do colapso do meloeiro. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, p. 195-198, 2012.

SANTOS JÚNIOR, R. F. **Variabilidade espacial do banco de sementes de plantas daninhas em área de cana-de-açúcar.** 2021.

SCHAFFRATH, V. R.; TORMENA, C. A.; GONÇALVES, A. C. A.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Variabilidade espacial de plantas daninhas em dois sistemas de manejo de solos. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 1, p. 53-60, 2007.

SILVA, A. F. A. et al. Interferência de plantas daninhas sobre plantas cultivadas. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 8, n. 1, p. 01-06, 2012.

ROCHA, F.C. et al.. Weed mapping using techniques of precision agriculture. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 33, n. 1, p. 157-164, 2015.

## APLICAÇÃO DE ADSORVENTES NA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES ORIUNDOS DE PRÁTICAS AGRÍCOLAS

## APLICACIÓN DE ADSORBENTES EN LA ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES DERIVADOS DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

## APPLICATION OF ADSORBENTS IN THE REMOVAL OF CONTAMINANTS ARISING FROM AGRICULTURAL PRACTICES

Afonso Henrique da Silva Júnior<sup>1</sup>; Carlos Rafael Silva de Oliveira<sup>2</sup>; Lisandro Simão<sup>3</sup>; Patrícia Viera de Oliveira<sup>4</sup>; Leandro Pellenz<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.316-332>

### RESUMO

Nas últimas décadas, a intensificação das práticas agrícolas no planeta vêm desencadeando diversos impactos negativos ao meio ambiente, principalmente devido a liberação de contaminantes provenientes dos defensivos agrícolas. A tendência é que aumente ainda mais a carga de agroquímicos na lavoura devido o rápido crescimento da população mundial. De acordo com órgãos internacionais, a expectativa para o ano de 2050 é que a população mundial alcance o número de 10 bilhões de pessoas. Ou seja, a agricultura vai permanecer um dos principais segmentos responsável por suprir toda a demanda de alimentos e matérias-primas para incontáveis processos industriais. Contudo, infelizmente, a liberação descontrolada de poluentes ao meio ambiente originários das lavouras está se tornando um problema em potencial para a manutenção da vida na terra. Assim, ao longo dos anos, algumas doenças podem se tornar recorrente nos organismos vivos devido a presença de compostos nocivos em alimentos e na água. Diante disso, o desenvolvimento de estratégias para reverter esse cenário e a aplicação de processos para a remediação ambiental são tendências na pesquisa científica. Além disso, cada vez mais está havendo o investimento de organizações públicas e privadas nessa temática. Hoje em dia, existem inúmeros processos utilizados para a remoção de poluentes da natureza, por exemplo, a adsorção. A adsorção é uma alternativa bastante aplicada e eficiente na descontaminação ambiental. As vantagens dos processos adsorptivos são diversos, por exemplo, o baixo custo de produção e de consumo energético. Assim, o presente artigo de revisão objetiva apresentar os principais tipos de materiais usados na produção de adsorventes, discutir pesquisas recentes que utilizaram o processo de adsorção para a remoção de poluentes oriundos de lavouras (pesticidas e metais), limitações e tendências do uso desses materiais na remediação ambiental. Além disso, o propósito desta revisão foi apresentar as possibilidades do uso de princípios da química verde na produção de adsorventes e a utilização de resíduos agroindustriais na fabricação de materiais na descontaminação ambiental.

**Palavras-Chave:** Remediação Ambiental, Agricultura, Poluentes Orgânicos e Inorgânicos, Adsorção, Química Verde.

### RESUMEN

En las últimas décadas, la intensificación de las prácticas agrícolas en el planeta ha desencadenado varios

<sup>1</sup> Engenheiro Agroindustrial-Agroquímico (Universidade Federal do Rio Grande – FURG), Mestre em Engenharia Química, Doutorando em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), [afonso.silva@posgrad.ufsc.br](mailto:afonso.silva@posgrad.ufsc.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Têxtil (Universidade Estadual de Maringá – UEM), Doutor em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), [carlos.oliveira@ufsc.br](mailto:carlos.oliveira@ufsc.br)

<sup>3</sup> Engenheiro Ambiental e Sanitarista (Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC), Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), [lisandrosimao@gmail.com](mailto:lisandrosimao@gmail.com)

<sup>4</sup> Engenheira Química, Mestre em Nanociências (Universidade Franciscana – UNF), Doutoranda em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), [p.v.oliveira@posgrad.ufsc.br](mailto:p.v.oliveira@posgrad.ufsc.br)

<sup>5</sup> Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis (Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS), Doutorando em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), [leandropellenz@hotmail.com](mailto:leandropellenz@hotmail.com)

impactos negativos en el medio ambiente, principalmente por la liberación de contaminantes provenientes de plaguicidas. La tendencia es que la carga de agroquímicos en el cultivo aumente aún más debido al rápido crecimiento de la población mundial. Según organizaciones internacionales, la expectativa para el año 2050 es que la población mundial alcance 10 mil millones de personas. En otras palabras, la agricultura seguirá siendo uno de los principales segmentos responsables de abastecer toda la demanda de alimentos y materias primas para innumerables procesos industriales. Sin embargo, lamentablemente, la liberación descontrolada de contaminantes al medio ambiente por parte de los cultivos se está convirtiendo en un problema potencial para el mantenimiento de la vida en la tierra. Así, con el paso de los años, algunas enfermedades pueden volverse recurrentes en los organismos vivos debido a la presencia de compuestos nocivos en los alimentos y el agua. Por lo tanto, el desarrollo de estrategias para revertir este escenario y la aplicación de procesos de remediación ambiental son tendencias en la investigación científica. Además, las organizaciones públicas y privadas están invirtiendo cada vez más en este tema. Hoy en día existen numerosos procesos utilizados para la eliminación de contaminantes de la naturaleza, por ejemplo, la adsorción. La adsorción es una alternativa eficiente y ampliamente aplicada en la descontaminación ambiental. Las ventajas de los procesos de adsorción son diversas, por ejemplo, el bajo costo de producción y consumo de energía. Por lo tanto, este artículo de revisión tiene como objetivo presentar los principales tipos de materiales utilizados en la producción de adsorbentes, discutir investigaciones recientes que utilizaron el proceso de adsorción para eliminar contaminantes de los cultivos (plaguicidas y metales), limitaciones y tendencias en el uso de estos materiales en el medio ambiente. Además, el propósito de esta revisión fue presentar las posibilidades del uso de principios de química verde en la producción de adsorbentes y el uso de residuos agroindustriales en la fabricación de materiales en descontaminación ambiental.

**Palabras Clave:** Remediación Ambiental, Agricultura, Contaminantes Orgánicos e Inorgánicos, Adsorción, Química Verde.

## ABSTRACT

In recent decades, the intensification of agricultural practices on the planet has triggered several negative impacts on the environment, mainly due to the release of contaminants from pesticides. The trend is that a load of agrochemicals in the crop will increase even more due to the rapid growth of the world population. According to international organizations, the expectation for the year 2050 is that the world population will reach 10 billion people. In other words, agriculture will remain one of the main segments responsible for supplying all the demand for food and raw materials for countless industrial processes. However, unfortunately, the uncontrolled release of pollutants to the environment from crops is becoming a potential problem for the maintenance of life on earth. Thus, over the years, some diseases can become recurrent in living organisms due to harmful compounds in food and water. Therefore, developing strategies to reverse this scenario and applying processes for environmental remediation are trends in scientific research. In addition, public and private organizations are increasingly investing in this topic. Nowadays, numerous techniques are used to remove pollutants from nature, for example, adsorption. Adsorption is a widely applied and efficient alternative to environmental decontamination. The advantages of adsorptive processes are diverse, for example, the low cost of production and energy consumption. Thus, this review article aims to present the main types of materials used in the production of adsorbents, discuss recent research that used the adsorption process to remove pollutants from crops (pesticides and metals), limitations and trends in the use of these materials in environmental remediation. In addition, the purpose of this review was to present the possibilities of using green chemistry principles in the production of adsorbents and the use of agro-industrial residues in the manufacture of materials in environmental decontamination.

**Keywords:** Environmental Remediation, Agriculture, Organic and Inorganic Pollutants, Adsorption, Green Chemistry.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a intensificação das práticas agrícolas no planeta vêm desencadeando inúmeras consequências ao meio ambiente, como a liberação de contaminantes oriundos de

agroquímicos e fertilizantes aplicados nas lavouras (DA SILVA JÚNIOR *et al.*, 2022). A principal causa dessa intensificação é atribuída ao aumento do número da população mundial que é aproximadamente 8 bilhões. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), a estimativa da população mundial em 2050 é de 10 bilhões de pessoas (DIAS *et al.*, 2021). No entanto, a partir do número atual de pessoas e o aumento da taxa de crescimento da população a cada ano, essa estimativa pode ser alcançada antes do ano previsto (NEME *et al.*, 2021). Ou seja, o setor agrícola é e vai ser um segmento ainda mais importante para amparar o possível número expressivo da população do planeta nas próximas décadas (SALOMON; CAVAGNARO, 2022).

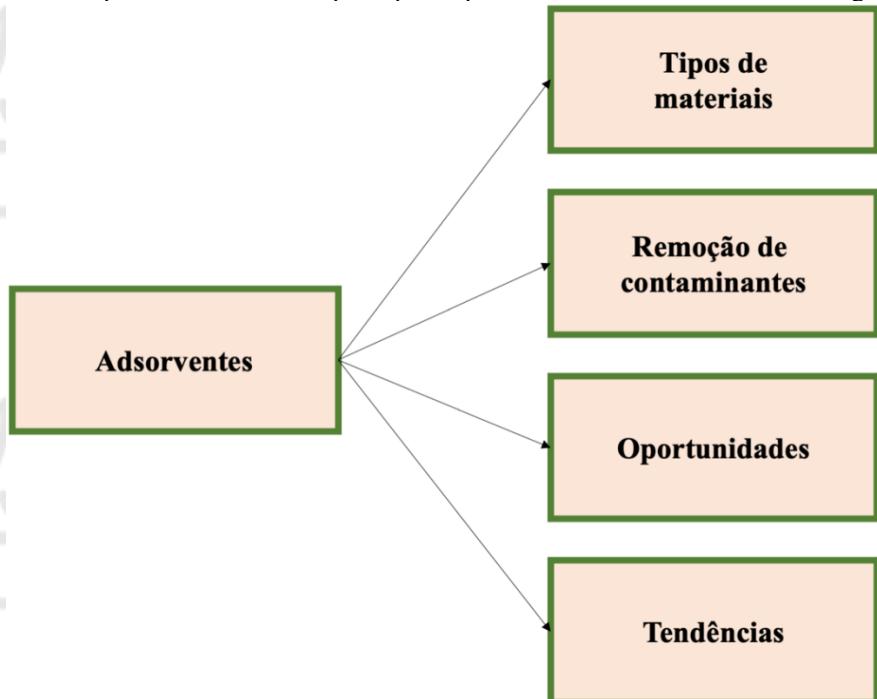
Diante desse cenário, o setor agrícola deve amparar o enorme número de pessoas no mundo, principalmente suprindo a demanda de alimentos. Contudo, para o aumento da produção de alimentos há a necessidade de intensificar a aplicação de insumos agrícolas, por exemplo, fertilizantes (VASA; POTHANAMKANDATHIL CHACKO, 2021). Além disso, o aparecimento de novos patógenos que acometem o desenvolvimento das plantas vem promovendo o uso de agroquímicos com formulações cada vez mais nocivos ao humano e ao meio ambiente (NEME *et al.*, 2021). Apesar de haver uma tendência na utilização de produtos naturais, ainda permanece o intenso uso de defensivos agrícolas sintéticos. Com isso, o desenvolvimento de novos produtos e processos que promova a redução do uso de defensivos agrícolas e/ou que contribua para a remediação ambiental de contaminantes presentes na natureza oriundos da agricultura são caminhos interessantes para serem aplicados (ALI *et al.*, 2021).

A contaminação de recursos hídricos e de solos é uma temática que merece bastante atenção, visto que a manutenção desses ecossistemas é fundamental para a vida na terra (RASTOGI *et al.*, 2017). Existem inúmeros processos que podem ser aplicados objetivando a remoção de contaminantes da água e do solo, por exemplo, a adsorção. A adsorção é uma alternativa bastante eficiente e utilizada na remoção de contaminantes emergentes do meio ambiente (THAKUR *et al.*, 2022). As vantagens dos processos adsorptivos são diversos, como o baixo custo, a facilidade de produção dos adsorventes, a operação simples, a possibilidade de utilizar resíduos para a preparação de carvões, o baixo consumo energético e a aplicação para remediação ambiental de inúmeros compostos orgânicos e inorgânicos (LIU *et al.*, 2022). Além disso, é possível reutilizar os adsorventes, no qual é um ponto muito positivo, podendo ser direcionado para um tratamento que apresente viabilidade econômica e ecológica (IGHALO; ADENIYI, 2020).

O uso de tecnologias e novos materiais para a remediação ambiental é uma temática

bastante explorada por cientistas e vem sendo aprimorada ao longo dos anos na escala laboratorial e cada vez mais estão sendo realizados investimentos para implementar nas estações reais de tratamento de águas e efluentes. Assim, a aplicação de uma técnica simples como é o processo de adsorção para a remoção de contaminantes oriundos de práticas agrícolas é uma alternativa que pode contribuir enormemente com a diminuição dos impactos negativos ocasionados pela agricultura. Portanto, o presente artigo de revisão objetiva apresentar os principais tipos de materiais para a produção de (bio)adsorventes, discutir alguns trabalhos recentes da literatura que utilizaram o processo de adsorção para a remoção de poluentes advindos de lavouras em diferentes sistemas, limitações e perspectivas futuras do uso desses materiais na remediação ambiental. Na Figura 1 apresenta um esquema ilustrativo dos principais tópicos abordados no trabalho. Também, o propósito desta revisão foi apresentar as possibilidades do uso de princípios da química verde na produção de bioadsorventes e a utilização de resíduos agroindustriais como precursores de novos materiais para a remoção de contaminantes da natureza.

**Figura 1:** Esquema ilustrativo dos principais tópicos abordados nesta revisão bibliográfica.



## REFERENCIAL TEÓRICO

As crescentes demandas por alimentos vêm promovendo nos últimos anos a acentuação das práticas agrícolas. A principal razão desse incremento é dada ao número da população mundial que hoje em dia é de aproximadamente 8 bilhões. Segundo a Organização das Nações

Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), a previsão da população mundial para o ano de 2050 é de 10 bilhões de pessoas (DIAS *et al.*, 2021). Contudo, diante do número atual de pessoas e o aumento da taxa de crescimento da população a cada ano, essa estimativa pode ser alcançada antes do ano previsto (NEME *et al.*, 2021). Assim, a agricultura é e vai ser um segmento ainda mais significativo para amparar o possível número expressivo da população do planeta nas próximas décadas (SALOMON; CAVAGNARO, 2022). Com isso, os aumentos do uso de agroquímicos nas lavouras têm preocupado os especialistas devido a constatação recorrente de altas concentrações de poluentes na natureza.

A poluição de recursos hídricos e de solos é um *hot topic* da literatura e que merece bastante atenção, visto que o cuidado desses ecossistemas é importante para a vida na terra (RASTOGI *et al.*, 2017). Atualmente, há diversos processos que podem ser aplicados visando a retirada de poluentes da água e do solo, por exemplo, a adsorção. A adsorção é uma alternativa bastante eficiente e utilizada na remoção de contaminantes emergentes do meio ambiente (THAKUR *et al.*, 2022). Os pontos positivos dos processos adsorventes são inúmeros, como o baixo custo e a facilidade de produção dos adsorventes (LIU *et al.*, 2022). Logo, o aprimoramento dos processos adsorventes e a produção de novos materiais adsorventes são caminhos interessantes para a remediação ambiental de contaminantes advindos da agricultura. Além disso, cada vez mais está havendo investimento em estruturas para implementação de novas estações de tratamento de águas e efluentes otimizadas.

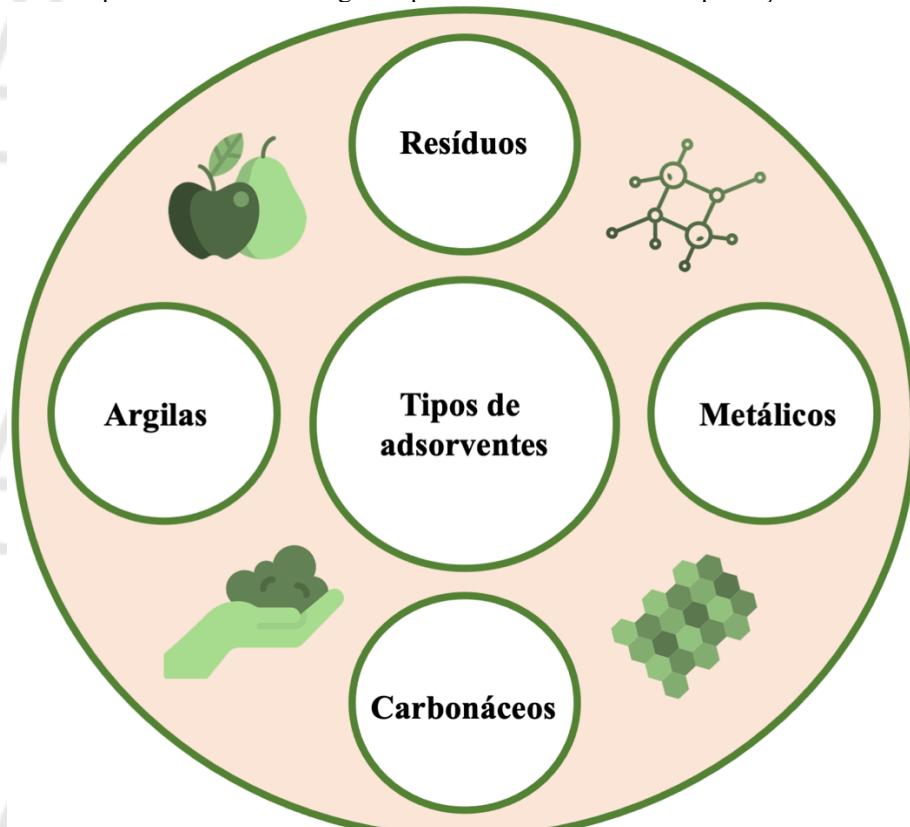
## METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste artigo de revisão foram realizadas buscas nas principais bases científicas, como ScienceDirect, Scopus, Google Scholar, Springer e Wiley Online Library. As palavras-chave utilizadas foram: adsorção, bioadsorventes, adsorventes de resíduos agroindustriais, adsorventes baseados em argila, contaminantes oriundos de práticas agrícolas, pesticidas, fertilizantes sintéticos, agroquímicos, defensivos agrícolas e adsorção de contaminantes advindos de práticas agrícolas. As buscas foram executadas em português e em inglês. Realizou-se a leitura dos títulos e dos resumos para a escolha das referências. Assim, incluiu-se as publicações que estavam dentro do escopo proposto pelo trabalho. Portanto, nesta revisão objetivou apresentar os principais tipos de materiais para a produção de (bio)adsorventes, discutir alguns trabalhos recentes da literatura que utilizaram o processo de adsorção para a remoção de poluentes advindos de lavouras em diferentes sistemas, limitações e perspectivas futuras do uso desses materiais na remediação ambiental.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO PRODUÇÃO DE ADSORVENTES

A produção de adsorventes pode ser através de diferentes metodologias e precursores, por exemplo, adsorventes produzidos hidrotermicamente com estrutura metal-orgânica (LIU *et al.*, 2022). Diante disso, estratégias podem ser aplicadas na síntese de adsorventes, e assim, adequar ao propósito da aplicação. Hoje em dia, existem diversos trabalhos publicados que utilizaram resíduos agroindustriais ou materiais baseados em argila para a produção de adsorventes com o objetivo de remoção de poluentes da água e do solo (SHELKE; JOPALE; KATEGONKAR, 2022). Neste sentido, os precursores para a fabricação de adsorventes são diversos e podem ser escolhidos com base na aplicação. Assim, a escolha do precursor e a metodologia de preparação dos adsorventes são etapas fundamentais para se obter êxito na aplicação, visto que a composição de cada material e a morfologia de cada estrutura produzida pode contribuir com resultados satisfatórios dependendo do contaminante. Na Figura 2 visualiza um esquema ilustrativo de alguns tipos de materiais utilizados na produção de adsorventes.

**Figura 2:** Esquema ilustrativo de alguns tipos de materiais usados na produção de adsorventes.



Fonte: Própria (2022).

## Adsorventes Obtidos a Partir de Resíduos Agroindustriais

A utilização de resíduos para a fabricação de adsorventes é uma estratégia promissora devido ao baixo custo de produção, o fácil manuseio, a disponibilidade e por resolver um grande problema que é o descarte adequado (MESELDZIJA *et al.*, 2019). Os resíduos agrícolas são gerados em grande quantidade e pode ser tóxico ao meio ambiente quando exposto por um longo tempo às intempéries ambientais (MO *et al.*, 2018). Geralmente, os resíduos agrícolas possuem enorme teor de carbono que após as modificações adequadas pode se converter em um carvão ativado de alta performance. Além disso, na literatura há inúmeros trabalhos em que alguns adsorventes de baixo custo produzidos a partir de resíduos agrícolas apresentaram eficiência maior quando comparados aos carvões comerciais (SHELKE; JOPALE; KATEGAONKAR, 2022). Os principais resíduos advindos de práticas agrícolas utilizados para a síntese de adsorventes são a casca de arroz, o bagaço de cana-de-açúcar, a espiga de milho e a casca de amendoim (MO *et al.*, 2018). No Quadro 1 mostra alguns trabalhos que utilizaram resíduos agrícolas para a produção de carvões ativados e aplicaram na remoção de poluentes.

**Quadro 1:** Alguns trabalhos encontrados na literatura que utilizaram resíduos agrícolas para a produção de adsorventes e aplicaram na remoção de contaminantes.

Resíduo utilizado	Condições aplicadas na síntese	Informações complementares	Referência
Sementes de graviola e casca de amendoim	Os adsorventes foram preparados em diversas condições ( <i>in natura</i> , carbonizado, pirolisado, quimicamente ativo e tratamento básico).	Os adsorventes foram testados para a remoção de íons Cd <sup>2+</sup> e Pb <sup>2+</sup> .	(SANTOS <i>et al.</i> , 2022)
Biomassa de <i>Pseudomonas stutzeri</i> e sementes de <i>Delonix regia</i>	A produção do adsorvente de sementes de <i>Delonix regia</i> foi através de tratamento com ácido sulfúrico concentrado.	O adsorvente foi aplicado na remoção rápida de pesticidas.	(SARAVANAN <i>et al.</i> , 2022)
Farelo de arroz, farelo de trigo, casca de lentilha e casca de arroz	Os adsorventes foram preparados a partir de um tratamento térmico e posteriormente moídos para aplicação.	O adsorvente preparado a partir da casca de lentilha vermelha foi o mais adequado para a remoção de cádmio.	(BASU; GUHA; RAY, 2017)
Casca de arroz	O adsorvente preparado foi funcionalizado com enxofre.	A aplicação do material fabricado foi aprimorada devido a funcionalização para a adsorção de Cd <sup>2+</sup> .	(QU <i>et al.</i> , 2018)
Folha de manga	As folhas de manga passaram por um processo térmico e em seguida triturado. Além disso, os corantes presentes nas folhas foram retirados.	O adsorvente foi aplicado para a remoção de azul de metileno de soluções aquosas.	(UDDIN <i>et al.</i> , 2017)

Fonte: Própria (2022).

A produção de adsorventes a partir de resíduos agroindustriais é uma alternativa

bastante viável. No entanto, modificações na estrutura e composição, por exemplo funcionalizações, são necessárias para a otimização durante a aplicação do material. A fabricação de bioadsorventes de cana-de-açúcar e mandioca com modificações físico-químicas foram testados na remoção de um corante catiônico (DE OLIVEIRA *et al.*, 2019). As matérias-primas foram tratadas com hidróxido de sódio. Além disso, as cinzas foram produzidas a partir da carbonização e calcinação. A síntese de um novo carvão ativado utilizando a pirólise de uma mistura de borra de café, serragem de eucalipto, hidróxido de cálcio e óleo de soja a 800°C também foi reportada (ROVANI *et al.*, 2014). A síntese de um adsorvente a partir da casca de limão não modificado foi reportado como um excelente material para a adsorção de íons cobre em soluções aquosas (MESELDZIJA *et al.*, 2019). Diante desse contexto, o uso de resíduos agroindustriais para a produção de adsorventes é um caminho *eco-friendly* a seguir, ainda mais em países com um enorme potencial agrícola. Além disso, a utilização de adsorventes oriundos de resíduos contribui na redução dos impactos ambientais ocasionados pela disposição dessa carga no meio ambiente e na possibilidade de desenvolver novos materiais para remediação ambiental.

### Adsorventes Baseados em Argila

Adsorventes baseados em argila são considerados uma classe de material em potencial para remoção de contaminantes em diferentes sistemas. As vantagens inerentes a esses adsorventes são a grande capacidade de adsorção e a troca iônica. Além disso, os adsorventes baseados em argila são considerados abundantes no planeta. Os argilominerais naturais podem ser categorizados de acordo com a sua estrutura, por exemplo, bentonita e caulinita (DAS *et al.*, 2018). Geralmente, a alta capacidade de adsorção dos argilominerais se origina das cargas negativas de sua estrutura superficial. Argila de caulinita modificada e não modificada foram testadas na remoção de chumbo (JIANG *et al.*, 2009). Na síntese de caulinita modificada utilizaram sulfato de alumínio e carvão ativo. Também, a produção de nanocompósitos híbridos com argila é recorrente na literatura. A fabricação de um híbrido inorgânico-orgânico através da modificação seletiva da superfície externa negativa de argila de haloisita com dois organossilanos diferentes foram aplicados como adsorventes novos e econômicos para a extração de poluentes inorgânicos em solução aquosa (DAS *et al.*, 2018). A aplicação de argilas *in natura* encontradas na natureza é uma estratégia bastante utilizada por pesquisadores. Amostras de argila natural (argilas montmoriloníticas e calcárias) coletadas na Tunísia foram aplicadas na remoção de diversos contaminantes inorgânicos (SDIRI *et al.*, 2011). Portanto, os adsorventes baseados em argila são materiais em potencial para a descontaminação ambiental.

No entanto, ainda são poucos os trabalhos que exploram de maneira aprofundada e em grande escala a sua aplicação na remoção de contaminantes oriundos da agricultura em diferentes ecossistemas.

### Outros Tipos de Adsorventes

Além dos materiais apresentados anteriormente, existem outros inúmeros tipos de adsorventes, por exemplo, materiais baseados em metais, carbonáceos e híbridos (ALI *et al.*, 2021). Adsorvente fibroso de troca de ligantes carregado com zircônio foi utilizado para adsorção de arsênio de águas contaminadas (AWUAL *et al.*, 2012). As fibras continham grupos fosfonato e sulfonato. A fibra foi sintetizada através da polimerização por enxerto de clorometilestireno em fibra de polipropileno revestida com polietileno por meio de irradiação de elétrons. Um material conjugado poroso funcionalizado com ligante de 4-nitro-1-naftilamina foi preparado para monitoramento e remoção eficiente de nitrito de amostras de água (AWUAL *et al.*, 2019).

Adsorventes baseados em nanotubos de carbono são materiais com potencial na remoção de contaminantes da natureza (LI *et al.*, 2003). Os nanotubos de carbono são considerados notáveis devido às inúmeras características, (1) Alta porosidade, (2) Microporos acessíveis, (3) Baixo peso, (4) Propriedades de superfície ajustáveis, (5) Alta resistência à corrosão, (6) Estruturas bem definidas, (7) Facilidade de ativação química, (8) Estrutura interna oca, (9) Estrutura em camadas e (10) Hidrofobicidade (SAJID *et al.*, 2022). Nanotubos de carbono oxidados que apresentaram adsorção eficiente de cádmio foi reportado (LI *et al.*, 2003). A preparação desse material foi através da decomposição térmica do metano em fluxo de hidrogênio à temperatura de 750°C usando nanopartículas de níquel como catalisadores.

Além disso, a fabricação de adsorventes híbridos é uma solução bastante aplicada na literatura devido o melhoramento de suas propriedades e características, como o aumento de área superficial. Um híbrido de organossílica mesoporosa integrado com grupos dissulfeto e amina foi sintetizado por um método de co-condensação sol-gel usando Pluronic P123 (direcionador estrutural) (SANTHAMOORTHY *et al.*, 2022). O híbrido foi aplicado na adsorção simultânea de íons  $Hg^{2+}$  e  $Cu^{2+}$  de solução aquosa. Também, materiais magnéticos à base de carbono podem ser aplicados na adsorção de poluentes (ALI *et al.*, 2021). Portanto, a ampla variedade de tipos de materiais que podem ser utilizados na síntese de adsorventes é incontável. Assim, traçar estratégias metodológicas e a aplicação de planejamentos experimentais pode ser um caminho interessante a seguir para a aplicação de materiais adsorventes na remediação ambiental.

## ADSORÇÃO DE CONTAMINANTES ORIUNDOS DE PRÁTICAS AGRÍCOLAS

Na lavoura são utilizados diversos insumos necessários para o desenvolvimento das plantas, por exemplo, pesticidas e fertilizantes baseados em metais (DA SILVA JÚNIOR *et al.*, 2022). Infelizmente, grande parte da carga aplicada nos talhões são perdidos para o meio ambiente devido aos exageros praticados no atual manejo agrícola (SALOMON; CAVAGNARO, 2022). As *commodities*, produtos básicos globais não industrializados, principalmente os grãos são os alguns dos produtos que na lavoura são aplicados grande quantidade de defensivos. No Brasil, a soja, o milho e a cana-de-açúcar consomem mais da metade do total de defensivos agrícolas comercializados em território nacional. Os pesticidas podem ser aplicados diretamente na planta ou no solo (LAN *et al.*, 2022). Contudo, metade do produto tem como destino recursos hídricos e solo devido as perdas. Atualmente, a presença de metais advindos da fertilização agrícola e pesticidas na água é alarmante (VASA; POTHANAMKANDATHIL CHACKO, 2021). Assim, a necessidade de remoção desses poluentes é crucial para a manutenção dos organismos vivos. Portanto, os processos adsorptivos é uma saída para a remoção desses contaminantes emergentes da natureza. No Quadro 2 mostra alguns trabalhos que aplicaram adsorventes na remoção de contaminantes oriundos de práticas agrícolas em diferentes sistemas.

**Quadro 2:** Alguns trabalhos encontrados na literatura que utilizaram adsorventes na remoção de poluentes oriundos de práticas agrícolas.

Adsorvente	Contaminante	Informações complementares	Referência
Filme de polietileno agrícola e palha de trigo	Malathion, Diflubenzuron, Difenconazole e Carbendazim.	A adsorção foi um processo espontâneo de aumento endotérmico, sugerindo que a principal força de adsorção dos agrotóxicos sobre o filme e produtos de degradação da palha foi a difusão hidrofóbica.	(LAN <i>et al.</i> , 2022)
Biocarvão de <i>frass</i> de <i>Tenebrio molitor</i> modificado	Pesticidas neonicotinóides	Os parâmetros termodinâmicos visualizados no trabalho sugeriram que a adsorção dos pesticidas foi um processo espontâneo, endotérmico e aleatoriamente crescente.	(SHI <i>et al.</i> , 2022)
Bagaço de cana-de-açúcar e polpa de beterraba	Manganês	A etapa limitante da taxa de adsorção foi estudada usando diferentes modelos cinéticos como pseudo-primeira ordem, pseudo-segunda ordem, equação de Elovich e o modelo de difusão intrapartícula. Os dados de cinética foram bem ajustados com o tipo de pseudo-segunda ordem.	(A. AHMED; EL-ROUDI; SALEM, 2015)
Serragem de madeira ativada e não ativada	Cobre	Os dados experimentais de adsorção foram ajustados ao modelo de Langmuir para as duas amostras. A capacidade de equilíbrio da serragem e da serragem ativada foi de 5,432 e 13,495 mg de cobre por g de adsorvente,	(ACAR; EREN, 2006)

		respectivamente em temperatura ambiente e pH natural.	
Resíduos comerciais de café	Cobre e cromo	A capacidade máxima de adsorção dos resíduos de café chegou a $70 \text{ mg g}^{-1}$ para remoção de cobre e $45 \text{ mg g}^{-1}$ para cromo.	(KYZAS, 2012)
Adsorvente a base de goma arábica e poliamidoxima	Clorpirifós	O resultado dos experimentos de adsorção-dessorção revelou que o bioadsorvente pode ser eficientemente regenerado e reutilizado após três execuções sequenciais sem um declínio considerável em seu desempenho de adsorção.	(HASSANZADEH-AFRUZI; MALEKI; ZARE, 2022)
Biotita modificada com dupla camada de hidróxidos	Cobre, chumbo, glifosato e ácido 2-metil-4-clorofenoxyacético	Os experimentos isotérmicos de cobre e chumbo foram bem descritos pelo modelo de Freundlich. Para os agroquímicos os experimentos isotérmicos foram bem ajustados pelo modelo de Langmuir.	(HUANG <i>et al.</i> , 2022)
Casca de <i>Eucalyptus sheathiana</i>	Zinco	O processo de adsorção foi fortemente dependente do pH e a porcentagem de adsorção do íon cresceu à medida que aumentou o pH da solução de 2,5 para 5,1. Por outro lado, a porcentagem de adsorção de zinco diminuiu com o aumento da dosagem do adsorvente, concentração inicial do metal, temperatura e força iônica.	(AFROZE; SEN; ANG, 2016)

Fonte: Própria (2022).

Um nanocompósito de hidrogel orgânico-inorgânico à base de poliamidoxima enxertada com goma arábica e nanopartículas magnéticas de  $\text{CuFe}_2\text{O}_4$  foi reportado (HASSANZADEH-AFRUZI; MALEKI; ZARE, 2022). A eficiência de adsorção do nanocompósito para remover um pesticida organofosforado (clorpirifós) de soluções aquosas foi testado. Avaliaram o efeito de diferentes condições experimentais como pH da solução, dosagem de adsorvente, tempo de contato e concentração inicial na eficiência de adsorção. Os dados experimentais de adsorção foram bem ajustados pelo modelo isotérmico de Langmuir e a capacidade máxima de adsorção do bioadsorvente preparado para clorpirifós foi de  $769,23 \text{ mg g}^{-1}$ . Os dados de cinética de adsorção foram bem ajustados pelo modelo de pseudo-segunda ordem. Foi sugerido que o clorpirifós adsorvido no nanocompósito ocorreu através das interações eletrostáticas e ligações de hidrogênio. Além disso, o resultado dos experimentos de adsorção-dessorção revelou que o bioadsorvente pode ser eficientemente regenerado e reutilizado após três execuções sequenciais sem um declínio considerável em seu desempenho de adsorção.

Remoção e recuperação magnética de metais pesados e pesticidas do solo por uma nova biotita modificada com dupla camada de hidróxidos foi recentemente reportado (HUANG *et al.*, 2022). O efeito sinérgico dos precursores do adsorvente promoveu o aumento da capacidade

de remoção dos íons metálicos (cobre e chumbo) e dos agroquímicos (glifosato e ácido 2-metil-4-clorofenoxyacético). Através dos experimentos cinéticos observaram que houve um ajuste bem adequado ao modelo de pseudo-segunda ordem e ao modelo de difusão intrapartícula. Os experimentos isotérmicos de cobre e chumbo foram bem descritos pelo modelo de Freundlich. Para os agroquímicos os experimentos isotérmicos foram bem ajustados pelo modelo de Langmuir. Os mecanismos de remoção pelo compósito foram de precipitação para os íons metálicos e adsorção superficial para os agroquímicos. No experimento de lixiviação em coluna, o material adsorvente apresentou efetivamente interceptar metais pesados e pesticidas a fim de evitar a difusão. Além disso, a pesquisa sugeriu que a propriedade magnética do adsorvente pode evitar os riscos potenciais de poluentes no solo.

A aplicação de um adsorvente produzido a partir da casca de *Eucalyptus sheathiana* em sua forma bruta e modificada com hidróxido de sódio foi utilizado para a remoção de zinco em soluções aquosas (AFROZE; SEN; ANG, 2016). O processo foi fortemente dependente do pH e a porcentagem de adsorção do íon cresceu à medida que aumentou o pH da solução de 2,5 para 5,1. Por outro lado, a porcentagem de adsorção de zinco diminuiu com o aumento da dosagem do adsorvente, concentração inicial do metal, temperatura e força iônica. As medições cinéticas mostraram que o processo foi em multietapas, rápido e controlado por difusão. Além disso, verificou-se que a cinética segue a equação de pseudo-segunda ordem. A partir dos experimentos de equilíbrio mostraram que os modelos de Freundlich e Langmuir foram aplicáveis tanto para a casca de eucalipto crua quanto modificada com a base.

A adsorção é um tratamento bastante explorado pela classe científica e vem sendo otimizado a cada ano, seja através do entendimento dos mecanismos ou da obtenção de novos materiais adsorventes. Além disso, os processos adsorptivos são aliados na remediação ambiental de contaminantes oriundos de práticas agrícolas. Portanto, a partir da discussão desse tópico, percebe-se que existem inúmeros trabalhos publicados na literatura que buscam propor técnicas e materiais de alta performance na remoção de pesticidas e metais aplicados nas lavouras. Assim, buscar identificar lacunas para investigação e melhorar a compreensão do processo torna o material a ser desenvolvido ainda mais competitivo em um cenário em que há um crescimento exponencial de alternativas. Também, ainda é carente na literatura de tratamentos adequados para o descarte e/ou metodologias de regeneração de adsorventes. Além disso, a análise financeira é um fator importante e que deve ser considerado na pesquisa científica, por isso, que a utilização de resíduos agroindustriais pode ser um caminho interessante (ambiental e econômico).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas próximas décadas, a estimativa é que a população mundial alcance o número de 10 bilhões de pessoas. Diante desse panorama, o setor agrícola vai se tornar ainda mais importante para a sociedade. No entanto, o impulsionamento da agricultura deve ocorrer harmoniosamente com relação à diversos aspectos, por exemplo, a carga aplicada de defensivos agrícolas nas lavouras. Hoje em dia, a preocupação dos especialistas está relacionada ao perigo iminente que esses compostos na natureza apresentam aos organismos vivos e à manutenção do planeta. Com isso, a aplicação de processos (*i.e.*, adsorção) para a remoção de poluentes no ecossistema é importante para reverter as consequências de exageros provocadas pelas atividades antrópicas. Assim, nesta revisão, buscou-se apresentar alguns materiais adsorventes utilizados na descontaminação ambiental (resíduos agroindustriais, argilas, carbonáceos, metálicos e híbridos). Também, discutiu-se os principais poluentes originários da agricultura (pesticidas e metais) e as vantagens da aplicação de processos adsorptivos na remoção desses poluentes. Portanto, realizar discussões amparadas com estudos experimentais sobre as possíveis consequências a longo prazo desses contaminantes, reduzir a carga massiva aplicada de defensivos agrícolas na lavoura, desenvolver novos produtos que sejam brandos aos ecossistemas, aprofundar sobre os mecanismos envolvidos no processo de adsorção e estudar medidas viáveis (ambientalmente e financeiramente) para a reutilização de adsorventes são alternativas que podem se caracterizar eficazes no equilíbrio e manutenção da vida no planeta. Além disso, a conscientização para a elaboração de processos ambientalmente corretos e a aplicação de novas tecnologias são caminhos que as futuras pesquisas devem estar atreladas.

## REFERÊNCIAS

- A. AHMED, S.; EL-ROUDI, A. M.; SALEM, A. A. A. Removal of Mn(II) from Ground Water by Solid Wastes of Sugar Industry. **Journal of Environmental Science and Technology**, v. 8, n. 6, p. 338–351, 15 out. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3923/jest.2015.338.351>>.
- ACAR, F. N.; EREN, Z. Removal of Cu(II) ions by activated poplar sawdust (Samsun Clone) from aqueous solutions. **Journal of Hazardous Materials**, v. 137, n. 2, p. 909–914, 21 set. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.03.014>>.
- AFROZE, S.; SEN, T. K.; ANG, H. M. Adsorption removal of zinc (II) from aqueous phase by raw and base modified Eucalyptus sheathiana bark: Kinetics, mechanism and equilibrium study. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 102, n. II, p. 336–352, jul. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2016.04.009>>.
- ALI, N.; HASSAN RIEAD, M. M.; BILAL, M.; YANG, Y.; KHAN, A.; ALI, F.; KARIM, S.; ZHOU, C.; WENJIE, Y.; SHER, F.; IQBAL, H. M. N. Adsorptive remediation of

environmental pollutants using magnetic hybrid materials as platform adsorbents.

**Chemosphere**, v. 284, n. April, p. 131279, dez. 2021. Disponível em:  
<<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131279>>.

AWUAL, M. R.; HASAN, M. M.; ISLAM, A.; RAHMAN, M. M.; ASIRI, A. M.; KHALEQUE, M. A.; SHEIKH, M. C. Introducing an amine functionalized novel conjugate material for toxic nitrite detection and adsorption from wastewater. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 778–785, ago. 2019. Disponível em:  
<<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.280>>.

AWUAL, M. R.; SHENASHEN, M. A.; YAITA, T.; SHIWAKU, H.; JYO, A. Efficient arsenic(V) removal from water by ligand exchange fibrous adsorbent. **Water Research**, v. 46, n. 17, p. 5541–5550, nov. 2012. Disponível em:  
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2012.07.038>>.

BASU, M.; GUHA, A. K.; RAY, L. Adsorption Behavior of Cadmium on Husk of Lentil. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 106, p. 11–22, fev. 2017. Disponível em:  
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2016.11.025>>.

DA SILVA JÚNIOR, A. H.; MULINARI, J.; DE OLIVEIRA, P. V.; DE OLIVEIRA, C. R. S.; REICHERT JÚNIOR, F. W. Impacts of metallic nanoparticles application on the agricultural soils microbiota. **Journal of Hazardous Materials Advances**, v. 7, n. April, p. 100103, ago. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100103>>.

DAS, S.; SAMANTA, A.; GANGOPADHYAY, G.; JANA, S. Clay-Based Nanocomposites as Recyclable Adsorbent toward Hg(II) Capture: Experimental and Theoretical Understanding. **ACS Omega**, v. 3, n. 6, p. 6283–6292, 30 jun. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/acsomega.8b00789>>.

DE OLIVEIRA, A. V. B.; RIZZATO, T. M.; BARROS, B. C. B.; FAVARO, S. L.; CAETANO, W.; HIOKA, N.; BATISTELA, V. R. Physicochemical modifications of sugarcane and cassava agro-industrial wastes for applications as biosorbents. **Bioresource Technology Reports**, v. 7, n. July, p. 100294, set. 2019. Disponível em:  
<<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100294>>.

DIAS, T. A. da C.; LORA, E. E. S.; MAYA, D. M. Y.; OLMO, O. A. del. Global potential assessment of available land for bioenergy projects in 2050 within food security limits. **Land Use Policy**, v. 105, n. March, p. 105346, jun. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105346>>.

HASSANZADEH-AFRUZI, F.; MALEKI, A.; ZARE, E. N. Efficient remediation of chlorpyrifos pesticide from contaminated water by superparamagnetic adsorbent based on Arabic gum-grafted-polyamidoxime. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 203, n. November 2021, p. 445–456, abr. 2022. Disponível em:  
<<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.01.157>>.

HUANG, H.; XIA, C.; LIANG, D.; XIE, Y.; KONG, F.; FU, J.; DOU, Z.; YANG, Q.; SUO, W.; ZHANG, Q.; MENG, Z. Removal and magnetic recovery of heavy metals and pesticides from soil by layered double hydroxides modified biotite. **Chemical Engineering Journal**, v. 431, n. P2, p. 134113, mar. 2022. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.134113>>.

IGHALO, J. O.; ADENIYI, A. G. Adsorption of pollutants by plant bark derived adsorbents: An empirical review. **Journal of Water Process Engineering**, v. 35, n. March, p. 101228, jun. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101228>>.

JIANG, M.; WANG, Q.; JIN, X.; CHEN, Z. Removal of Pb(II) from aqueous solution using modified and unmodified kaolinite clay. **Journal of Hazardous Materials**, v. 170, n. 1, p. 332–339, out. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.04.092>>.

KYZAS, G. Z. Commercial Coffee Wastes as Materials for Adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions. **Materials**, v. 5, n. 10, p. 1826–1840, 10 out. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ma5101826>>.

LAN, T.; CAO, F.; CAO, L.; WANG, T.; YU, C.; WANG, F. A comparative study on the adsorption behavior and mechanism of pesticides on agricultural film microplastics and straw degradation products. **Chemosphere**, v. 303, n. P2, p. 135058, set. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135058>>.

LI, Y.-H.; WANG, S.; LUAN, Z.; DING, J.; XU, C.; WU, D. Adsorption of cadmium(II) from aqueous solution by surface oxidized carbon nanotubes. **Carbon**, v. 41, n. 5, p. 1057–1062, 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(02\)00440-2](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(02)00440-2)>.

LIU, B.; GAI, S.; LAN, Y.; CHENG, K.; YANG, F. Metal-based adsorbents for water eutrophication remediation: A review of performances and mechanisms. **Environmental Research**, v. 212, n. PB, p. 113353, set. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113353>>.

MESELDZIJA, S.; PETROVIC, J.; ONJIA, A.; VOLKOV-HUSOVIC, T.; NESIC, A.; VUKELIC, N. Utilization of agro-industrial waste for removal of copper ions from aqueous solutions and mining-wastewater. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 75, p. 246–252, jul. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.03.031>>.

MO, J.; YANG, Q.; ZHANG, N.; ZHANG, W.; ZHENG, Y.; ZHANG, Z. A review on agro-industrial waste (AIW) derived adsorbents for water and wastewater treatment. **Journal of Environmental Management**, v. 227, n. April, p. 395–405, dez. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.069>>.

NEME, K.; NAFADY, A.; UDDIN, S.; TOLA, Y. B. Application of nanotechnology in agriculture, postharvest loss reduction and food processing: food security implication and challenges. **Heliyon**, v. 7, n. 12, p. e08539, dez. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08539>>.

QU, J.; MENG, X.; JIANG, X.; YOU, H.; WANG, P.; YE, X. Enhanced removal of Cd(II) from water using sulfur-functionalized rice husk: Characterization, adsorptive performance and mechanism exploration. **Journal of Cleaner Production**, v. 183, p. 880–886, maio 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.208>>.

RASTOGI, A.; ZIVCAK, M.; SYTAR, O.; KALAJI, H. M.; HE, X.; MBARKI, S.; BRESTIC, M. Impact of Metal and Metal Oxide Nanoparticles on Plant: A Critical Review.

**Frontiers in Chemistry**, v. 5, n. October, p. 1–16, 12 out. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fchem.2017.00078>>.

ROVANI, S.; CENSI, M. T.; PEDROTTI, S. L.; LIMA, É. C.; CATALUÑA, R.; FERNANDES, A. N. Development of a new adsorbent from agro-industrial waste and its potential use in endocrine disruptor compound removal. **Journal of Hazardous Materials**, v. 271, p. 311–320, abr. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.02.004>>.

SAJID, M.; ASIF, M.; BAIQ, N.; KABEER, M.; IHSANULLAH, I.; MOHAMMAD, A. W. Carbon nanotubes-based adsorbents: Properties, functionalization, interaction mechanisms, and applications in water purification. **Journal of Water Process Engineering**, v. 47, n. April, p. 102815, jun. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102815>>.

SALOMON, M. J.; CAVAGNARO, T. R. Healthy soils: The backbone of productive, safe and sustainable urban agriculture. **Journal of Cleaner Production**, v. 341, n. February, p. 130808, mar. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130808>>.

SANTHAMOORTHY, M.; THIRUPATHI, K.; PERIYASAMY, T.; THIRUMALAI, D.; RAMKUMAR, V.; ASRAFALI, S.; KIM, S.-C. Synthesis of bifunctional groups-integrated mesoporous silica hybrid adsorbent for simultaneous removal of  $Hg^{2+}$  and  $Cu^{2+}$  ions from aqueous solution. **Surfaces and Interfaces**, v. 29, n. February, p. 101808, abr. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.surfin.2022.101808>>.

SANTOS, V. H.; DO NASCIMENTO, G. E.; SALES, D. C. S.; DOS SANTOS, J. H. L.; RODRÍGUEZ-DÍAZ, J. M.; DUARTE, M. M. M. B. Preparation of adsorbents from agro-industrial wastes and their application in the removal of  $Cd^{2+}$  and  $Pb^{2+}$  ions from a binary mixture: evaluation of ionic competition. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 184, p. 152–164, jun. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.05.043>>.

SARAVANAN, A.; KUMAR, P. S.; JEEVANANTHAM, S.; HARIKUMAR, P.; BHUVANESWARI, V.; INDRAGANTI, S. Identification and sequencing of bacteria from crop field: Application of bacteria — agro-waste biosorbent for rapid pesticide removal. **Environmental Technology & Innovation**, v. 25, p. 102116, fev. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102116>>.

SDIRI, A.; HIGASHI, T.; HATTA, T.; JAMOUSSI, F.; TASE, N. Evaluating the adsorptive capacity of montmorillonitic and calcareous clays on the removal of several heavy metals in aqueous systems. **Chemical Engineering Journal**, v. 172, n. 1, p. 37–46, ago. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2011.05.015>>.

SHELKE, B. N.; JOPALE, M. K.; KATEGONKAR, A. H. Exploration of biomass waste as low cost adsorbents for removal of methylene blue dye: A review. **Journal of the Indian Chemical Society**, v. 99, n. 7, p. 100530, jul. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jics.2022.100530>>.

SHI, Y.; WANG, S.; XU, M.; YAN, X.; HUANG, J.; WANG, H. Removal of neonicotinoid pesticides by adsorption on modified *Tenebrio molitor* frass biochar: Kinetics and mechanism. **Separation and Purification Technology**, p. 121506, jun. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.121506>>.

THAKUR, A. K.; SINGH, R.; TEJA PULLELA, R.; PUNDIR, V. Green adsorbents for the removal of heavy metals from Wastewater: A review. **Materials Today: Proceedings**, v. 57, p. 1468–1472, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.373>>.

UDDIN, M. T.; RAHMAN, M. A.; RUKANUZZAMAN, M.; ISLAM, M. A. A potential low cost adsorbent for the removal of cationic dyes from aqueous solutions. **Applied Water Science**, v. 7, n. 6, p. 2831–2842, 3 out. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13201-017-0542-4>>.

VASA, T. N.; POTHANAMKANDATHIL CHACKO, S. Recovery of struvite from wastewaters as an eco-friendly fertilizer: Review of the art and perspective for a sustainable agriculture practice in India. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 48, n. October 2020, p. 101573, dez. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101573>>.

## ECONOMIA CIRCULAR E SUSTENTABILIDADE NA AGROINDÚSTRIA: UMA REVISÃO SOBRE O USO DE CINZAS DE BIOMASSA EM MATERIAIS GEOPOLIMÉRICOS

## CIRCULAR ECONOMY AND SUSTAINABILITY IN AGROINDUSTRY: A REVIEW ON THE USE OF BIOMASS ASH IN GEOPOLYMERIC MATERIALS

## ECONOMÍA CIRCULAR Y SOSTENIBILIDAD EN LA AGROINDUSTRIA: UNA REVISIÓN SOBRE EL USO DE BIOMASA DE CENIZAS EN MATERIALES GEOPOLÍMEROS

Lisandro Simão<sup>1</sup>; Afonso Henrique da Silva Júnior<sup>2</sup>; Patricia Viera de Oliveira<sup>3</sup>; Leandro Pellenz<sup>4</sup>; Carlos Rafael Silva de Oliveira<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.333-346>

### RESUMO

A geração de resíduos nos diversos setores produtivos pode causar diversos impactos ambientais se não forem destinados de maneira correta. Os complexos agroindustriais, assim como os demais processos produtivos, geram diversas tipologias de resíduos. Alguns destes resíduos são materiais orgânicos/biomassa e que podem ser utilizados como combustível para produção de energia, gerando posteriormente as cinzas desta biomassa queimada. Estas cinzas de biomassa podem ser utilizadas em materiais cimentícios, tal como os geopolímeros. Os geopolímeros são materiais alternativos ao cimento Portland que tem, dentre outras características, excelentes propriedades mecânicas e menores níveis de emissão de CO<sub>2</sub> em sua produção. Suas matérias-primas tradicionais incluem os precursores metacaulim, cinzas de carvão, escória de alto forno, e os ativadores alcalinos silicato de sódio e hidróxido de sódio. Neste trabalho uma revisão da literatura foi realizada buscando os diversos estudos que utilizam cinzas de biomassa proveniente de diferentes complexos agroindustriais para obtenção de novos materiais geopoliméricos. Os resultados preliminares demonstram que as cinzas da casca de arroz e cinzas de biomassa proveniente do processo de obtenção de óleo de palma são amplamente estudadas para este fim, tendo inclusive melhoras significativas nas propriedades dos geopolímeros obtidos. O uso destas cinzas é normalmente para substituição do precursor metacaulim comercial, embora estudos recentes tenham sido realizados e demonstrado potencial para produção de ativadores alcalinos alternativos a partir destas cinzas. O controle de queima destas biomassas para gerar cinzas de qualidade se tornam um dos principais desafios para aplicações futuras destas fontes minerais alternativas para o processo de geopolimerização.

**Palavras-Chave:** Geopolímeros, Economia Circular, Sustentabilidade.

### RESUMEN

La generación de residuos en los diversos sectores productivos puede ocasionar diversos impactos ambientales si no son dispuestos correctamente. Los complejos agroindustriales, así como los demás procesos productivos, generan distintos tipos de residuos. Algunos de estos residuos son materiales

<sup>1</sup> Engenheiro Ambiental e Sanitarista (Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC), Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais (Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC), [lisandrosimao@gmail.com](mailto:lisandrosimao@gmail.com)

<sup>2</sup> Engenheiro Agroindustrial-Agroquímico (Universidade Federal do Rio Grande – FURG), Mestre em Engenharia Química, Doutorando em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), [afonso.silva@posgrad.ufsc.br](mailto:afonso.silva@posgrad.ufsc.br)

<sup>3</sup> Engenheira Química, Mestre em Nanociências (Universidade Franciscana), Doutoranda em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), [p.v.oliveira@posgrad.ufsc.br](mailto:p.v.oliveira@posgrad.ufsc.br)

<sup>4</sup> Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis (Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS), Doutorando em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), [leandropellenz@hotmail.com](mailto:leandropellenz@hotmail.com)

<sup>5</sup> Engenheiro Têxtil (Universidade Estadual de Maringá – UEM), Doutor em Engenharia Química (UFSC), [carlos.oliveira@ufsc.br](mailto:carlos.oliveira@ufsc.br)

orgánicos/biomasa que pueden ser utilizados como combustible para la producción de energía, generando posteriormente las cenizas de esta biomasa quemada. Estas cenizas de biomasa se pueden utilizar para su uso en materiales cementosos como los geopolímeros. Los geopolímeros son materiales alternativos al cemento Portland que presentan, entre otras características, excelentes propiedades mecánicas y menores niveles de emisión de CO<sub>2</sub> en su producción. Sus materias primas tradicionales incluyen precursores de metacaolín, cenizas de carbón, escoria de alto horno y los activadores alcalinos silicato de sodio e hidróxido de sodio. En este trabajo se realizó una revisión bibliográfica buscando los diferentes estudios que utilizan cenizas de biomasa de diferentes complejos agroindustriales para la obtención de nuevos materiales geopoliméricos. Los resultados preliminares muestran que la ceniza de cascarilla de arroz y la ceniza de biomasa del proceso de aceite de palma son ampliamente estudiadas para este propósito, incluyendo mejoras significativas en las propiedades de los geopolímeros obtenidos. El uso de estas cenizas normalmente es para reemplazar el precursor comercial del metacaolín, aunque estudios recientes han demostrado el potencial para la producción de activadores alcalinos alternativos a partir de estas cenizas. El control de la quema de estas biomassas para generar cenizas de calidad se convierte en uno de los principales retos para futuras aplicaciones de estas fuentes alternativas de minerales para el proceso de geopolimerización.

**Palabras Clave:** Geopolímeros, Economía Circular, Sostenibilidad

## ABSTRACT

The waste generation in the various productive sectors can cause several environmental impacts if they are not disposed of correctly. The agro-industrial complexes, as well as the other production processes, generate different types of waste. Some of these wastes are organic/biomass materials that can be used as fuel for energy production, later generating the ashes of this burned biomass. These biomass ashes can be used in cementitious materials such as geopolymers. Geopolymers are alternative materials to Portland cement that have, among other characteristics, excellent mechanical properties and lower levels of CO<sub>2</sub> emission in their production. Its traditional raw materials include metakaolin precursors, coal ash, blast furnace slag, and sodium silicate and sodium hydroxide alkaline activators. A literature review was carried out in this work looking for the different studies that use biomass ash from different agro-industrial complexes to obtain new geopolymeric materials. Preliminary results show that rice husk ash and biomass ash from the palm oil process is widely studied, including significant improvements in the properties of the obtained geopolymers. The use of this ash usually replaces the commercial metakaolin precursor. However, recent studies have been carried out and have demonstrated the potential for producing alternative alkaline activators from this ash. The burning control of these biomasses to generate quality ash becomes one of the main challenges for future applications of these alternative mineral sources for the geopolimerization process.

**Keywords:** Geopolymers, Circular Economy, Sustainability

## INTRODUÇÃO

A extração de matérias-primas para os mais diversos setores produtivos tem se tornado um grande problema para o meio ambiente, não só pelos impactos ambientais recorrentes do processo de extração, mas também pela destinação inadequada dos resíduos gerados nos seus respectivos processos produtivos. O descarte inadequado de resíduos sólidos industriais pode causar lixiviação de compostos perigoso no solo e nas águas subterrâneas, causando poluição ambiental e colocando em risco a saúde humana (REN et al., 2021). A valorização de resíduos busca reutilizar e dar um destino mais nobre a estes materiais, que dependendo das suas composições química e mineralógica podem substituir as matérias-primas tradicionais comumente comercializadas (SIMÃO et al., 2021c).

Em termos de aplicabilidade, a valorização de resíduos em materiais cimentícios tem

sido bastante utilizada, pois estes materiais reúnem algumas características que inertizam/estabilizam os efeitos tóxicos de alguns elementos. Além disso, alguns tipos de resíduos possuem composições químicas e mineralógicas que as potencializam para substituir parcialmente ou totalmente as matérias-primas tradicionais, tendo ganhos inclusive nas propriedades do produto final (MARTINS et al., 2007).

O cimento Portland é um dos materiais sintéticos mais utilizados na construção atualmente e é também um importante material da civilização humana moderna. No entanto, a produção de cimento enfrenta alto consumo de energia e recursos, trazendo problemas ao meio ambiente principalmente em relação a emissão de CO<sub>2</sub> (REN et al., 2021; ZHAO et al., 2021).

Os materiais cimentícios feitos com cimento Portland, tais como argamassas e concretos, quando submetidos a temperaturas de 800 a 1000 °C desencadeiam uma diminuição da resistência residual para 20 a 30% do valor inicial. Este efeito acontece devido a desidratação do CSH (principal fase hidratada do cimento Portland), agregados e outros hidratos cristalinos (FAROOQ et al., 2021).

Os geopolímero são uma nova classe de materiais inorgânicos ambientalmente mais amigáveis e que tem sido imensamente pesquisados nos últimos anos para substituir o cimento Portland e em outras aplicações como materiais porosos (NOVAIS; PULLAR; LABRINCHA, 2020). Os precursores dos geopolímeros sofrem geopolimerização na presença de um meio alcalino e formam uma estrutura amorfa a semicristalina que desenvolve resistência mecânica similar ou até maior que o cimento convencional (FAROOQ et al., 2021). Estes materiais possuem excelente trabalhabilidade, alta resistência mecânica, resistência ao calor, resistência a ácidos, resistência à corrosão, resistência ao desgaste, dentre outras (REN et al., 2021).

Os geopolímeros apresentam baixo consumo de energia, baixo nível de emissões de CO<sub>2</sub> e excelentes propriedades, além de poderem incorporar em suas formulações materiais residuais. Os geopolímeros à base de resíduos sólidos podem promover a redução, reciclagem e valorização dos resíduos sólidos, tornando-os materiais ecologicamente corretos e mais sustentáveis (REN et al., 2021; ZHAO et al., 2021). Além disso, os geopolímeros exibem propriedades de resistência ao fogo em temperaturas mais altas devido à presença de nanoporos dispersos na microestrutura que permite a evaporação e migração de vapores de água sem prejudicar o material (FAROOQ et al., 2021). Esta água não faz parte da estrutura e, portanto, ajuda a entender a maior resistência térmica dos geopolímeros em comparação aos cimentos Portland.

Entre as estratégias de desenvolvimento sustentável, a tecnologia de geopolimerização oferece muitas vantagens, tais como: Estabilização de elementos perigosos na matriz

geopolimérica; Valorização de um grande volume de resíduos no setor de construção e consequentemente minimização de impactos ambientais; e Redução significativa das emissões de gases de efeito estufa quando comparado ao cimento Portland comum (MABROUM et al., 2020).

A agricultura é uma indústria crítica em países como os Estados Unidos, China, Índia, África, Brasil, Paquistão e outros. Extensas quantidades de resíduos de biomassa dos subprodutos da colheita e produção de novos produtos (folhas, palha, caule, etc.) são geralmente aterrados e usados como fertilizantes ou combustível de biomassa. Durante um processo de combustão controlada (que aquece até 900 °C), a sílica amorfa dos resíduos de biomassa é convertida em sílica altamente reativa ( $\text{SiO}_2$ ) e irá compor as cinzas residuais do processo (THOMAS et al., 2021).

Neste trabalho é realizado uma revisão da literatura sobre cinzas de diferentes tipologias de biomassa que são na maioria das vezes enviadas a aterros e não tem uma aplicação definida. Estes materiais podem ser utilizados para uso em materiais geopoliméricos, que por sua vez, tem diferentes aplicações possíveis.

## METODOLOGIA

O artigo de revisão foi elaborado fazendo primeiramente uma pesquisa nas principais bases de dados da literatura com as palavras chaves: “Biomass ash”, “geopolymer” e “Alkali activated materials”. Os principais artigos de revisão e experimentais sobre a temática foram avaliados buscando estruturar os tópicos deste trabalho, a citar: Materiais geopoliméricos, Cinzas de biomassa gerada na agroindústria e Cinzas de biomassa usadas em geopolímeros.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### MATERIAIS GEOPOLIMÉRICOS

Os geopolímeros são materiais quimicamente ligados e teve sua nomenclatura criada em 1972 por um pesquisador chamado Joseph Davidovits. Sua estrutura é composta por uma rede tridimensional de tetraedros de silício e tetraedros de alumínio conectados através de pontes de oxigênio com um elemento metálico alcalino contrabalanceando a carga negativa do alumínio na quarta coordenação (DAVIDOVITS, 2008). Estes materiais geopoliméricos são produzidos a partir da mistura de precursores de aluminossilicatos comerciais (metacaulim) e ativadores alcalinos (hidróxido de sódio, silicato de sódio e hidróxidos e silicatos de potássio). Suas vantagens incluem elevados valores de propriedades mecânicas, alta durabilidade, resistências térmicas e a ácidos, baixo custo e baixa emissão de  $\text{CO}_2$  (REN et al., 2021). Os

geopolímeros têm uma redução na emissão de CO<sub>2</sub> que pode chegar até 80% dos valores emitidos pelo cimento Portland (SHEHATA et al., 2022). Suas aplicações incluem uso como blocos de construção, revestimentos, adesivos, encapsulamento de materiais perigosos, materiais à prova de fogo, reparos de emergência, uso como adsorventes, reguladores de pH, dentre outros (NOVAIS; PULLAR; LABRINCHA, 2020; REN et al., 2021).

Os geopolímeros têm outras vantagens como a solidificação/estabilização de metais pesados devido à eficiência de cura, resistência ao congelamento-descongelamento, resistência ao calor e durabilidade. A tecnologia de solidificação/estabilização pode imobilizar (geralmente mais de 90%) elementos tóxicos como Pb, Ba, As, Sr, Mn, Zn e Cd (REN et al., 2021; SHEHATA et al., 2022).

A estrutura e as propriedades dos geopolímeros são influenciadas por diferentes fatores de características da matéria-prima, tais como a relação Si/Al, tamanho de partícula, fases mineralógicas e o conteúdo amorfo (MABROUM et al., 2020; REN et al., 2021). As pesquisas mostram que Si, Al e Ca têm também uma influência importante nas propriedades dos geopolímeros obtidos (LAN et al., 2022). A estrutura dos geopolímeros são semelhante ao das zeólitas, mas a diferença é que o geopolímero é amorfo ou semi cristalino e tem estruturas mesoporosas e relativamente densas, enquanto que os materiais zeolíticos naturais são geralmente cristalinos e com uma microporosidade característica de cada tipologia (ZHAO et al., 2021).

A estrutura química dos geopolímeros na teoria de Davidovits segue a seguinte fórmula envolvendo os compostos de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Na<sub>2</sub>O (Equação 1):

$$M_n\{-(SiO_2)_z - AlO_2\}_n \times wH_2O \quad (\text{Equação 1})$$

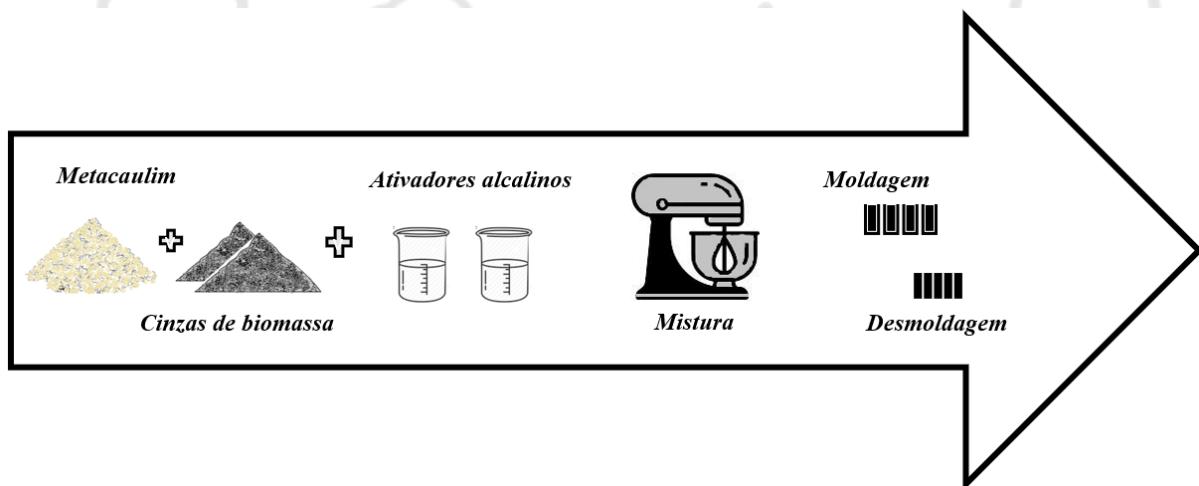
onde, M é o cation de metal alcalino (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>); n é o grau de condensação; w é o número de moléculas de água quimicamente ligadas; e z é a razão de silício/alumínio (Si/Al) (DAVIDOVITS, 2008; LAN et al., 2022).

A presença de silicato solúvel na solução ativadora de um geopolímero é conhecida por produzir um material mais denso e compacto com maior resistência mecânica em comparação com geopolímeros ativados por hidróxido. No entanto, essas soluções de silicato são o componente mais caro dos cimentos geopoliméricos, bem como os que mais contribuem para seus impactos ambientais na maioria das categorias de ciclo de vida. Os processos que mais contribuem para os impactos do ciclo de vida dos geopolímeros são a cura térmica, a produção de silicato de sódio e a produção de hidróxido de sódio. O desenvolvimento de novos ativadores

baratos e com menor impacto ambiental é uma das medidas importantes para promover a aplicação industrial de geopolímeros e será uma importante direção de pesquisas no futuro (PASSUELLO et al., 2017; ZHAO et al., 2021). Da mesma forma, a incorporação de resíduos com potencial de substituição do precursor metacaulim, são bem vindas ao processo de geopolimerização, sempre buscando uma maior sustentabilidade e indo em direção a circularidade econômica.

A figura 1 demonstra um processo de geopolimerização feito em escala laboratorial, onde se percebe primeiramente a mistura dos precursores metacaulim e cinzas de biomassa (material potencial discutido neste trabalho) com os ativadores alcalinos, e por fim a moldagem e desmoldagem dos corpos de prova.

**Figura 01:** Processo de geopolimerização a partir das cinzas de biomassa



Fonte: Própria (2022).

## CINZAS DE BIOMASSA GERADA NA AGROINDÚSTRIA

Nos últimos anos diversos países ao redor do mundo produziram grandes quantidades de resíduos sólidos agroindustriais (REN et al., 2021). Alguns destes resíduos são materiais orgânicos (biomassa) e que em muitos locais podem ser utilizados como combustível para produção de energia (Figura 2).

O uso da biomassa como combustível produz de maneira geral dois tipos de cinzas após a combustão completa ou incompleta da matéria orgânica: 1) cinzas de fundo ou pesadas, obtidas como frações não queimadas na base do forno; e 2) cinzas volantes aglomeradas no forno de combustão superior (composto de partículas leves). Recentemente, o uso de combustível de biomassa em usinas termelétricas, fornos de cimento, ou na própria agroindústria, aumentou devido ao aumento da demanda por fontes de energia renováveis. As

cinzas geradas por esses processos têm sido utilizadas na agricultura como fertilizante, principalmente devido à presença de nutrientes como fósforo, potássio e cálcio. Em termos de aplicabilidade, as cinzas leves geralmente são usadas como fertilizante na agricultura, enquanto as cinzas pesadas são normalmente depositado em aterros, devido a nenhuma aplicação prática. A quantidade de cinzas de biomassa gerada em todo o mundo é estimada em 480-500 milhões de toneladas por ano (THOMAS et al., 2021).

Dentre as diversas tipologias de cinzas de biomassa produzida nos complexos agroindustriais, podemos citar as cinzas de casca de arroz, cinzas de óleo de palma, cinzas de sabugo de milho e cinzas de serragem (REN et al., 2021).

A produção de arroz (*Oryza sativa*) é uma das maiores atividades agrícolas do mundo, ficando atrás da cana-de-açúcar e do milho. Atualmente, ~510 milhões de toneladas de arroz são beneficiados em todo o mundo em 2020-2021. A China é o maior produtor com 28,5%, seguido pela Índia com 24%, Indonésia e Bangladesh com 7%, Vietnã com 5% e Tailândia com 4%. Consequentemente, a produção de coprodutos, como cinzas e palhas/casca de arroz não aproveitadas, também aumentou (SHUKLA et al., 2022). As indústrias de beneficiamento de arroz geram valores superiores a 20 M tons anuais em todo o mundo e que dão origem a diversos problemas ambientais e de saúde pública (SHEHATA et al., 2022; TONILO; BOCCACCINI, 2017).

A casca de arroz é o subproduto do processamento do arroz e geralmente é descartado como resíduos ou utilizado como energia de baixo custo para substituir parcialmente o carvão na geração de energia. A combustão da casca de arroz remove a matéria orgânica e converte de 20% a 25% das cascas em cinzas. A casca de arroz é geralmente queimada a 600-700 °C por 6 h. Além disso um peneiramento (300 µm) é realizado para separar os materiais não queimados. (TONILO; BOCCACCINI, 2017). Estudos mostram que para cada mil quilogramas de arroz produzidos, quase 45 kg de cinzas são produzidos (FAROOQ et al., 2021).

As características desses materiais, incluem mais de 95% de sílica amorfa, alta reatividade e alta área de superfície específica (FAROOQ et al., 2021; REN et al., 2021).

Outra tipologia de biomassa importante em vários países é o bagasso de cana de açúcar. Este bagaço é um material residual que tem sido cada vez mais utilizado no aquecimento de caldeiras para geração de eletricidade e gerando, portanto, grandes volumes de cinzas. As cinzas geradas são normalmente depositadas em aterros e áreas abertas, o que confere efeitos deletérios ao meio ambiente. As cinzas de bagaço de cana, assim como outras cinzas de biomassa, tem despertado o interesse de pesquisadores como material cimentício suplementar (TRIPATHY; ACHARYA, 2022).

**Figura 02:** Processo de geração das cinzas de biomassa.



**Fonte:** Própria (2022).

O óleo de palma é um óleo vegetal comestível para diversos usos e na sua produção são obtidos outros materiais, tais como fibras e cascas. Esses subprodutos são geralmente queimados (800-1000 °C) para geração de energia na própria indústria de óleo de palma. Na queima destes subprodutos são produzidos cerca de 5% de cinzas em uma produção anual que pode chegar a 4 milhões de toneladas. Tal como outras biomassas relatadas neste trabalho, estas cinzas na maioria das vezes são depositadas em aterros sanitários. Como o óleo de palma é uma das matérias-primas mais utilizadas na produção de biodiesel, espera-se que a produção de cinzas aumente a cada ano. Isso reforça a necessidade de encontrar uma maneira de descartar esses resíduos, que até agora são principalmente depositados em aterros (FOO; HAMEED, 2009; TONILOLO; BOCCACCINI, 2017).

## CINZAS DE BIOMASSA USADAS EM GEOPOLÍMEROS

A biomassa que é geralmente considerada resíduo agroindustrial, é uma fonte renovável e abundante na natureza. A utilização das cinzas de biomassa em geopolímeros não apenas diminui o impacto no meio ambiente como também traz benefícios ecológicos e econômicos (REN et al., 2021).

Estudos tem confirmado a viabilidade do uso de cinzas de biomassa de folhas de bambu, tamareiras, folhas de elefante, folhas de bananeira e cascas de banana, palha de arroz, resíduos de azeitona, palha de trigo e sabugo de milho como materiais pozolânicos em concreto de cimento Portland e também em materiais geopoliméricos (REN et al., 2021; THOMAS et al., 2021). A aplicação de resíduos agrícolas em geopolímeros tem despertado gradativamente o interesse de novas pesquisas, principalmente as cinzas de biomassa: cinzas de casca de arroz (EMDADI et al., 2017), cinzas de óleo de palma (MALEKI et al., 2020), cinzas de sabugo de milho (MATALKAH et al., 2016), cinzas de serragem (DUAN et al., 2016), dentre outras (REN et al., 2021).

A produção de geopolímeros pode ser uma nova abordagem para utilizar resíduos sólidos de complexos agroindustriais na busca por um desenvolvimento agrícola sustentável, principalmente em países em desenvolvimento com imensa produção agrícola e consequentemente de resíduos sólidos (REN et al., 2021).

Cinza de casca de arroz e óleo de palma são os materiais mais amplamente pesquisados como resíduos sólidos agroindustriais para pesquisa de geopolímeros. As propriedades físicas e químicas das cinzas de biomassa são diferentes de acordo com sua fonte e técnica de combustão, mas os principais elementos encontrados nesses materiais são K, Si, Ca, Mg, entre outros (REN et al., 2021). Como outras cinzas de biomassa, as cinzas do processo de óleo de palma tem uma composição que contêm grande quantidade de partículas de SiO<sub>2</sub> (40% a 80%) e possui potencial para uso em geopolímeros (REN et al., 2021). A tabela 1 demonstra os principais óxidos de interesse para geopolimerização e as principais cinzas de biomassa utilizada para obtenção de geopolímeros.

Estudos apontaram que o uso de 30 % de cinzas de casca de arroz em substituição ao metacaulim, tem um aumento da resistência à compressão de 57,18%, além de ganhos na estabilidade térmica do material obtido (LIANG et al., 2019; REN et al., 2021). Os estudos mostram que as cinzas tem um efeito filer, alta reatividade e podem refinar a microporosidade do gel geopolimérico (REN et al., 2021). Outros trabalhos indicam que a incorporação de 10-20% em peso de cinzas de casca de arroz melhora as propriedades de curto e longo prazo do geopolímero, tornando um caminho sustentável e amigo do ambiente para valorização destes materiais (HOSSAIN; ROY; BAE, 2021).

Os geopolímeros baseados em cinzas de casca de arroz pode minimizar a porosidade total do concreto, alterar sua composição de poros e diminuir significativamente a permeabilidade, o que reduz o efeito de íons perigosos que contribuem para a redução da resistência da matriz do concreto. Substituições parciais de cimento por cinzas minimizam a dispersão de água no concreto por capilaridade e melhoram eficientemente a resistência dos geopolímeros ao ataque de sulfato (FAROOQ et al., 2021).

Como visto anteriormente, os geopolímeros são amplamente considerados uma alternativa de baixo carbono em comparação ao Cimento Portland. No entanto, outros impactos ambientais além do potencial de aquecimento global são importantes no ciclo de vida deste tipo de ligante (PASSUELLO et al., 2017). O interesse em valorizar os resíduos industriais, bem como a necessidade de reduzir o custo de produção de aglutinantes geopoliméricos, tem promovido o desenvolvimento de ativadores alcalinos baseados na combinação de álcalis com resíduos fontes de sílica amorfa derivadas. Estes ativadores podem apresentar eficácia similar

ou ainda maior em comparação com o ativador alcalino tradicional à base de silicato solúvel. Resíduos agroindustriais como a cinza de casca de arroz têm um alto potencial de implementação como fonte de silicato para o ativadores alcalinos (PASSUELLO et al., 2017).

**Tabela 01:** Composição química de resíduos agroindustriais

Resíduos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Perda ao fogo	Referências
Cinzas de casca de arroz	93,1	0,3	0,2	1,5	0,8	(LIANG et al., 2019)
Cinzas de óleo de palma	64,2	4,2	3,1	10,2	1,7	(SALIH; ABANG ALI; FARZADNIA, 2014)
Cinzas de biomassa	25,3	6,0	4,1	36,7	-	(NOVAIS et al., 2018)
Cinzas de biomassa	34,0	13,5	5,0	16,5	14,3	(SIMÃO et al., 2021a, 2021b)
Cinzas de biomassa	49,6	9,9	4,1	2,1	27,0	(SIMÃO et al., 2019)
Cinza de bagaço de cana	69,7	9,2	4,7	3,8	16,7	(YADAV et al., 2020)
Cinza de bagaço de cana	86,8	2,4	1,8	3,4	0,7	(RAJASEKAR et al., 2018)
Cinza de bagaço de cana	80,2	2,6	5,6	1,8	0,8	(ALMEIDA et al., 2015)

As cinzas de casca de arroz são uma fonte biogênica de Si muito boa para sintetizar silicato de sódio/potássio de baixo custo que geralmente é usado como ativador em geopolímeros. A eficiência de dissolução do Si depende da concentração da solução de NaOH, da temperatura (80–100 °C) e da cristalinidade da sílica presente nas cinzas. Além disso, a sílica amorfa presente nas cinzas pode reduzir o custo de processamento de silicato de sódio quando comparado aos processos convencionais que usam autoclaves. Portanto, as cinzas de casca de arroz podem ser usadas de maneira eficientemente para derivar uma solução ativada por álcali de baixo custo. Ainda assim, sua utilidade está em escala de laboratório, e estudos mais aprofundados são essenciais para aumentar a aplicação desta prática (HOSSAIN; ROY; BAE, 2021).

Alguns obstáculos para a aplicação das cinzas de casca de arroz como material cimentício complementar em geopolímeros podem ser comentadas: O cultivo de arroz está centralizado em algumas áreas de alguns países, o que pode levar a um aumento nos custos de transporte. As condições de controle de combustão das cinzas de casca de arroz pode provocar a poluição do ar, e produzir cinzas de má qualidade quando feito da maneira incorreta (REN et al., 2021). Estes problemas referentes as cinzas da casca de arroz, podem ser também relatado

para as demais cinzas de biomassa discutidas neste trabalho.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como os diversos processos produtivos em todo o mundo, os complexos agroindustriais produzem diversos resíduos de biomassa que muitas vezes são utilizados como fontes energéticas através da sua queima e geram outros materiais residuais como cinzas leves e pesadas.

Os geopolímeros são materiais que apresentam baixo consumo de energia, baixo nível de emissões de CO<sub>2</sub> e excelentes propriedades quando comparados ao cimento Portland tradicionalmente usado em construções.

A utilização das cinzas de biomassa em geopolímeros não apenas diminui o impacto no meio ambiente como também traz benefícios ecológicos e econômicos em busca de uma economia mais circular e sustentável. Dentre as cinzas de biomassa mais pesquisadas para uso em geopolímeros, podemos citar as cinza de casca de arroz e da biomassa oriunda do processo de obtenção de óleo de palma.

A utilização de cinzas de biomassa na geopolimerização estão relacionadas principalmente a substituições dos precursores aluminosilicatos. Estudos recentes demonstram potencialidade para produzir ativadores alcalinos a partir destes materiais ricos em silica amorfa. Estas considerações ratificam as potencialidades destes resíduos para geopolimerização, substituindo tanto precursores quanto ativadores alcalinos no processamento.

O cultivo de algumas plantas centralizados em algumas regiões e as condições de controle de queima da biomassa para gerar cinzas de qualidade para o processo de geopolimerização são citados como alguns dos desafios a serem estudados mais profundamente em trabalhos futuros desta temática.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. C. R.; SALES, A.; MORETTI, J. P.; MENDES, P. C. D. Sugarcane bagasse ash sand (SBAS): Brazilian agroindustrial by-product for use in mortar. **Construction and Building Materials**, v. 82, p. 31–38, maio 2015.

DAVIDOVITS, J. **Geopolymer: Chemistry & Applications**. [s.l: s.n.].  
DUAN, P.; YAN, C.; ZHOU, W.; LUO, W. Fresh properties, mechanical strength and microstructure of fly ash geopolymer paste reinforced with sawdust. **Construction and Building Materials**, v. 111, p. 600–610, maio 2016.

EMDADI, Z.; ASIM, N.; AMIN, M.; AMBAR YARMO, M.; MALEKI, A.; AZIZI, M.;

SOPIAN, K. Development of Green Geopolymer Using Agricultural and Industrial Waste Materials with High Water Absorbency. **Applied Sciences**, v. 7, n. 5, p. 514, 16 maio 2017.

FAROOQ, F.; JIN, X.; FAISAL JAVED, M.; AKBAR, A.; IZHAR SHAH, M.; ASLAM, F.; ALYOUSEF, R. Geopolymer concrete as sustainable material: A state of the art review. **Construction and Building Materials**, v. 306, p. 124762, 1 nov. 2021.

FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. Value-added utilization of oil palm ash: A superior recycling of the industrial agricultural waste. **Journal of Hazardous Materials**, v. 172, n. 2–3, p. 523–531, dez. 2009.

HOSSAIN, S. S.; ROY, P. K.; BAE, C.-J. Utilization of waste rice husk ash for sustainable geopolymer: A review. **Construction and Building Materials**, v. 310, p. 125218, dez. 2021.

LAN, T.; MENG, Y.; JU, T.; CHEN, Z.; DU, Y.; DENG, Y.; SONG, M.; HAN, S.; JIANG, J. Synthesis and application of geopolymers from municipal waste incineration fly ash (MSWI FA) as raw ingredient - A review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 182, p. 106308, jul. 2022.

LIANG, G.; ZHU, H.; ZHANG, Z.; WU, Q.; DU, J. Investigation of the waterproof property of alkali-activated metakaolin geopolymer added with rice husk ash. **Journal of Cleaner Production**, v. 230, p. 603–612, set. 2019.

MABROUM, S.; MOUKANNA, S.; EL MACHI, A.; TAHAN, Y.; BENZAAZOUA, M.; HAKKOU, R. Mine wastes based geopolymers: A critical review. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 1, p. 100014, 1 dez. 2020.

MALEKI, A.; MOHAMMAD, M.; EMDADI, Z.; ASIM, N.; AZIZI, M.; SAFAEI, J. Adsorbent materials based on a geopolymer paste for dye removal from aqueous solutions. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, n. 1, p. 3017–3025, jan. 2020.

MARTINS, F.; MARTINS, J.; FERRACIN, L.; DACUNHA, C. Mineral phases of green liquor dregs, slaker grits, lime mud and wood ash of a Kraft pulp and paper mill. **Journal of Hazardous Materials**, v. 147, n. 1–2, p. 610–617, 17 ago. 2007.

MATALKAH, F.; SOROUSHIAN, P.; UL ABIDEEN, S.; PEYVANDI, A. Use of non-wood biomass combustion ash in development of alkali-activated concrete. **Construction and Building Materials**, v. 121, p. 491–500, set. 2016.

NOVAIS, R. M.; GAMEIRO, T.; CARVALHEIRAS, J.; SEABRA, M. P.; TARELHO, L. A. C.; LABRINCHA, J. A.; CAPELA, I. High pH buffer capacity biomass fly ash-based geopolymer spheres to boost methane yield in anaerobic digestion. **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 258–267, mar. 2018.

NOVAIS, R. M.; PULLAR, R. C.; LABRINCHA, J. A. Geopolymer foams: An overview of recent advancements. **Progress in Materials Science**, v. 109, p. 100621, abr. 2020.

PASSUELLO, A.; RODRÍGUEZ, E. D.; HIRT, E.; LONGHI, M.; BERNAL, S. A.; PROVIS, J. L.; KIRCHHEIM, A. P. Evaluation of the potential improvement in the environmental footprint of geopolymers using waste-derived activators. **Journal of Cleaner Production**, v.

166, p. 680–689, nov. 2017.

RAJASEKAR, A.; ARUNACHALAM, K.; KOTTAISAMY, M.; SARASWATHY, V. Durability characteristics of Ultra High Strength Concrete with treated sugarcane bagasse ash. **Construction and Building Materials**, v. 171, p. 350–356, maio 2018.

REN, B.; ZHAO, Y.; BAI, H.; KANG, S.; ZHANG, T.; SONG, S. Eco-friendly geopolymers prepared from solid wastes: A critical review. **Chemosphere**, v. 267, p. 128900, 1 mar. 2021.

SALIH, M. A.; ABANG ALI, A. A.; FARZADNIA, N. Characterization of mechanical and microstructural properties of palm oil fuel ash geopolymers cement paste. **Construction and Building Materials**, v. 65, p. 592–603, ago. 2014.

SHEHATA, N.; MOHAMED, O. A.; SAYED, E. T.; ABDELKAREEM, M. A.; OLABI, A. G. Geopolymer concrete as green building materials: Recent applications, sustainable development and circular economy potentials. **Science of The Total Environment**, v. 836, p. 155577, ago. 2022.

SHUKLA, S. S.; CHAVA, R.; APPARI, S.; A, B.; KUNCHARAM, B. V. R. Sustainable use of rice husk for the cleaner production of value-added products. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 10, n. 1, p. 106899, fev. 2022.

SIMÃO, L.; DE ROSSI, A.; HOTZA, D.; RIBEIRO, M. J.; NOVAIS, R. M.; KLEGUES MONTEDO, O. R.; RAUPP-PEREIRA, F. Zeolites-containing geopolymers obtained from biomass fly ash: Influence of temperature, composition, and porosity. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 104, n. 2, p. 803–815, fev. 2021a.

SIMÃO, L.; FERNANDES, E.; HOTZA, D.; RIBEIRO, M. J.; MONTEDO, O. R. K.; RAUPP-PEREIRA, F. Controlling efflorescence in geopolymers: A new approach. **Case Studies in Construction Materials**, v. 15, p. e00740, 13 dez. 2021b.

SIMÃO, L.; HOTZA, D.; RAUPP-PEREIRA, F.; LABRINCHA, J. A.; MONTEDO, O. R. K. Characterization of pulp and paper mill waste for the production of waste-based cement. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v. 35, n. 1, p. 237–246, 1 fev. 2019.

SIMÃO, L.; SOUZA, M. T.; RIBEIRO, M. J.; KLEGUES MONTEDO, O. R.; HOTZA, D.; NOVAIS, R. M.; RAUPP-PEREIRA, F. Assessment of the recycling potential of stone processing plant wastes based on physicochemical features and market opportunities. **Journal of Cleaner Production**, v. 319, p. 128678, out. 2021c.

THOMAS, B. S.; YANG, J.; MO, K. H.; ABDALLA, J. A.; HAWILEH, R. A.; ARIYACHANDRA, E. Biomass ashes from agricultural wastes as supplementary cementitious materials or aggregate replacement in cement/geopolymer concrete: A comprehensive review. **Journal of Building Engineering**, v. 40, p. 102332, ago. 2021.

TONILO, N.; BOCCACCINI, A. R. Fly ash-based geopolymers containing added silicate waste . A review. **Ceramics International**, v. 43, n. 17, p. 14545–14551, 2017.

TRIPATHY, A.; ACHARYA, P. K. Characterization of bagasse ash and its sustainable use in concrete as a supplementary binder – A review. **Construction and Building Materials**, v.

322, p. 126391, mar. 2022.

YADAV, A. L.; SAIRAM, V.; SRINIVASAN, K.; MURUGANANDAM, L. Synthesis and characterization of geopolymers from metakaolin and sugarcane bagasse ash. **Construction and Building Materials**, v. 258, p. 119231, out. 2020.

ZHAO, J.; TONG, L.; LI, B.; CHEN, T.; WANG, C.; YANG, G.; ZHENG, Y. Eco-friendly geopolymers materials: A review of performance improvement, potential application and sustainability assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 307, p. 127085, jul. 2021.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE HIDRÓLISE BIOLÓGICA DE RESÍDUOS DE PENAS DE FRANGO

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE LA HIDRÓLISIS BIOLÓGICA DE RESIDUOS DE PLUMAS DE POLLO

## LITERATURE REVIEW: PRODUCTION OF BIOFERTILIZERS FROM BIOLOGICAL HYDROLYSIS OF POULTRY FEATHER RESIDUES

Leandro Pellenz<sup>1</sup>; Patrícia Viera de Oliveira<sup>2</sup>; Carlos Rafael Silva de Oliveira<sup>3</sup> Lisandro Simão<sup>4</sup>; Afonso Henrique da Silva Júnior<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.347-360>

### RESUMO

Grandes quantidades de resíduos queratinosos são geradas anualmente por indústrias frigoríficas e, devido a sua recalcitrância, a destinação final destes resíduos representa um desafio ambiental. Dentre estes, as penas de frangos possuem grande relevância, sendo compostas em grande parte de queratina, que é uma proteína de difícil degradação, mas quando hidrolisada, pode ser uma boa fonte de peptídeos, aminoácidos e minerais. Os métodos tradicionais de hidrólise, como hidrotérmico e químico, demandam grandes quantidades de energia e reagentes não ambientalmente adequados, além de reduzirem a quantidade de aminoácidos e proteínas aproveitáveis. Por outro lado, o tratamento biológico destes resíduos utilizando microrganismos queratinolíticos, além de ser ambientalmente mais favorável, tem potencial para produção de subprodutos de valor, com aplicações em suplementos para alimentação animal, biocombustíveis, meios de cultura, cosméticos, biofertilizantes, entre outros. Os fertilizantes a base penas biologicamente hidrolisadas possuem aminoácidos, proteínas solúveis e peptídeos em sua composição, que promovem o crescimento da microbiota do solo, aumentando a absorção e utilização de nutrientes. Além disso, a presença destes hidrolisados aumenta a relação C/N do solo, teor de minerais e sua capacidade de reter água, tendo bom potencial de aplicação agrícola, especialmente em sistemas orgânicos. Devido a isso e tendo em vista a elevada e crescente demanda por fertilizantes agrícolas, além o fato de que o uso exacerbado de fertilizantes convencionais pode causar impactos negativos ao meio ambiente, os biofertilizantes a base de hidrolisados de penas se apresentam como uma alternativa interessante. Neste contexto, objetivo desta revisão é apresentar e discutir os principais estudos recentes abordando conversão biológica de resíduos de penas em biofertilizantes com potenciais aplicações em sistemas ecologicamente sustentáveis de produção agrícola.

**Palavras-Chave:** Biofertilizante, Avicultura, Penas, Hidrólise biológica, Queratina.

### RESUMEN

Las industrias frigoríficas generan anualmente grandes cantidades de residuos queratinosos y, debido a su obstinación, el destino final de estos residuos representa un reto medioambiental. Entre estas, las plumas de pollo tienen gran relevancia, al estar compuestas en gran parte por queratina, que es una proteína difícil de degradar, pero que al hidrolizarse puede ser una buena fuente de péptidos,

<sup>1</sup> Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestre em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis (Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS), Doutorando em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), leandropellenz@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheira Química, Mestre em Nanociências (Universidade Franciscana), Doutoranda em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), p.v.oliveira@posgrad.ufsc.br

<sup>3</sup> Engenheiro Têxtil (Universidade Estadual de Maringá – UEM), Doutor em Engenharia Química (UFSC), carlos.oliveira@ufsc.br;

<sup>4</sup> Engenheiro Ambiental e Sanitarista (Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC), Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais (Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC), lisandrosimao@gmail.com;

<sup>5</sup> Engenheiro Agroindustrial-Agroquímico (Universidade Federal do Rio Grande – FURG), Mestre em Engenharia Química, Doutorando em Engenharia Química (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC), afonso.silva@posgrad.ufsc.br;

aminoácidos y minerales. Los métodos tradicionales de hidrólisis, como la hidrotermal y la química, demandan grandes cantidades de energía y reactivos ambientalmente inadecuados, además de reducir la cantidad de aminoácidos y proteínas utilizables. Por otro lado, el tratamiento biológico de estos residuos mediante microorganismos queratinolíticos, además de ser más amigable con el medio ambiente, tiene el potencial de producir subproductos valiosos, con aplicaciones en suplementos para la alimentación animal, biocombustibles, medios de cultivo, cosméticos, biofertilizantes, entre otros. Los fertilizantes biológicamente hidrolizados a base de plumas tienen en su composición aminoácidos, proteínas solubles y péptidos, que favorecen el crecimiento del microbiota del suelo, aumentando la absorción y utilización de nutrientes. Además, la presencia de estos hidrolizados aumenta la relación C/N del suelo, el contenido de minerales y su capacidad para retener agua, teniendo un buen potencial de aplicación agrícola, especialmente en sistemas orgánicos. Debido a esto y ante la alta y creciente demanda de fertilizantes agrícolas, además de que el uso exacerbado de fertilizantes convencionales puede causar impactos negativos en el medio ambiente, los biofertilizantes a base de hidrolizados de plumas se presentan como una interesante alternativa. En este contexto, el objetivo de esta revisión es presentar y discutir los principales estudios recientes que abordan la conversión biológica de residuos de plumas en biofertilizantes con aplicaciones potenciales en sistemas de producción agrícola ecológicamente sostenibles.

**Palabras Clave:** Biofertilizante, Avicultura, Plumas, Hidrólisis biológica, Queratina.

## ABSTRACT

Large amounts of keratinous waste are generated annually by poultry industries and, due to its recalcitrance, the final destination of these residues represents an environmental challenge. Among these, chicken feathers have great relevance, being composed largely of keratin, which is a protein of difficult degradation, but when hydrolyzed, it can be a good source of peptides, amino acids and minerals. Traditional hydrolysis methods, such as hydrothermal and chemical, demand large amounts of energy and environmentally unsuitable reagents, in addition to reducing the amount of usable amino acids and proteins. On the other hand, the biological treatment of these residues using keratinolytic microorganisms, besides being environmentally more friendly, has the potential to produce valuable by-products, with applications in animal feed supplements, biofuels, culture media, cosmetics, biofertilizers, among others. Biologically hydrolyzed feather-based fertilizers have amino acids, and soluble proteins and peptides in their composition, which promote the growth of soil microbiota, increasing the absorption and utilization of nutrients. In addition, the presence of these hydrolysates increases the soil C/N ratio, mineral content and its ability to retain water, having good potential for agricultural application, especially in organic systems. Due to this and in face of the high and growing demand for agricultural fertilizers, in addition to the fact that the exacerbated use of conventional fertilizers may cause negative impacts on the environment, biofertilizers based on feather hydrolysates arise as an interesting alternative. In this context, the aim of this review is to present and discuss the main recent studies addressing biological conversion of feather residues into biofertilizers with potential applications in ecologically sustainable agricultural production systems.

**Keywords:** Biofertilizer, Poultry, Feathers, Biological hydrolysis, Keratin.

## INTRODUÇÃO

A indústria aviária tem apresentado uma grande expansão no mundo nos últimos anos, sendo que o Brasil é o segundo maior produtor – com 14,5 milhões de toneladas em 2021 – e o maior exportador de carne de frango do mundo (USDA FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE, 2022). Entretanto, essa indústria gera imensas quantidades de resíduos, com destaque para os grandes volumes de penas, que são materiais queratinosos que precisam ser adequadamente gerenciados para não causarem impactos ambientais. Por serem compostas majoritariamente de proteínas estruturais de difícil degradação, denominadas queratinas, as

penas de frango representam um desafio para sua gestão como resíduo (BHARI; KAUR; SARUP SINGH, 2021; BRANDELLI; DAROIT; RIFFEL, 2010).

A queratina é um proteína rica em aminoácidos essenciais, minerais e peptídeos, que podem ter várias aplicações, tais como na suplementação de alimentação animal e como biofertilizantes (VERMA *et al.*, 2016). No entanto, devido a sua grande estabilidade e insolubilidade destas proteínas, se faz necessário um tratamento hidrolise antes de sua aplicação na indústria. Métodos termoquímicos são convencionalmente utilizados para hidrolise de queratinas, entretanto, além de caros e ambientalmente desfavoráveis, promovem a quebra de proteínas importantes e a destruição de grandes quantidades de aminoácidos, representando uma perda de potenciais fontes de renda (CALLEGARO; BRANDELLI; DAROIT, 2019). Desta forma, a hidrolise biológica surge com uma alternativa relevante de valorização de resíduos queratinosos. Alguns microrganismos, denominados queratolíticos, são capazes de metabolizar resíduos de penas, utilizando-os como fontes de carbono, nitrogênio, enxofre e energia, produzindo subprodutos de valor, como biofertilizantes (GUPTA; RAMNANI, 2006). Neste contexto, este trabalho de revisão apresenta uma abordagem acerca da possibilidade de agregar valor à resíduos de penas de frango através da utilização de hidrolisados biológicos como fertilizantes agrícolas.

## METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho de revisão ocorreu através de pesquisa bibliográfica de artigos científicos originais e de revisão nas bases de dados Scopus e Google Scholar, utilizando as palavras-chave penas de frango, penas de aves, resíduos de penas, hidrolise microbiana, hidrolisados microbianos, queratina, fertilizantes e biofertilizantes. A pesquisa foi realizada na língua inglesa, buscando informações relevantes e atualizadas de acordo com a disponibilidade, porém sem período específico, acerca dos tópicos do escopo deste trabalho.

## DESENVOLVIMENTO

### PENAS DE FRANGO

As queratinas são proteínas estruturais caracterizadas por sua alta resistência, maleabilidade e impermeabilidade à água, e compõem cerca de 90% da estrutura das penas (GUPTA; RAMNANI, 2006). Suas características de estabilidade, insolubilidade e grande resistência a degradação proteolítica por proteases comuns ocorrem devido ao empacotamento compacto das cadeias proteicas em estruturas de  $\alpha$ -hélice ( $\alpha$ -queratina) ou  $\beta$ -folhas ( $\beta$ -queratina), e ao elevado nível de enovelamento da cadeia polipeptídica. Além disso, as queratinas possuem uma grande

quantidade de ligações inter e intra-cadeia na cadeia polipeptídica por meio de interações hidrofóbicas, pontes de hidrogênio e ligações dissulfeto (BRANDELLI; DAROIT; RIFFEL, 2010). A composição química de penas de frango varia com a alimentação, idade, raça e ambiente em que a ave se encontra, mas tipicamente exibe uma grande quantidade de aminoácidos (MARTINEZ-HERNANDEZ *et al.*, 2005). Constituídas principalmente de carbono, nitrogênio, enxofre e hidrogênio, as penas de frango também contêm importantes micro e macronutrientes, como potássio, fósforo, zinco, cálcio, ferro, magnésio, manganês, sódio e cobre (NURDIAWATI *et al.*, 2018).

## GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE PENAS

O gerenciamento de resíduos de penas de frangos pode ser conduzido de duas maneiras. A disposição final sem tratamento/valorização é a forma mais simples, no entanto apresenta desvantagens relevantes. Já o tratamento por hidrólise, embora seja mais complexo, propicia um destino final ambientalmente mais adequado a estes resíduos, além de produzir subprodutos com valor agregado (CHATURVEDI; AGRAWAL; VERMA, 2021).

Um dos métodos mais antigos de disposição final de resíduos de penas é a incineração, no entanto possui um gasto energético e pode gerar emissão de poluentes tóxicos ao meio ambiente (SHARMA; GUPTA, 2016). A disposição de resíduos de penas em aterros também é uma alternativa amplamente utilizada, porém, este método gera gases que contribuem com o efeito estufa e um efluente de lixiviação que precisa ser cuidadosamente gerenciado para não causar danos ao meio ambiente (SINGH *et al.*, 2016). Além disso, se os aterros não forem corretamente geridos, podem ser focos de proliferação de patógenos virais, bacterianos e parasitários (CAMARGO; ALONSO, 2006). A compostagem com digestão aeróbia, e a digestão anaeróbia, também são alternativas convencionais para a gestão de resíduos de pena, produzindo fertilizante e biogás, respectivamente. No entanto, devido a estrutura complexa destes resíduos, estes métodos ainda apresentam limitações relacionadas a qualidade dos subprodutos, custos e potenciais riscos ambientais (BHARI; KAUR; SARUP SINGH, 2021).

Quando se opta pela hidrólise de resíduos de penas, existem os métodos químicos, hidrotérmicos e biológicos. Os métodos químicos consistem na utilização de solventes ácidos, alcalinos ou orgânicos para realizar a hidrólise das queratinas e obter aminoácidos e proteínas solúveis (STIBOROVA *et al.*, 2016). Porém, os subprodutos hidrolisados por este método, além de demandarem o uso de reagentes não ambientalmente amigáveis, possuem algumas limitações como baixo valor biológico, falta de aminoácidos essenciais e baixa digestibilidade (BHARI; KAUR; SARUP SINGH, 2021). Os métodos hidrotérmicos consistem na aplicação

de altas pressões e temperaturas na presença de vapor visando hidrolisar a queratina das penas. No entanto estes métodos possuem um consumo energético elevado, e resultam majoritariamente em aminoácidos não nutritivos (EL BOUSHY; VAN DER POEL; WALRAVEN, 1990). Já a hidrólise biológica com microrganismos específicos se apresenta como um dos métodos mais promissores de tratamento de resíduos de penas e tem despertado crescente interesse de pesquisadores devido a qualidade dos seus subprodutos e condições favoráveis de operação (CALLEGARO; BRANDELLI; DAROIT, 2019).

## HIDRÓLISE BIOLÓGICA

Microrganismos possuem um papel fundamental na grande maioria dos processos de degradação que ocorrem no meio ambiente, inclusive para materiais queratinosos (GUPTA; RAMNANI, 2006). Para estes materiais, alguns tipos de bactérias e fungos produzem enzimas denominadas queratinases, que fazem a hidrólise de queratinas permitindo sua utilização por parte do microrganismo como fonte de carbono, nitrogênio, enxofre e energia (BRANDELLI, 2008). Além da degradação em sistemas biológicos, as queratinases podem ser isoladas para utilização na hidrólise enzimática de resíduos de penas, sem presença do microrganismo. Os processos de hidrólise enzimática de queratinas são considerados promissores por terem um baixo consumo energético e produzirem subprodutos de alta qualidade, com aplicações em suplementos para alimentação animal, biocombustíveis, meios de cultura, cosméticos e biofertilizantes (CALLEGARO; BRANDELLI; DAROIT, 2019; CHATURVEDI; AGRAWAL; VERMA, 2021).

## APLICAÇÃO DE HIDROLISADOS COMO FERTILIZANTES

O crescimento populacional e o aumento dos padrões de consumo das pessoas têm levado a um aumento significativo na demanda de commodities agrícolas nas últimas décadas, especialmente grãos. O suprimento desta demanda só se tornou possível devido a um drástico aumento na produtividade, promovido em grande parte pelo uso de fertilizantes sintéticos (CHATURVEDI; AGRAWAL; VERMA, 2021). No entanto, embora benéficos para a segurança alimentar da humanidade, estes fertilizantes também trouxeram efeitos negativos, como poluição das águas, eutrofização, acidificação ou alcalinização aguda do solo, além de redução da qualidade e danos a microflora do solo (LIU *et al.*, 2016). Neste contexto, a utilização de fertilizantes orgânicos se apresenta como a principal alternativa, por utilizar produtos de baixo impacto ambiental, desde a sua produção até aplicação no solo e/ou plantas. Além disso, em muitos casos, fertilizantes orgânicos são provenientes de resíduos, promovendo

a valorização destes e reduzindo custos e impactos da sua disposição no meio ambiente (CHEW *et al.*, 2019).

As penas de frango possuem aproximadamente 15% de nitrogênio em sua composição, que é o principal nutriente limitante para o crescimento de plantas. Porém, devido a recalcitrância das queratinas, sua utilização direta em solo como fertilizantes se torna inviável (THURIÈS *et al.*, 2001). Para contornar esta limitação, a utilização de hidrolisados biológicos de penas tem se mostrado promissora e uma série de pesquisas sobre o seu potencial como biofertilizantes vem sendo desenvolvida, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 01:** Aplicações de hidrolisados biológicos como fertilizantes.

<b>Microrganismo</b>	<b>Forma de aplicação</b>	<b>Resultados</b>	<b>Referência</b>
<i>Stenotrophomonas maltophilia DHHJ</i>	Foliar	Aumento do crescimento de couve chinesa em relação a controles sem fertilização	(CAO <i>et al.</i> , 2012)
<i>Bacillus polymyxa B20</i>	Foliar	Teores de clorofila foliar e massa fresca em tomateiro, pepineiro e repolho-branco similares a controles com fertilização de referência	(KUCINSKA <i>et al.</i> , 2014)
<i>Chryseobacterium sp. RBT</i>	Solo e foliar	Aceleração da floração, colheita e maior rendimento de frutos de bananeira em relação a controles sem fertilização	(GURAV; JADHAV, 2013)
<i>Paenibacillus woosongensis TKB2</i>	Solo	Aumento da germinação, massa fresca e seca de raízes de grão de bico em relação a que controles sem fertilização	(PAUL <i>et al.</i> , 2013)
<i>Bacillus amyloliquefaciens 6B</i>	Solo	Aumento da germinação e crescimento de feijão-mungo em relação a controles sem fertilização e valores similares em relação a fertilização de referência	(BOSE <i>et al.</i> , 2014)
<i>Streptomyces sampsonii GS 1322</i>	Solo	Aumento da germinação e crescimento de trigo em relação a controles sem fertilização	(JAIN <i>et al.</i> , 2016)
<i>Thermoactinomyces sp. RM4</i>	Solo	Aumento da germinação, massa fresca e seca de raízes	(VERMA <i>et al.</i> , 2016)

Microrganismo	Forma de aplicação	Resultados	Referência
<i>Amycolatopsis</i> sp. MBRL 40	Solo	de grão de bico em relação a controles sem fertilização	
<i>Aspergillus niger</i>	Solo	Crescimento e massa seca de arroz similares aos observados com fertilização de referência	(TAMREIHAKO <i>et al.</i> , 2017)
<i>Bacillus pumilis</i> KHS-1	Solo	Aumento no crescimento e rendimento de plantas de feijão-caupi em relação controles sem fertilização	(ADETUNJI <i>et al.</i> , 2012)
<i>Thermoactinomyces</i> spp. 3H, 8H e M4	Solo	Crescimento e massa seca de cenoura e couve chinesa similares a controle com fertilização de referência	(KIM; CHOI; SUH, 2005)
<i>Bacillus licheniformis</i> ASU	Solo	Aumento de germinação e crescimento de azevém superiores a controle sem fertilização	(GOUSTEROVA <i>et al.</i> , 2011)
<i>Bacillus</i> sp. CL18	Solo	Maior crescimento e massa seca em fava em relação a controles sem fertilização	(NAFADY <i>et al.</i> , 2018)
		Aumento do crescimento e produção de biomassa de alface em comparação com fertilizante de referência e outros subprodutos da indústria aviária	(SOBUCKI <i>et al.</i> , 2019)

Microrganismo	Forma de aplicação	Resultados	Referência
<i>Bacillus aerius</i> NSMk2	Solo	Aumento da germinação e crescimento e produtividade de feijão-mungo em comparação com fertilização de referência	(KAUR; BHARI; SINGH, 2021)

Fonte: Própria (2022).

A baixa relação carbono/nitrogênio (C/N) de hidrolisados biológicos permite rápida mineralização nitrogênio orgânico pela microbiota do solo, tornando-o disponível para as plantas (CALLEGARO; BRANDELLI; DAROIT, 2019; NURDIAWATI *et al.*, 2019). As plantas também podem absorver peptídeos e aminoácidos importantes fornecidos pelos hidrolisados, através das folhas ou raízes, utilizando-os no seu crescimento (COLLA *et al.*,

2015). Estudos identificaram a presença dos aminoácidos alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, glutamato, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, treonina, triptofano, tirosina e valina em hidrolisados microbianos, em diferentes teores, variando de acordo com o substrato e microrganismo utilizado (BHARI; KAUR; SARUP SINGH, 2021). Os aminoácidos são de fundamental importância para os mais diversos processos vegetais. Alanina contribui com a resistência contra vírus e mudanças de clima, além de estimular o metabolismo de hormônios (DIAB; LIMAMI, 2016; PALECKIENE; SVIKLAS; ŠLINKŠIENE, 2007). A arginina participa da divisão celular, auxilia na maturação e germinação de sementes, estimula a produção de clorofila e é utilizada para o transporte e armazenagem de nitrogênio (PALECKIENE; SVIKLAS; ŠLINKŠIENE, 2007; WINTER *et al.*, 2015). A cisteína é utilizada pelas plantas na síntese de proteínas, auxilia na resposta imune e resistência a baixas temperaturas (ÁLVAREZ *et al.*, 2012; BONNER *et al.*, 2005). O glutamato é utilizado na regulação do pH e osmolaridade, defesa contra insetos e como reserva de nitrogênio orgânico (FORDE; LEA, 2007). A glicina atua na regulação osmótica e melhora resistência ao stress abiótico das plantas (ASHRAF; FOOLAD, 2007; HUANG *et al.*, 2000). A histidina promove o transporte de íons metálicos como quelante, além de melhorar a resistência das plantas contra patógenos bacterianos e auxiliar na reprodução e crescimento (SEO *et al.*, 2016; STEPANSKY; LEUSTEK, 2006). A isoleucina e metionina atuam como agentes antiestresse (JOSHI *et al.*, 2010). A lisina promove imunidade nas plantas (NÁVAROVÁ *et al.*, 2012). A fenilalanina reduz o estresse oxidativo e regula produção de lignina e tecidos lenhosos (GILL; TUTEJA, 2010). A prolina atua como agente antiestresse, no desenvolvimento de paredes celulares, crescimento de raízes e flores, aumenta a fertilidade do pólen e atua no transporte de nitrogênio (GOTHANDAM *et al.*, 2010; KAVI KISHOR *et al.*, 2015; LIANG *et al.*, 2013). A serina regula a fotorrespiração e o stress biótico e abiótico das plantas (ROS; MUÑOZ-BERTOMEU; KRUEGER, 2014; TIMM *et al.*, 2013). A treonina estimula a germinação e atua no combate ao estresse vegetal (JOSHI *et al.*, 2010). O triptofano é utilizado por microrganismos para produção de ácido indolacético, um hormônio que promove o alongamento celular e crescimento das plantas (BHANGE; CHATURVEDI; BHATT, 2016). A valina é um precursor das auxinas, que são hormônios de regulação de crescimento vegetal (WADITEE *et al.*, 2007). Autores também reportaram os hidrolisados microbianos podem conter sideróforos, ácidos que promovem a solubilização de fosfato insolúvel, permitindo o seu uso pelas plantas (PAUL *et al.*, 2013). Além de nitrogênio, peptídeos e aminoácidos, os hidrolisados biológicos também podem fornecer diretamente macro e micronutrientes importantes para as plantas, como fósforo, potássio, zinco, ferro,

manganês, cálcio e cobre (GURAV; JADHAV, 2013; KSHETRI *et al.*, 2019; NURDIAWATI *et al.*, 2018).

A aplicação de hidrolisados microbianos como biofertilizantes em plantas pode ser realizada por via foliar ou em solo. Uma série de resultados positivos nas culturas a partir do uso destes fertilizantes em comparação com fertilização de referência é reportada na literatura, incluindo aceleração do crescimento e floração, aumento da massa fresca e massa seca das plantas, aumento dos teores de clorofila foliar, aumento de germinação e aumento de produtividade (Tabela 1).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos de penas frango ainda são bastante negligenciados em relação ao seu potencial para agregação de valor. A literatura acerca do tema demonstra que existem diversas potências aplicações para estes resíduos, especialmente para hidrolisados microbianos como fertilizantes agrícolas. Em paralelo a isso, para atender as demandas de alimentos da população global, a demanda por fertilizantes agrícolas é extremamente elevada, sendo que uso excessivo de fertilizantes convencionais pode causar danos ao solo e ao meio ambiente em geral.

A maioria dos estudos relacionados ao uso de hidrolisados biológicos de penas de frango como fertilizantes ainda apresenta resultados de estágios iniciais, com produção em laboratórios e testes em pequenas escalas. Além disso, até o momento, existe um número relativamente pequeno de microrganismos identificados como capazes de degradar resíduos queratinosos, e em muitos casos estes processos ainda são relativamente lentos. Neste contexto, ainda há um caminho significativo a ser percorrido neste tema, com o desenvolvimento de técnicas bioconversão em larga escala de resíduos de penas e transformação dos hidrolisados em biofertilizantes com aplicabilidade real na agricultura.

## REFERÊNCIAS

- ADETUNJI, C O *et al.* Production and application of keratin-based organic fertilizer from microbially hydrolyzed feathers to cowpea (*Vigna unguiculata*). **International Journal of Scientific & Engineering Research**, [s. l.], v. 3, n. 12, p. 1–9, 2012.
- ÁLVAREZ, Consolación *et al.* Cysteine homeostasis plays an essential role in plant immunity. **New Phytologist**, [s. l.], v. 193, n. 1, p. 165–177, 2012.
- ASHRAF, MFMR; FOOLAD, Majid R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and experimental botany**, [s. l.], v. 59, n. 2, p. 206–216, 2007.

BHANGE, Khushboo; CHATURVEDI, Venkatesh; BHATT, Renu. Ameliorating effects of chicken feathers in plant growth promotion activity by a keratinolytic strain of *Bacillus subtilis* PF1. **Bioresources and Bioprocessing**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 13, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40643-016-0091-y>

BHARI, Ranjeeta; KAUR, Manpreet; SARUP SINGH, Ram. Chicken Feather Waste Hydrolysate as a Superior Biofertilizer in Agroindustry. **Current Microbiology**, [s. l.], v. 78, n. 6, p. 2212–2230, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00284-021-02491-z>

BONNER, Eric R *et al.* Molecular basis of cysteine biosynthesis in plants: structural and functional analysis of O-acetylserine sulphydrylase from *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Biological Chemistry**, [s. l.], v. 280, n. 46, p. 38803–38813, 2005.

BOSE, Anjali *et al.* Keratinolytic Protease Production by *Bacillus amyloliquefaciens* 6B Using Feather Meal as Substrate and Application of Feather Hydrolysate as Organic Nitrogen Input for Agricultural Soil. **Waste and Biomass Valorization**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 595–605, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12649-013-9272-5>

BRANDELLI, Adriano. Bacterial Keratinases: Useful Enzymes for Bioprocessing Agroindustrial Wastes and Beyond. **Food and Bioprocess Technology**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 105–116, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-007-0025-y>

BRANDELLI, Adriano; DAROIT, Daniel J; RIFFEL, Alessandro. Biochemical features of microbial keratinases and their production and applications. **Applied microbiology and biotechnology**, [s. l.], v. 85, n. 6, p. 1735–1750, 2010.

CALLEGARO, Kelly; BRANDELLI, Adriano; DAROIT, Daniel Joner. Beyond plucking: Feathers bioprocessing into valuable protein hydrolysates. **Waste Management**, [s. l.], v. 95, p. 399–415, 2019. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.040>

CAMARGO, Julio A; ALONSO, Álvaro. Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. **Environment International**, [s. l.], v. 32, n. 6, p. 831–849, 2006. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.002>

CAO, Zhang-Jun *et al.* Composition analysis and application of degradation products of whole feathers through a large scale of fermentation. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 19, n. 7, p. 2690–2696, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-012-0763-x>

CHATURVEDI, Venkatesh; AGRAWAL, Komal; VERMA, Pradeep. Chicken feathers: a treasure cove of useful metabolites and value-added products. **Environmental Sustainability**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 231–243, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42398-021-00160-2>

CHEW, Kit W *et al.* **Transformation of Biomass Waste into Sustainable Organic Fertilizers**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11082266>

COLLA, Giuseppe *et al.* Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. **Scientia**

**Horticulturae**, [s. l.], v. 196, p. 28–38, 2015. Disponível em:  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.037>

DIAB, Houssein; LIMAMI, Anis M. **Reconfiguration of N Metabolism upon Hypoxia Stress and Recovery: Roles of Alanine Aminotransferase (AlaAT) and Glutamate Dehydrogenase (GDH)**. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em:  
<https://doi.org/10.3390/plants5020025>

EL BOUSHY, A R; VAN DER POEL, A F B; WALRAVEN, O E D. Feather meal—A biological waste: Its processing and utilization as a feedstuff for poultry. **Biological Wastes**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 39–74, 1990. Disponível em: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0269-7483\(90\)90071-Y](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0269-7483(90)90071-Y)

FORDE, Brian G; LEA, Peter J. Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signalling. **Journal of experimental botany**, [s. l.], v. 58, n. 9, p. 2339–2358, 2007.

GILL, Sarvajeet Singh; TUTEJA, Narendra. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant physiology and biochemistry**, [s. l.], v. 48, n. 12, p. 909–930, 2010.

GOTHANDAM, Kodiveri Muthukalianan *et al.* OsPRP3, a flower specific proline-rich protein of rice, determines extracellular matrix structure of floral organs and its overexpression confers cold-tolerance. **Plant Molecular Biology**, [s. l.], v. 72, n. 1, p. 125–135, 2010.

GOUSTEROVA, A *et al.* Assessment of feather hydrolysate from thermophilic actinomycetes for soil amendment and biological control application. **International Journal of Environmental Research**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 1065–1070, 2011.

GUPTA, Rani; RAMNANI, Priya. Microbial keratinases and their prospective applications: an overview. **Applied microbiology and biotechnology**, [s. l.], v. 70, n. 1, p. 21–33, 2006.

GURAV, Ranjit G; JADHAV, Jyoti P. A novel source of biofertilizer from feather biomass for banana cultivation. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 20, n. 7, p. 4532–4539, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1405-z>

HUANG, Jun *et al.* Genetic engineering of glycinebetaine production toward enhancing stress tolerance in plants: metabolic limitations. **Plant physiology**, [s. l.], v. 122, n. 3, p. 747–756, 2000.

JAIN, Richa *et al.* Feather hydrolysate from *Streptomyces sampsonii* GS 1322: A potential low cost soil amendment. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, [s. l.], v. 121, n. 6, p. 672–677, 2016. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.11.003>

JOSHI, Vijay *et al.* Interdependence of threonine, methionine and isoleucine metabolism in plants: accumulation and transcriptional regulation under abiotic stress. **Amino acids**, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 933–947, 2010.

KAUR, Manpreet; BHARI, Ranjeeta; SINGH, Ram Sarup. Chicken feather waste-derived protein hydrolysate as a potential biostimulant for cultivation of mung beans. **Biologia**, [s. l.], v. 76, n. 6, p. 1807–1815, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00724-x>

CAVI KISHOR, Polavarapu B *et al.* Role of proline in cell wall synthesis and plant development and its implications in plant ontogeny. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 6, p. 544, 2015.

KIM, Jin-Man; CHOI, Yang-Mun; SUH, Hyung-Joo. Preparation of feather digests as fertilizer with *Bacillus pumilis* KHS-1. **Journal of microbiology and biotechnology**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 472–476, 2005.

KSHETRI, Pintubala *et al.* Transforming Chicken Feather Waste into Feather Protein Hydrolysate Using a Newly Isolated Multifaceted Keratinolytic Bacterium *Chryseobacterium sediminis* RCM-SSR-7. **Waste and Biomass Valorization**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 1–11, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0037-4>

KUCINSKA, Jolanta K *et al.* Bioefficacy of Hen Feather Keratin Hydrolysate and Compost on Vegetable Plant Growth. **Compost Science & Utilization**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 179–187, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1065657X.2014.918866>

LIANG, Xinwen *et al.* Proline mechanisms of stress survival. **Antioxidants & redox signaling**, [s. l.], v. 19, n. 9, p. 998–1011, 2013.

LIU, Hongjun *et al.* Amino acids hydrolyzed from animal carcasses are a good additive for the production of bio-organic fertilizer. **Frontiers in microbiology**, [s. l.], v. 7, p. 1290, 2016.

MARTINEZ-HERNANDEZ, A L *et al.* Microstructural characterisation of keratin fibres from chicken feathers. **International Journal of Environment and Pollution**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 162–178, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1504/IJEP.2005.006858>

NAFADY, Nivien Allam *et al.* Effectiveness of eco-friendly arbuscular mycorrhizal fungi biofertilizer and bacterial feather hydrolysate in promoting growth of *Vicia faba* in sandy soil. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s. l.], v. 16, p. 140–147, 2018. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.07.024>

NÁVAROVÁ, Hana *et al.* Pipecolic acid, an endogenous mediator of defense amplification and priming, is a critical regulator of inducible plant immunity. **The Plant Cell**, [s. l.], v. 24, n. 12, p. 5123–5141, 2012.

NURDIAWATI, Anissa *et al.* Characterization of potential liquid fertilizers obtained by hydrothermal treatment of chicken feathers. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 375–382, 2018. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ep.12688>

NURDIAWATI, Anissa *et al.* Nitrogen mineralization dynamics of liquid feather hydrolysates obtained by hydrothermal treatment. **Applied Soil Ecology**, [s. l.], 2019.

PALECKIENE, R; SVIKLAS, A; ŠLINKŠIENE, R. Physicochemical properties of a microelement fertilizer with amino acids. **Russian Journal of Applied Chemistry**, [s. l.], v. 80, n. 3, p. 352–357, 2007.

PAUL, Tanmay *et al.* Exploitation of chicken feather waste as a plant growth promoting agent

using keratinase producing novel isolate *Paenibacillus woosongensis* TKB2. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 50–57, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2012.10.001>

ROS, Roc; MUÑOZ-BERTOMEU, Jesús; KRUEGER, Stephan. Serine in plants: biosynthesis, metabolism, and functions. **Trends in plant science**, [s. l.], v. 19, n. 9, p. 564–569, 2014.

SEO, Shigemi *et al.* L-Histidine induces resistance in plants to the bacterial pathogen *Ralstonia solanacearum* partially through the activation of ethylene signaling. **Plant and Cell Physiology**, [s. l.], v. 57, n. 9, p. 1932–1942, 2016.

SHARMA, Swati; GUPTA, Arun. Sustainable management of keratin waste biomass: applications and future perspectives. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [s. l.], v. 59, 2016.

SINGH, SK *et al.* Greenhouse Gas Emissions from Landfills: A Case of NCT of Delhi, India. **Journal of Climatology & Weather Forecasting**, [s. l.], v. 04, n. 01, p. 1–6, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4172/2332-2594.1000157>

SOBUCKI, Lisiane *et al.* Feather hydrolysate as a promising nitrogen-rich fertilizer for greenhouse lettuce cultivation. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 493–499, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0281-7>

STEPANSKY, A; LEUSTEK, Thomas. Histidine biosynthesis in plants. **Amino acids**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 127–142, 2006.

STIBOROVA, Hana *et al.* Transformation of raw feather waste into digestible peptides and amino acids. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, [s. l.], v. 91, n. 6, p. 1629–1637, 2016. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jctb.4912>

TAMREIHAKO, K *et al.* Biofertilizing potential of feather hydrolysate produced by indigenous keratinolytic *Amycolatopsis* sp. MBRL 40 for rice cultivation under field conditions. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s. l.], v. 10, p. 317–320, 2017. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.04.010>

THURIÈS, L *et al.* Kinetics of added organic matter decomposition in a Mediterranean sandy soil. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 33, n. 7, p. 997–1010, 2001. Disponível em: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(01\)00003-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00003-7)

TIMM, Stefan *et al.* Serine acts as a metabolic signal for the transcriptional control of photorespiration-related genes in *Arabidopsis*. **Plant physiology**, [s. l.], v. 162, n. 1, p. 379–389, 2013.

USDA FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. Livestock and poultry: world markets and trade. **United States Department of Agriculture and Foreign Agricultural Service**, [s. l.], p. 31, 2022. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade>

VERMA, Amit *et al.* Production of Thermostable Organic Solvent Tolerant Keratinolytic Protease from *Thermoactinomyces* sp. RM4: IAA Production and Plant Growth Promotion . [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2016.01189>

WADITEE, Rungaroon *et al.* Metabolic engineering for betaine accumulation in microbes and plants. **Journal of Biological Chemistry**, [s. l.], v. 282, n. 47, p. 34185–34193, 2007.

WINTER, Gudrun *et al.* Physiological implications of arginine metabolism in plants. **Frontiers in plant science**, [s. l.], v. 6, p. 534, 2015.

## MICROPLÁSTICOS NO SOLO: UMA VISÃO GERAL

## MICROPLÁSTICOS EN EL SUELO: UNA VISIÓN GENERAL

## MICROPLASTICS IN SOIL: AN OVERVIEW

Carlos Rafael Silva de Oliveira<sup>1</sup>; Afonso Henrique da Silva Júnior<sup>2</sup>; Patrícia Viera de Oliveira<sup>3</sup>; Leandro Pellenz<sup>4</sup>; Lisandro Simão<sup>5</sup>.

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.361-375>

### RESUMO

Microplásticos (MPs) são poluentes emergentes reconhecidamente perigosos devido aos danos que podem causar a saúde de organismos vivos e ao meio ambiente. Dentre os diferentes ambientes em que esses poluentes foram detectados, o solo é considerado um local de ocorrência ainda pouco explorado, com grande potencial de investigação para compreensão dos reais impactos causados. A ocorrência, transporte e o impacto de MPs no solo dependem de sua morfologia, componentes químicos do solo e fatores naturais. Pesquisas na área mostraram que a combinação e interação de MPs com contaminantes absorvidos podem afetar a saúde e as funções do solo, interferindo na microbiota e desenvolvimento de animais, insetos e plantas. Portanto, o objetivo geral desta revisão é resumir a literatura atual existente acerca dos efeitos da poluição causada por MPs, destacar e discutir seu comportamento de transporte e os efeitos combinados dos MPs com outros poluentes na ecologia do solo. Dada a importância do tema e sua relação com a segurança alimentar e produção sustentável, torna-se pertinente uma abordagem informativa dos riscos potenciais que MPs no solo oferecem a sociedade.

**Palavras-Chave:** Microplásticos, Contaminação do solo, Poluentes emergentes.

### RESUMEN

Los microplásticos (MPs) son contaminantes emergentes reconocidos como peligrosos por los daños que pueden causar a la salud de los organismos vivos y al medio ambiente. Entre los diferentes ambientes en los que se detectaron estos contaminantes, el suelo es considerado un lugar de ocurrencia aún poco explorado, con gran potencial de investigación para comprender los impactos reales causados. La aparición, el transporte y el impacto de los MPs en el suelo dependen de su morfología, los componentes químicos del suelo y los factores naturales. La investigación en el área ha demostrado que la combinación e interacción de los MPs con los contaminantes absorbidos puede afectar la salud y las funciones del suelo, interfiriendo con la microbiota y el desarrollo de animales, insectos y plantas. Por lo tanto, el objetivo general de esta revisión es resumir la literatura actual existente sobre los efectos de la contaminación causada por MPs, resaltar y discutir su comportamiento de transporte y los efectos combinados de MPs con otros contaminantes en la ecología del suelo. Dada la importancia del tema y su relación con la seguridad alimentaria y la producción sostenible, se vuelve relevante un enfoque divulgativo sobre los riesgos potenciales que los MPs en el suelo representan para la sociedad.

**Palabras Clave:** Microplásticos, Contaminación del suelo, Contaminantes emergentes.

### ABSTRACT

Microplastics (MPs) are emerging pollutants recognized as dangerous due to the damage they can cause to the health of living organisms and the environment. Among the different environments in which these pollutants were detected, the soil is considered a place of occurrence still little explored, with high research potential to understand the real impacts caused. MPs' occurrence, transport, and implications

<sup>1</sup> Engenheiro Têxtil - UEM, Doutor em Engenharia Química - UFSC, [carlos.oliveira@ufsc.br](mailto:carlos.oliveira@ufsc.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Agroindustrial - FURG, Doutorando em Engenharia Química - UFSC, [afonso.silva@posgrad.ufsc.br](mailto:afonso.silva@posgrad.ufsc.br)

<sup>3</sup> Engenheira Química – UFN, Doutoranda em Engenharia Química - UFSC, [p.v.oliveira@posgrad.ufsc.br](mailto:p.v.oliveira@posgrad.ufsc.br)

<sup>4</sup> Engenheiro Ambiental e Sanitarista - UFFS, Doutorando em Engenharia Química - UFSC, [leandropelenz@hotmail.com](mailto:leandropelenz@hotmail.com)

<sup>5</sup> Engenheiro Ambiental e Sanitarista – UNESC, Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais - UFSC, [lisandrosimao@gmail.com](mailto:lisandrosimao@gmail.com)

for soil depend on their morphology, chemical components, and natural factors. Research in the area has shown that the combination and interaction of MPs with absorbed contaminants can affect soil health and functions, interfering with the microbiota and development of animals, insects, and plants. Therefore, the general objective of this review is to summarize the current existing literature on the effects of pollution caused by MPs, highlighting and discussing their transport behavior and the combined impact of MPs with other pollutants on soil ecology. Given the importance of the topic and its relationship with food security and sustainable production, and informative approach to the potential risks that PMs in the soil pose to society becomes relevant.

**Keywords:** Microplastics, Soil contamination, Emerging pollutants.

## INTRODUÇÃO

Plástico é um termo dado à materiais poliméricos sintéticos, que possuem alta massa molar, e podem ser encontrados em sua forma sólida nos mais diversos tipos de objetos e ambientes (ANDRADY; NEAL, 2009). Desde o surgimento desse materiais, a versatilidade de aplicações, baixo custo de obtenção e fácil processamento, foram fatores que contribuíram para o seu crescimento e ampla adoção, ao longo das últimas décadas (ANDRADY; NEAL, 2009; BARROWS; CATHEY; PETERSEN, 2018). Apesar de todas as facilidades e vantagens comerciais que os plásticos oferecem, a má gestão de seus resíduos e o descarte inadequado causam graves impactos ambientais, a longo prazo. Estima-se que a produção de plástico chegará a 33 bilhões de toneladas até 2050. No entanto, somente 55% dos plásticos produzidos no mundo são adequados para reciclagem, o que faz com que uma grande quantidade de resíduos plásticos sejam descartados no meio ambiente. (ERIKSEN et al., 2019; SHARMA et al., 2020).

A degradação de plásticos no meio ambiente é um processo muito lento, que origina continuamente microplásticos (partículas muito pequenas de plástico) com dimensões de até 5 mm. O avanço da degradação de microplásticos promove a cominuição dessas partículas, originando partículas ainda menores (dimensões nanométricas), chamados na atualidade de nanoplásticos (NPs) (HALE et al., 2020; LIU et al., 2022). Muitos pesquisadores ainda estão estudando os reais impactos ambientais e toxicologia dos NPs, que já são considerados um poluente emergente ainda mais grave quando comparado aos microplásticos (MPs), por já terem sido detectados até mesmo na corrente sanguínea de humanos e alguns animais (CARRINGTON, 2022; LESLIE et al., 2022). Micropartículas podem facilmente serem ingeridas e inaladas por humanos e outros animais, especialmente aquáticos. A literatura científica tem reportado como os MPs podem colocar em risco a vida de seres humanos, além de representarem uma ameaça importante para todo o ecossistema terrestre devido a sua ocorrência na atmosfera, solos, rios, lagos, mares e oceanos (SENATHIRAJAH et al., 2021).

MPs presentes em corpos d'água, são ingeridos por animais aquáticos, e por sua vez,

acabam no organismo de seres humanos por meio da cadeia alimentar (CARBERY; O'CONNOR; PALANISAMI, 2018). Muitas análises também relatam a ocorrência de MPs em alimentos e bebidas naturais e industrializadas (SENATHIRAJAH et al., 2021), bem como em autópsias, fezes de animais silvestres e dejetos humanos. No estudo de Senathirajah et al. (2021), os autores estimaram que seres humanos ingerem em média de 0,1 a 5 g de microplásticos semanalmente, sendo a água potável a maior fonte de ingestão dessas partículas. Outro fator bastante preocupante é a capacidade de adsorção dessas micropartículas (FRED-AHMADU et al., 2020). Numerosas pesquisas relatam o encontramento de MPs contendo agentes tóxicos e microbiológicos perigosos adsorvidos, classificando-os como veículos capazes de causar sérias doenças e até a morte de organismos vivos (FRED-AHMADU et al., 2020; SENATHIRAJAH et al., 2021). Os MPs são frequentemente reconhecidos como um “coquetel de agentes contaminantes”, em razão de sua combinação com agentes pesticidas, fármacos, metais pesados, e outros poluentes emergentes presentes na água, no solo e no ar (FRED-AHMADU et al., 2020).

Recentemente, muitos estudos provaram que o solo é um sumidouro de MPs, e a presença dessas partículas no solo representa uma séria ameaça à saúde do solo (NG et al., 2018; BOOTS; RUSSELL; GREEN, 2019; YA et al., 2021). MPs afetam as propriedades físicas e químicas do solo (por exemplo, estrutura do solo e ciclagem de nutrientes), ameaçam as atividades vitais de microrganismos, animais e insetos, promovem alterações do desenvolvimento de plantas e atividades enzimáticas do solo (DE SOUZA MACHADO et al., 2019; RILLIG; LEIFHEIT; LEHMANN, 2021). Estudos anteriores mostraram que as principais fontes de MPs no solo são as águas de lavagem doméstica, produção agrícola, desgaste de pneus, resíduos urbanos e lixo doméstico (NIZZETTO; FUTTER; LANGAAS, 2016). Em países em que é comum a irrigação do solo com esgoto urbano, a abundância de MPs nos campos agrícolas irrigados é maior em comparação aos campos agrícolas irrigados sem esgoto, o que coloca esta atividade entre as fontes que adicionam MPs no solo (NIZZETTO; FUTTER; LANGAAS, 2016; VAN DEN BERG et al., 2020).

Notavelmente, MPs apresentam um comportamento de migração complexo em solos, tendo sido detectados em amostras de solo do mundo todo, chegando até em áreas remotas como regiões polares e montanhas (FENG et al., 2020). Uma vez que MPs penetram o solo, suas partículas permanecem migrando sob ação de fatores abióticos (porosidade, lixiviação, ciclagem de umidade, etc.) e fatores bióticos (microrganismos, minhocas, raízes, etc.) (ZHOU et al., 2020b; GAO et al., 2021).

O objetivo geral deste artigo é resumir a literatura existente sobre os efeitos da poluição

de MPs no solo, destacar e discutir seu comportamento de transporte, nível de poluição e os efeitos combinados dos MPs com outros poluentes na ecologia do solo.

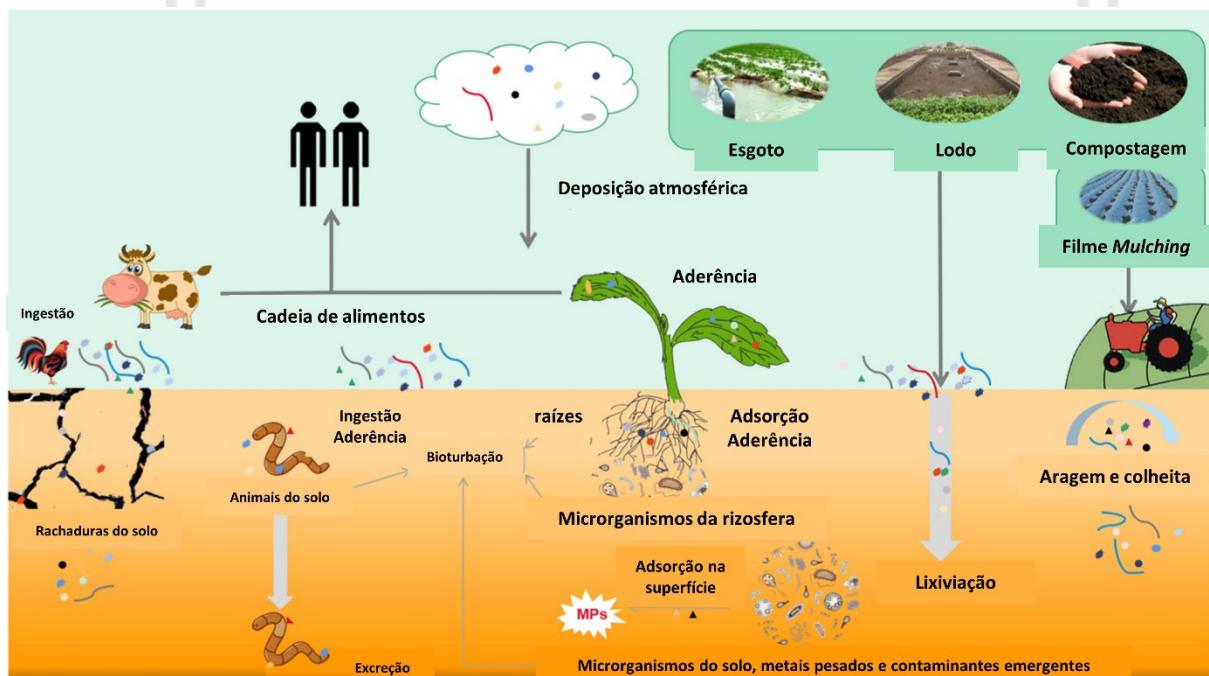
## FONTES DE EMISSÃO, OCORRÊNCIA E TRANSPORTE DE MICROPLÁSTICOS NO SOLO

Os MPs entram em contato direto com o solo como materiais em macroescala (fragmentos maiores oriundos do descarte de objetos plásticos) (WANG; ZHAO; XING, 2021) ou em microescala (por exemplo, cosméticos, produtos de higiene, fibras têxteis liberadas de lavagens domésticas e industriais, etc.) (LEI et al., 2017). Atualmente, as principais fontes de MPs no solo incluem a degradação de lonas plásticas usadas em algumas culturas (filme *mulching*), aplicação de fertilizantes orgânicos, fragmentos de pneus de borracha, e lixiviados de aterro de plásticos (QI et al., 2018; OKOFFO et al., 2021). O mercado global de plásticos agrícolas foi de 4 milhões de toneladas (US\$ 10,6 milhões) em 2016, com projeção de crescimento anual de 5,6% até 2030 (HUANG et al., 2020). Segundo Zhou et al. (2020a), a taxa de recuperação de filmes plásticos do tipo *mulching* é baixa (< 60%), isto é, cerca de 40% do plástico não recuperado permanece no solo sofrendo fotodegradação lenta, o que resulta na contaminação do solo. A aplicação de fertilizantes orgânicos é outra fonte importante de MPs, isto porque a produção de compostos de fertilização do solo podem conter em sua base de formulação cerca de até 1,2 gramas de polímeros sintéticos por quilo de produto (BLÄSING; AMELUNG, 2018; WEITHMANN et al., 2018). Além disso, os MPs também podem penetrar o solo por meio da irrigação de culturas com esgoto urbano (GAO; LI; LIU, 2020), grama artificial (por exemplo, campos de futebol, *playgrounds*, etc.) (LUO et al., 2021), e deposições de resíduos secos e úmidos da atmosfera (DRIS et al., 2016) (ver Figura 1).

A distribuição espacial de MPs no solo é extremamente desigual, apresentando diferenças regionais significativas. De acordo com Corradini et al. (2019), em uma região metropolitana do Chile, a abundância de MPs em campos agrícolas tratados sucessivamente com lodo ao longo de 10 anos, atingiu cerca de  $4,1 \times 10^4$  partículas de MPs/kg de solo. No entanto, somente 0,34 partículas de MPs/kg de solo foram detectadas em terras agrícolas no leste da Alemanha (PIEHL et al., 2018). Em geral, a maior concentração de MPs ocorre em estuários, litorais, regiões agrícolas, terrenos industriais e urbanos (GAO et al., 2021; ZHANG et al., 2022). Além disso, pesquisas apontam que podem haver diferenças na abundância de MPs em uma mesma região dependendo do uso do solo. Um estudo de caso na cidade de Yeoju, na República da Coreia, revelou que a abundância de MPs foi maior em solos de tráfego (1.108 partículas/kg de solo), seguido por solo agrícola (664 partículas/kg), residencial (500

partículas/kg) chegando a solos florestais daquela região (160 partículas/kg) (CHOI et al., 2021). No sentido da profundidade do solo (perfil vertical) a distribuição e abundância de MPs também variam muito. É sabido que os MPs se acumulam com maior facilidade nas camadas superiores do solo, devido aos motivos mencionados anteriormente (ZHANG et al., 2019). O contrário ocorre a medida que aumenta a profundidade, isto é, o conteúdo de MPs diminui com o aumento da profundidade e os tamanhos de partículas em solo profundo são geralmente menores (WANG et al., 2020).

**Figura 1:** Distribuição e migração de microplásticos no solo.



**Fonte:** Reproduzido com permissão de (YANG et al., 2022), direitos autorais 2022 Elsevier.

O solo é reconhecidamente um sumidouro de pequenas partículas, em razão de sua natureza terrosa capaz de se misturar facilmente a outros materiais. Apesar de não estarem evidentes ou visíveis a olho nu, muitos materiais misturados ao solo permanecem nesses ambientes e migram por distâncias longínquas com o auxílio de águas pluviais, fluviais e subterrâneas, bem como pelo vento, insetos e animais do solo. A porosidade livre do solo aliada a difícil degradação das micropartículas de plástico fornecem as condições ideais para a migração de MPs no solo. Os MPs no solo apresentam comportamentos de migração bastante complexos, pois as partículas não apenas migram verticalmente por ação da gravidade, flutuabilidade e efeitos de lixiviação, mas também migram horizontalmente, por longas distâncias (LI; SONG; CAI, 2020; LI et al., 2021; REN et al., 2021) (ver Figura 1). O

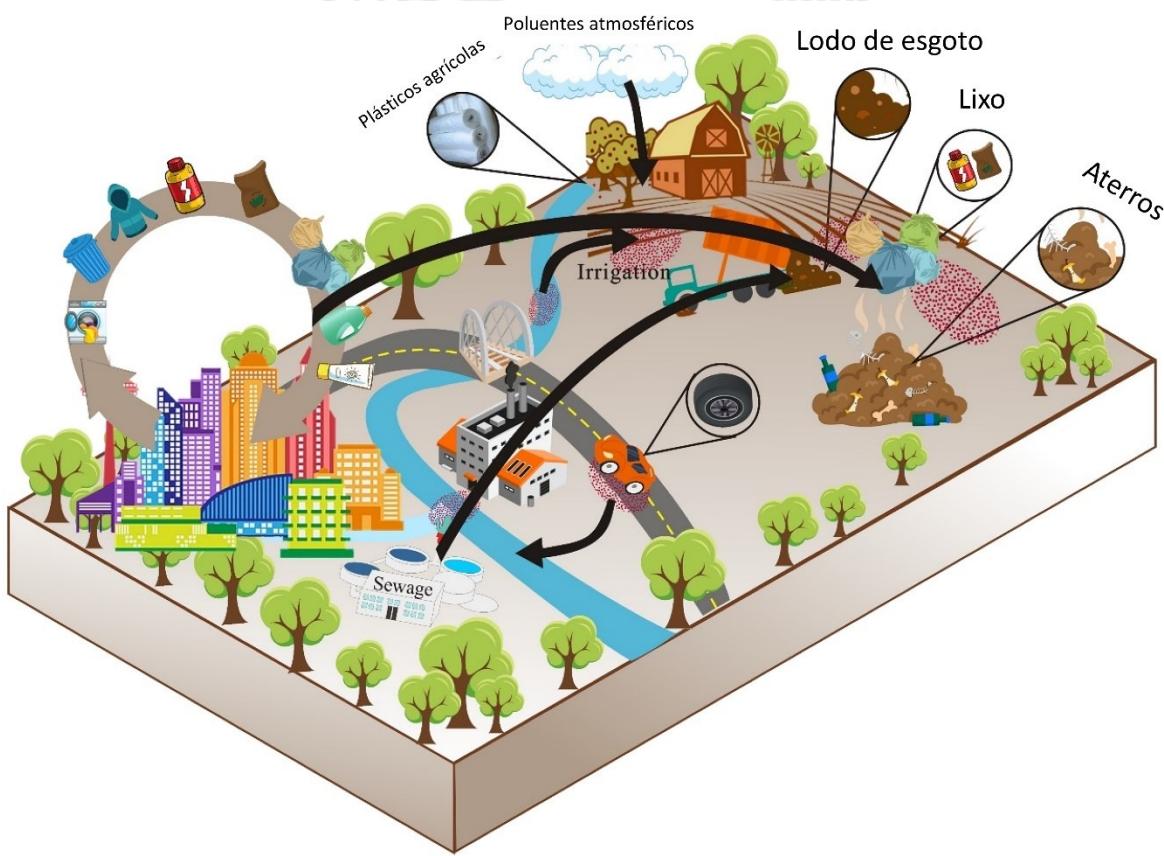
crescimento e as atividades de animais e insetos do solo (RILLIG; ZIERSCH; HEMPEL, 2017), o crescimento e transpiração das raízes das plantas (LI et al., 2021) e o fluxo microbiano (BRADNEY et al., 2019) também são considerados fatores que contribuem para a migração de MPs no solo.

## PRINCIPAIS IMPACTOS ECOLÓGICOS CAUSADOS POR MICROPLÁSTICOS NO SOLO

A presença de MPs no solo altera a estrutura e a densidade do solo, bem como os processos de evaporação e disponibilidade da água, nesse caso, a intensidade dos efeitos dependem dos tipos de MPs existentes (DE SOUZA MACHADO et al., 2019). MPs fibrosos de poliéster, por exemplo, podem alterar a porosidade do solo, mas não têm impacto significativo na densidade do solo e distribuição da água (ZHANG; ZHANG; LI, 2019). Em contrapartida, segundo Wan et al. (2019) MPs de polietileno de baixo tamanho de partícula (< 2 mm) em alta concentração (~ 1%), apresentam um impacto maior na taxa de evaporação da água do solo, aumentando a velocidade de evaporação em até 30,20%, indicando que a poluição microplástica pode ser atribuída como uma das causas de escassez de água no solo.

Além disso, de acordo com Zhang e Liu (2018), cerca de 72% dos MPs no solo estão intimamente ligados ao solo formando agregados, e o restante permanece disperso. Os autores afirmam que os MPs tendem a se agregarem com microagregados do solo contaminado, quando comparado a agregados grandes e pequenos, esse comportamento pode reduzir a estabilidade da estrutura do solo, facilitando episódios de erosão. A poluição por MPs também afeta a aeração e permeabilidade à água, podendo inclusive levar o solo a um estado de hipóxia (baixa concentração de oxigênio capaz de crescimento de plantas e microrganismos do solo) (KELLER; JIMENEZ-MARTINEZ; MITRANO, 2020). Apesar de diferentes pesquisas mostrarem resultados que apontem explicações para as complexas consequências da contaminação do solo por MPs, a influência dos MPs no transporte e retenção de água do solo ainda precisa ser mais explorada (Ver figura 2).

Figura 2: Principais fontes de microplásticos no solo.



Fonte: Reproduzido com permissão de (YANG et al., 2021), direitos autorais 2021 Elsevier.

A figura mostra a ocorrência de microplásticos na natureza oriundos das atividades humanas a partir dos mais diversos tipos de emissão. É possível observar o caminho das micropartículas até chegarem ao solo.

A poluição por MPs afeta diretamente o desenvolvimento da vida animal no solo em muitos aspectos, como tempo de vida, crescimento e taxa de sobrevivência (WANG et al., 2021). Em razão do baixo tamanho de partícula dos MPs, esses materiais podem ser facilmente ingeridos pela fauna do solo, e acumularem-se nesses organismos chegando a afetar a saúde humana por meio da cadeia alimentar (por exemplo, minhoca-galinha-humano) (HUERTA LWANGA et al., 2017). As minhocas são os principais animais de solos cultiváveis, e são particularmente afetadas pela poluição microplástica. Segundo Cao et al. (2017), os MPs de poliestireno (1% e 2% p/p) inibiram significativamente o crescimento de minhocas, sendo que concentrações de 2% exibiram efeito letal nas minhocas, o que foi atribuído principalmente ao fato de que a exposição aos MPs danificou seriamente o sistema de autodefesa das minhocas. Estudos mostram que microfibras plásticas (MFs) em concentrações de 0,14 a 0,71 g/kg de solo podem afetar a ingestão de alimentos e excreção de caramujos terrestres do tipo *Achatina*

*fulica*. Em uma pesquisa, 40% de caramujos *Achatina Fulica* em solo contaminado com MFs (0,7 g/kg de solo) apresentaram lesões na parede intestinal (SONG et al., 2019). Riling e Bonkowski (2018) constataram que os MPs podem afetar os protozoários do solo (por exemplo, amebas, flagelados e ciliados). Nos estudos de Lei et al. (2018) foram listados os efeitos adversos causados por MPs na taxa de sobrevivência, desenvolvimento, redução da expectativa de vida, neurotoxicidade e dano oxidativo de *Caenorhabditis elegans*. A co-exposição a micro(nano)plásticos e pesticidas organoclorados combinados produz toxicidade crônica em *Caenorhabditis elegans*, incluindo letalidade e inibição de crescimento (LI et al., 2020). Cabe ressaltar que os MPs por alterarem o habitat desses animais, acabam por afetar diretamente a função desses animais nos processos de adubação e fertilização.

Os MPs afetam diretamente a ciclagem de carbono (C) no solo de várias maneiras, consequentemente afetam o crescimento de plantas, a microbiota e os processos de decomposição da matéria orgânica (RILLIG; LEIFHEIT; LEHMANN, 2021). Uma pesquisa descobriu que a concentração de 5% (p/p) de MPs não tem efeito relevante no Carbono Orgânico Dissolvido (COD) do solo, mas concentrações em torno de 28% (p/p) de MPs presentes podem aumentar o teor de COD no solo em ~ 35%. Os pesquisadores atribuem esse fenômeno ao acúmulo de húmus no solo provocados pela existência de MPs em grandes concentrações (REN et al., 2020). A ciclagem do nitrogênio (N) no solo também pode ser afetada pelos MPs existentes (SEELEY et al., 2020). Rong et al.(2021) investigaram os efeitos de MPs de polietilenos de baixa densidade (PEBD) na ciclagem de N do solo, e os resultados mostraram que os MPs afetaram os genes funcionais de bactérias do solo envolvidas na ciclagem de N. Os impactos na ciclagem de N do solo interferem principalmente nos processos de nitrificação e desnitrificação, promovendo um desbalanceamento das reações por meio da emissão de N<sub>2</sub>O durante a nitrificação e inibição da emissão de N<sub>2</sub>O durante a desnitrificação (BARNARD; LEADLEY; HUNGATE, 2005). Em um estudo, a adição proposital de MPs no solo promoveu a fixação biológica de N da família *Burkholderiaceae* e *Pseudomonadaceae*, e na sequência, afetou o ciclo do N (FEI et al., 2020). Segundo Yan et al. (2021), os MPs também podem alterar o teor de fósforo (P) disponível no solo, por exemplo, a presença de poliestireno pode afetar o processo de absorção de P no solo (HE et al., 2021).

De acordo com Zhang et al. (2022), a presença de MPs no solo pode afetar diretamente o crescimento de plantas. Neste caso, a influência dos MPs ocorre em todo o processo de crescimento das plantas, causando uma variedade de defeitos desde a germinação das sementes, crescimento das raízes até o desenvolvimento e rendimento dos grãos (LAWREY et al., 2009). Pesquisas mostraram que MPs com diferentes concentrações (10<sup>3</sup>, 10<sup>4</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup> e

$10^7$  partículas/mL) e tamanhos de partículas (50, 500 e 4800 nm) inibiram a germinação de sementes de *Lepidium sativum*, tendo sido observado a diminuição na taxa de germinação com o aumento do tamanho das partículas de MPs. A razão para a inibição da germinação de sementes pode estar relacionada ao bloqueio físico dos estômatos por MPs, o que inibe a absorção de água e consequentemente o desenvolvimento da semente (LAWREY et al., 2009). Sabe-se que MPs dependendo do tamanho de partícula e NPs podem ser absorvidos pelas raízes das plantas e se acumularem na estrutura vegetal, causando alterações na membrana celular e estresse oxidativo ao migrarem das raízes para as partes aéreas (acima do solo) (SU et al., 2019; LUO et al., 2022), o que representa um risco a segurança alimentar.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão teve por objetivo apresentar um compilado de informações acerca da origem, distribuição, migração, transformação e efeitos ecológicos dos microplásticos no solo. A contaminação do solo com MPs ocorre por meio da degradação lenta de resíduos plásticos oriundos do descarte de dejetos urbanos, aplicação de insumos agrícolas, lixiviados de aterro, entre outras fontes derivadas de atividades humanas. O solo por suas características e propriedades intrínsecas atua como um sumidouro de MPs, se misturando intimamente a esses materiais. A porosidade do solo aliada a fatores externos e climáticos favorecem a migração de MPs para lugares longínquos, chegando a lugares remotos como montanhas e regiões polares. O acúmulo de MPs no solo apresenta riscos potenciais a saúde humana e as funções do ecossistema do solo. Com base nas literaturas revisadas, é possível concluir que ainda há uma lacuna nas pesquisas sobre os efeitos ecológicos dos MPs no solo. Os impactos diretos e indiretos de diferentes MPs (concentração, forma, tipo de polímero e biodegradabilidade) nos aspectos abióticos e bióticos do solo devem ser mais profundamente estudados para melhor avaliar os riscos ecológicos, de segurança alimentar e produção sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADY, A. L.; NEAL, M. A. Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 364, n. 1526, p. 1977–1984, 27 jul. 2009. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2008.0304>>.
- BARNARD, R.; LEADLEY, P. W.; HUNGATE, B. A. Global change, nitrification, and denitrification: A review. *Global Biogeochemical Cycles*, v. 19, n. 1, mar. 2005. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2004GB002282>>.
- BARROWS, A. P. W.; CATHEY, S. E.; PETERSEN, C. W. Marine environment microfiber contamination: Global patterns and the diversity of microparticle origins. *Environmental*

*Pollution*, v. 237, p. 275–284, jun. 2018. Disponível em:<<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.062>>.

BLÄSING, M.; AMELUNG, W. Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of The Total Environment*, v. 612, p. 422–435, jan. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969717320843>>.

BOOTS, B.; RUSSELL, C. W.; GREEN, D. S. Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: Above and Below Ground. *Environmental Science & Technology*, v. 53, n. 19, p. 11496–11506, 1 out. 2019. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b03304>>.

BRADNEY, L. et al. Particulate plastics as a vector for toxic trace-element uptake by aquatic and terrestrial organisms and human health risk. *Environment International*, v. 131, p. 104937, out. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412018329349>>.

CAO, D. et al. Effects of polystyrene microplastics on the fitness of earthworms in an agricultural soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, v. 61, p. 012148, abr. 2017. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/61/1/012148>>.

CARBERY, M.; O'CONNOR, W.; PALANISAMI, T. Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment International*, v. 115, n. April, p. 400–409, jun. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412017322298>>.

CARRINGTON, D. *Microplastics found in human blood for first time*. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/environment/2022/mar/24/microplastics-found-in-human-blood-for-first-time>>. Acesso em: 16 jun. 2022.

CHOI, Y. R. et al. Plastic contamination of forest, urban, and agricultural soils: a case study of Yeoju City in the Republic of Korea. *Journal of Soils and Sediments*, v. 21, n. 5, p. 1962–1973, 3 maio 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/10.1007/s11368-020-02759-0>>.

CORRADINI, F. et al. Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. *Science of The Total Environment*, v. 671, p. 411–420, jun. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004896971931366X>>.

DE SOUZA MACHADO, A. A. et al. Microplastics Can Change Soil Properties and Affect Plant Performance. *Environmental Science & Technology*, v. 53, n. 10, p. 6044–6052, 21 maio 2019. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b01339>>.

DRIS, R. et al. Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment? *Marine Pollution Bulletin*, v. 104, n. 1–2, p. 290–293, mar. 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X16300066>>.

ERIKSEN, M. K. et al. Quality Assessment and Circularity Potential of Recovery Systems for Household Plastic Waste. *Journal of Industrial Ecology*, v. 23, n. 1, p. 156–168, 2 fev. 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12822>>.

FEI, Y. et al. Response of soil enzyme activities and bacterial communities to the accumulation of microplastics in an acid cropped soil. *Science of The Total Environment*, v.

707, p. 135634, mar. 2020. Disponível em:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969719356293>.

FENG, S. et al. Analysis of microplastics in a remote region of the Tibetan Plateau: Implications for natural environmental response to human activities. *Science of The Total Environment*, v. 739, p. 140087, out. 2020. Disponível em:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004896972033607X>.

FRED-AHMADU, O. H. et al. Interaction of chemical contaminants with microplastics: Principles and perspectives. *Science of the Total Environment*, v. 706, p. 135978, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135978>.

GAO, D.; LI, X.; LIU, H. Source, occurrence, migration and potential environmental risk of microplastics in sewage sludge and during sludge amendment to soil. *Science of The Total Environment*, v. 742, p. 140355, nov. 2020. Disponível em:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969720338778>.

GAO, J. et al. Vertical migration of microplastics in porous media: Multiple controlling factors under wet-dry cycling. *Journal of Hazardous Materials*, v. 419, p. 126413, out. 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389421013789>.

HALE, R. C. et al. A Global Perspective on Microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 125, n. 1, 14 jan. 2020. Disponível em:  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2018JC014719>.

HE, Y. et al. Effect of microplastic particle size to the nutrients removal in activated sludge system. *Marine Pollution Bulletin*, v. 163, p. 111972, fev. 2021. Disponível em:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X21000060>.

HUANG, Y. et al. Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment. *Environmental Pollution*, v. 260, p. 114096, maio 2020. Disponível em:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749119362475>.

HUERTA LWANGA, E. et al. Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain. *Scientific Reports*, v. 7, n. 1, p. 14071, 26 dez. 2017. Disponível em:  
<http://www.nature.com/articles/s41598-017-14588-2>.

KELLER, A. S.; JIMENEZ-MARTINEZ, J.; MITRANO, D. M. Transport of Nano- and Microplastic through Unsaturated Porous Media from Sewage Sludge Application. *Environmental Science & Technology*, v. 54, n. 2, p. 911–920, 21 jan. 2020. Disponível em:  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b06483>.

LAWREY, J. D. et al. High concentration of basidiolichens in a single family of agaricoid mushrooms (Basidiomycota: Agaricales: Hygrophoraceae). *Mycological Research*, v. 113, n. 10, p. 1154–1171, out. 2009. Disponível em:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0953756209001348>.

LEI, K. et al. Microplastics releasing from personal care and cosmetic products in China. *Marine Pollution Bulletin*, v. 123, n. 1–2, p. 122–126, out. 2017. Disponível em:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X17307518>.

LEI, L. et al. Polystyrene (nano)microplastics cause size-dependent neurotoxicity, oxidative

damage and other adverse effects in *Caenorhabditis elegans*. *Environmental Science: Nano*, v. 5, n. 8, p. 2009–2020, 2018. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=C8EN00412A>>.

LESLIE, H. A. et al. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, v. 163, p. 107199, maio 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0160412022001258>>.

LI, H. et al. Vertical migration of microplastics along soil profile under different crop root systems. *Environmental Pollution*, v. 278, p. 116833, jun. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749121004139>>.

LI, J.; SONG, Y.; CAI, Y. Focus topics on microplastics in soil: Analytical methods, occurrence, transport, and ecological risks. *Environmental Pollution*, v. 257, p. 113570, fev. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749119335882>>.

LI, X. et al. Joint toxic effects of polystyrene nanoparticles and organochlorine pesticides (chlordan e and hexachlorocyclohexane) on *Caenorhabditis elegans*. *Environmental Science: Nano*, v. 7, n. 10, p. 3062–3073, 2020. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=D0EN00654H>>.

LIU, Y. et al. Uptake and translocation of nano/microplastics by rice seedlings: Evidence from a hydroponic experiment. *Journal of Hazardous Materials*, v. 421, p. 126700, jan. 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389421016654>>.

LUO, Y. et al. Quantitative tracing of uptake and transport of submicrometre plastics in crop plants using lanthanide chelates as a dual-functional tracer. *Nature Nanotechnology*, v. 17, n. 4, p. 424–431, 20 abr. 2022. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41565-021-01063-3>>.

LUO, Z. et al. Environmental occurrence, fate, impact, and potential solution of tire microplastics: Similarities and differences with tire wear particles. *Science of The Total Environment*, v. 795, p. 148902, nov. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721039747>>.

NG, E.-L. et al. An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems. *Science of The Total Environment*, v. 627, p. 1377–1388, jun. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718303838>>.

NIZZETTO, L.; FUTTER, M.; LANGAAS, S. Are Agricultural Soils Dumps for Microplastics of Urban Origin? *Environmental Science & Technology*, v. 50, n. 20, p. 10777–10779, 18 out. 2016. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.6b04140>>.

OKOFFO, E. D. et al. Plastic particles in soil: state of the knowledge on sources, occurrence and distribution, analytical methods and ecological impacts. *Environmental Science: Processes & Impacts*, v. 23, n. 2, p. 240–274, 2021. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=D0EM00312C>>.

PIEHL, S. et al. Identification and quantification of macro- and microplastics on an agricultural farmland. *Scientific Reports*, v. 8, n. 1, p. 17950, 18 dez. 2018. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41598-018-36172-y>>.

QI, Y. et al. Macro- and micro- plastics in soil-plant system: Effects of plastic mulch film

residues on wheat (*Triticum aestivum*) growth. *Science of The Total Environment*, v. 645, p. 1048–1056, dez. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718327219>>.

REN, X. et al. Effects of microplastics on greenhouse gas emissions and the microbial community in fertilized soil. *Environmental Pollution*, v. 256, p. 113347, jan. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749119336152>>.

REN, Z. et al. Microplastics in the soil-groundwater environment: Aging, migration, and co-transport of contaminants – A critical review. *Journal of Hazardous Materials*, v. 419, p. 126455, out. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389421014205>>.

RILLIG, M. C.; BONKOWSKI, M. Microplastic and soil protists: A call for research. *Environmental Pollution*, v. 241, p. 1128–1131, out. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749118309655>>.

RILLIG, M. C.; LEIFHEIT, E.; LEHMANN, J. Microplastic effects on carbon cycling processes in soils. *PLOS Biology*, v. 19, n. 3, p. e3001130, 30 mar. 2021. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pbio.3001130>>.

RILLIG, M. C.; ZIERSCH, L.; HEMPEL, S. Microplastic transport in soil by earthworms. *Scientific Reports*, v. 7, n. 1, p. 1362, 2 dez. 2017. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41598-017-01594-7>>.

RONG, L. et al. LDPE microplastics affect soil microbial communities and nitrogen cycling. *Science of The Total Environment*, v. 773, p. 145640, jun. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721007087>>.

SEELEY, M. E. et al. Microplastics affect sedimentary microbial communities and nitrogen cycling. *Nature Communications*, v. 11, n. 1, p. 2372, 12 dez. 2020. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41467-020-16235-3>>.

SENATHIRAJAH, K. et al. Estimation of the mass of microplastics ingested – A pivotal first step towards human health risk assessment. *Journal of Hazardous Materials*, v. 404, n. PB, p. 124004, fev. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124004>>.

SHARMA, M. D. et al. Assessment of cancer risk of microplastics enriched with polycyclic aromatic hydrocarbons. *Journal of Hazardous Materials*, v. 398, n. May, p. 122994, nov. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122994>>.

SONG, Y. et al. Uptake and adverse effects of polyethylene terephthalate microplastics fibers on terrestrial snails (*Achatina fulica*) after soil exposure. *Environmental Pollution*, v. 250, p. 447–455, jul. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749118349480>>.

SU, Y. et al. Delivery, uptake, fate, and transport of engineered nanoparticles in plants: a critical review and data analysis. *Environmental Science: Nano*, v. 6, n. 8, p. 2311–2331, 2019. Disponível em: <<http://xlink.rsc.org/?DOI=C9EN00461K>>.

VAN DEN BERG, P. et al. Sewage sludge application as a vehicle for microplastics in eastern Spanish agricultural soils. *Environmental Pollution*, v. 261, p. 114198, jun. 2020.

Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749119368708>>.

WAN, Y. et al. Effects of plastic contamination on water evaporation and desiccation cracking in soil. *Science of The Total Environment*, v. 654, p. 576–582, mar. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718344784>>.

WANG, C.; ZHAO, J.; XING, B. Environmental source, fate, and toxicity of microplastics. *Journal of Hazardous Materials*, v. 407, p. 124357, abr. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389420323475>>.

WANG, J. et al. LDPE microplastics significantly alter the temporal turnover of soil microbial communities. *Science of The Total Environment*, v. 726, p. 138682, jul. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969720321999>>.

WANG, Q. et al. Interactions between microplastics and soil fauna: A critical review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, p. 1–33, 21 maio 2021. Disponível em: <[www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2021.1915035](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2021.1915035)>.

WEITHMANN, N. et al. Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. *Science Advances*, v. 4, n. 4, 6 abr. 2018. Disponível em: <[www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aap8060](https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aap8060)>.

YA, H. et al. Recent advances on ecological effects of microplastics on soil environment. *Science of The Total Environment*, v. 798, p. 149338, dez. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721044119>>.

YAN, Y. et al. Effect of Polyvinyl Chloride Microplastics on Bacterial Community and Nutrient Status in Two Agricultural Soils. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 107, n. 4, p. 602–609, 16 out. 2021. Disponível em: <[link.springer.com/10.1007/s00128-020-02900-2](https://link.springer.com/10.1007/s00128-020-02900-2)>.

YANG, H. et al. Interactions of microplastics and main pollutants and environmental behavior in soils. *Science of The Total Environment*, v. 821, p. 153511, maio 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969722006039>>.

YANG, L. et al. Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk. *Science of The Total Environment*, v. 780, p. 146546, ago. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721016144>>.

ZHANG, G. S.; ZHANG, F. X.; LI, X. T. Effects of polyester microfibers on soil physical properties: Perception from a field and a pot experiment. *Science of The Total Environment*, v. 670, p. 1–7, jun. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969719311313>>.

ZHANG, M. et al. Microplastics from mulching film is a distinct habitat for bacteria in farmland soil. *Science of The Total Environment*, v. 688, p. 470–478, out. 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969719326762>>.

ZHANG, S. et al. A simple method for the extraction and identification of light density microplastics from soil. *Science of The Total Environment*, v. 616–617, p. 1056–1065, mar. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969717329339>>.

ZHANG, Z. et al. A critical review of microplastics in the soil-plant system: Distribution, uptake, phytotoxicity and prevention. *Journal of Hazardous Materials*, v. 424, p. 127750, fev. 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389421027199>>.

ZHOU, B. et al. Microplastics in agricultural soils on the coastal plain of Hangzhou Bay, east China: Multiple sources other than plastic mulching film. *Journal of Hazardous Materials*, v. 388, p. 121814, abr. 2020a. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304389419317686>>.

ZHOU, Y. et al. Microplastics in soils: A review of methods, occurrence, fate, transport, ecological and environmental risks. *Science of The Total Environment*, v. 748, p. 141368, dez. 2020b. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004896972034897X>>.

## A IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO PARA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL: UM ESTUDO DE CASO COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Milson dos Santos Barbosa<sup>1</sup>; Luma Mirely de Souza Brandão<sup>2</sup>; Isabela Nascimento Souza<sup>3</sup>; Acenini Lima Balieiro;<sup>4</sup> Danyelle Andrade Mota<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.376-389>

### RESUMO

As informações nutricionais contidas nos rótulos dos alimentos são parâmetros importantes para assegurar a qualidade nutricional e, consequentemente, fortalecer a segurança alimentar. Entretanto, essas informações normalmente são desconsideradas pelos consumidores. Nesse contexto, o presente estudo analisou a percepção de estudantes acerca das informações nutricionais nos rótulos dos alimentos e seu reflexo na segurança alimentar. Um questionário foi aplicado usado para recrutar 108 estudantes de uma escola privada e coletar informações relacionadas à compreensão das informações fornecidas nos rótulos dos alimentos. A maioria dos entrevistados (65,7%) tinha entre 14 e 18 anos. Um total de 80 (74,1%) alunos não leem os rótulos dos alimentos habitualmente, enquanto 66,7% não compreendem as informações dos rótulos das embalagens. Os entrevistados consideraram prazo de validade, o preço e a indicação de amigos como os três principais aspectos para induzir a comprar dos alimentos. Outrossim, os estudantes relataram que prazo de validade era a informação mais importante nos rótulos alimentícios. Os entrevistados consideravam a gordura (100%), quilocalorias (86,1%) e a proteínas (81,5%) como as informações nutricionais mais relevantes. Como pontos a serem melhorados nos rótulos das embalagens, os estudantes recomendaram que as informações devem ser apresentadas de forma mais didática a fim de facilitar a leitura dos rótulos, bem como incluir instruções nos locais de vendas para maior compreensão das embalagens dos alimentos. Com base das informações coletadas, nota-se que é mandatório a implementação a educação nutricional nas escolas brasileiras, a fim de fomentar a temática e promover uma mudança de compreensão e propiciar a efetivação da segurança alimentar e nutricional.

**Palavras-Chave:** Segurança alimentar, educação nutricional, rótulos.

### ABSTRACT

The nutritional information contained on food labels are important parameters to ensure nutritional quality and, consequently, strengthen food safety. However, this information is usually disregarded by consumers. In this context, the present study analyzed the students' perception of nutritional information on food labels and its impact on food safety. A questionnaire was applied used to recruit 108 students from a private school and collect information related to understanding the information provided on food labels. Most respondents (65.7%) were between 14 and 18 years old. A total of 80 (74.1%) students do not read food labels regularly, while 66.7% do not understand the information on packaging labels. Respondents considered shelf life, price and referral from friends to be the three main aspects to induce the purchase of food. In addition, students reported that expiration date was the most important information on food labels. Respondents considered fat (100%), kilocalories (86.1%) and protein (81.5%) as the most relevant nutritional information. As points to be improved on the packaging labels, the students recommended that the information should be presented in a more didactic way in order to facilitate the reading of the labels, as well as including instructions at the sales points for a better understanding of food packaging. Based on the information collected, it is noted that the implementation of nutritional education in Brazilian schools is mandatory, in order to promote the theme and promote a change in understanding and provide the effectiveness of food and nutritional security.

**Keywords:** Food safety, nutrition education, labels.

<sup>1</sup> Doutor em Engenharia de Processos, Universidade Tiradente - UNIT, [barbosamilson@hotmail.com](mailto:barbosamilson@hotmail.com)

<sup>2</sup> Mestra em Engenharia de Processos, Universidade Tiradente - UNIT, [luminhamyrele@gmail.com](mailto:luminhamyrele@gmail.com)

<sup>3</sup> Mestra em Engenharia de Processos, Universidade Tiradente - UNIT, [isabela\\_souza@hotmail.com](mailto:isabela_souza@hotmail.com)

<sup>4</sup> Doutora em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Sergipe – UFS - Campus Sertão, [acenini.balieiro.ufs@gmail.com](mailto:acenini.balieiro.ufs@gmail.com)

<sup>5</sup> Doutora em Biotecnologia Industrial, Universidade Tiradente - UNIT, [danyelle.mota@hotmail.com](mailto:danyelle.mota@hotmail.com)

## INTRODUÇÃO

O alimento é a matéria orgânica que contém nutrientes como carboidratos, proteínas, lipídios, vitaminas, fibras e sais minerais. Nesse contexto, os alimentos industrializados vieram para contribuir na variedade de alimentos, com adição de nutrientes essenciais. Por outro lado, a inserção de alimentos industrializados tem contribuído para o desequilíbrio alimentar do ser humano trazendo um aumento no consumo de gorduras e açúcares, conservantes artificiais, corantes e outras substâncias que podem comprometer a saúde dos consumidores.

Diante do exposto, a preocupação com os hábitos alimentares aumenta desde a década de 1980, principalmente devido à grande disponibilidade de alimentos industrializados, aliada à falta de tempo característica da sociedade contemporânea (Hickman, Gates e Dowdy, 1993). A alimentação e os hábitos alimentares das pessoas são definidos por inúmeros aspectos, como econômicos, políticos, culturais, éticos e dentre outros. As pessoas escolhem o que vão comer, por exemplo, baseado no próprio gosto, no valor do produto, na qualidade, no tempo disponível e dentre outros. Assim, cada um desses aspectos pode tanto proporcionar a segurança alimentar e nutricional, como também impossibilitá-la (Abrabgh, 2022).

Nessa perspectiva, o Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional foi desenvolvido com o intuito de assegurar a segurança alimentar e nutricional, bem como o direito humano a uma alimentação apropriada aos brasileiros. Na elaboração desse plano houve a preocupação em incluir a rotulagem de alimentos, em que importantes informações associadas a esta foram inseridas, são elas: a Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional (Caisan) fica responsável por monitorar projetos de lei que regulamentam a publicidade de alimentos, rotulagem nutricional, rotulagem de transgênicos, comercialização e publicidade em cantinas escolares e; a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) precisa disponibilizar por meio do seu portal eletrônico informações que ajudem a população a interpretar da forma certa a rotulagem de alimentos para que a população escolha alimentos saudáveis (BRASIL, 2017). A regulação da rotulagem dos alimentos, que fornece as informações que o rótulo deve apresentar, está a cargo da Anvisa (BRASIL, 2022a).

Os rótulos nutricionais dos produtos alimentícios são uma fonte essencial para os consumidores obterem informações nutricionais sobre os produtos alimentícios e parâmetros indicativos de qualidade e segurança do seu consumo (Christoph, An e Ellison, 2015; Temple e Fraser, 2014). O rótulo fornece informações sobre suas calorias por porção e calorias provenientes de gordura; lista a quantidade (em gramas) de gordura total, gordura saturada, colesterol, sódio, carboidrato total, fibra alimentar, açúcar e proteína. Para a maioria desses

nutrientes, o rótulo também mostra a porcentagem do valor diário (VD) fornecido por uma porção. Logo, o uso de rótulos de alimentos é um preditor significativo da qualidade da dieta (Mahdavi, Abdolahi e Mahdavi, 2012; Moreira et al., 2019). Assim, os rótulos dos alimentos, sem dúvidas, contribuem para que os alimentos sejam escolhidos adequadamente pela população, sendo importante para a segurança alimentar e nutricional.

A variedade de ícones e esquemas indicadores de nutrição alimentou a busca pelo desenvolvimento de critérios simples, padronizados e baseados na ciência para comunicar o conteúdo nutricional e a relativa salubridade dos produtos alimentícios (Smith Edge et al., 2014). A compreensão desses rótulos de alimentos é vital para comunicar uma dieta saudável e nutritiva e ajuda os consumidores a se recuperarem de doenças crônicas como insuficiência cardíaca e outras doenças, incluindo obesidade (Nyilasy et al., 2016).

Apesar da disponibilidade de grande número de dados que suportam a importância dos rótulos dos alimentos na saúde, resultados de estudos anteriores relataram falta de conhecimento sobre os rótulos dos alimentos (Mahdavi, Abdolahi e Mahdavi, 2012). Entretanto, embora os consumidores valorizem a nutrição ao decidir quais alimentos comprar, a informação nutricional nos rótulos dos alimentos é complexa e nem sempre corresponde ao seu potencial de comunicação eficaz (Miller e Cassady, 2015).

O mercado tem visto um aumento exponencial no uso diferente de rótulos de alimentos na frente da embalagem (do inglês *front-of-package*: FOP). O painel de informações nutricionais (do inglês *Nutrition Facts Panel*: NFP) fornece aos consumidores informações específicas de nutrientes mais detalhadas do que o FOP (Oswald, Adhikari e Mohan, 2022).

Nos últimos anos, vários novos designs de rótulos de nutrientes e formatos de exibição foram adotados em todo o mundo. Mais especificamente, os rótulos na FOP codificados por cores específicas de nutrientes parecem mais aceitáveis para os consumidores do que os rótulos NFP do tipo resumo (Grunert, Wills e Fernández-Celemín, 2010). O semáforo é um tipo de etiqueta FOP codificada por cores que incorpora esquemas de cores para indicar alto (vermelho), médio (laranja) ou baixo (verde) teor de gordura saturada, açúcar e sódio (e às vezes gordura total) (Oswald, Adhikari e Mohan, 2022).

Nesse cenário, o desenvolvimento da educação nutricional na Escola significa poder ampliar, aprofundar e aprimorar a avaliação da postura dos jovens diante da informação nutricional nos rótulos dos alimentos e de questões de saúde alimentar, e assim dispor de elementos para elaboração e desenvolvimento de propostas educativas de acordo com as realidades problemáticas (Kelly e Nash, 2021). Alguns currículos escolares exigem que os professores facilitem o desenvolvimento da alfabetização em saúde, embora poucos abordem

especificamente a alfabetização alimentar. Logo, é importante o desenvolvimento e a avaliação explícitos desses domínios nos currículos, com mudanças nas habilidades ou comportamentos baseados em alimentos (Kelly e Nash, 2021; Paakkari e Okan, 2019; Vamos *et al.*, 2020).

A partir do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a compreensão dos estudantes de uma escola privada sobre as formas de apresentação das informações nutricionais nos rótulos dos alimentos e seu reflexo na segurança alimentar.

## METODOLOGIA

A presente pesquisa apresenta um estudo de caso com uma natureza quali-quantitativa do tipo exploratória e descritiva a partir de um questionário estruturado autoaplicável. O trabalho foi desenvolvido no período de setembro a outubro de 2019, em uma escola privada localizada em Nossa Senhora da Glória-SE, abrangendo alunos do 1º ao 3º ano do ensino médio.

Os alunos foram convidados a participar da pesquisa, a qual teve os preceitos éticos respeitados pelo pesquisador, apresentando para todos os participantes uma declaração elaborada pela própria escola privada, incluindo os pais e responsáveis dos alunos com idade inferior a 18 anos. Com esses documentos, os alunos tiveram assegurado o direito de ter sua identidade em sigilo e os pais dos alunos informados sobre como e quais atividades os alunos desenvolviam no decorrer da pesquisa. Como também foi passado aos participantes os benefícios agregados à sociedade inerentes da pesquisa com embasamento científico.

As informações coletadas foram divididas da seguinte forma: Dados Sociodemográficos e Nível de Compreensão da Leitura dos Rótulos Alimentares. Os dados levantados foram tratados no programa do Microsoft Excel e os resultados foram apresentados em gráficos e tabelas, possibilitando assim uma melhor visualização dos mesmos, com construção dos perfis dos envolvidos no processo de investigação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 01 apresenta os dados sociodemográficos dos alunos entrevistados durante a elaboração do estudo. Entre os 114 questionários entregues, 6 questionários foram desconsiderados pela presença de informações incompletas. Com base nos 108 questionários considerados, 65,7% (n = 71) dos alunos entrevistados eram do sexo feminino, com a faixa etária entre 14 a 18 anos, cursando do primeiro ano ao terceiro ano do ensino médio. Ao se tratar da cor ou etnia, a maioria (n = 68; 63%) se declarou branco, seguido de pardos (n = 24; 22,2%) e negros (n = 12; 11,1%).

**Tabela 01:** Distribuição das frequências em relação as variáveis sociodemográficas dos alunos participantes da

pesquisa.

<b>Variáveis</b>	<b>Classificação</b>	<b>n (%)</b>
Série	1º ano	36 (33,3)
	2º ano	35 (32,4)
	3º ano	37 (34,3)
Sexo	Feminino	71 (65,7)
	Masculino	37 (34,3)
Cor / etnia	Branca	68 (63)
	Negra	12 (11,1)
	Parda	24 (22,2)
	Amarela	4 (3,7)
Idade (anos)	14	6 (5,6)
	15	28 (25,9)
	16	33 (30,6)
	17	31 (28,7)
	18	10 (9,2)
Escolaridade da mãe	Não alfabetizado	15 (13,9)
	Ensino Fundamental Incompleto	5 (4,6)
	Ensino Fundamental Completo	18 (16,7)
	Ensino Médio Incompleto	23 (21,3)
	Ensino Médio Completo	30 (27,8)
	Ensino Superior Incompleto	9 (8,3)
	Ensino Superior Completo	6 (5,6)
	Pós-graduação	2 (1,8)
Escolaridade do pai	Não alfabetizado	35 (32,4)
	Ensino Fundamental Incompleto	15 (13,9)
	Ensino Fundamental Completo	31 (28,7)
	Ensino Médio Incompleto	7 (6,5)
	Ensino Médio Completo	12 (11,1)
	Ensino Superior Incompleto	3 (2,8)
	Ensino Superior Completo	4 (3,7)
	Pós-graduação	1 (0,9)
Número de membros no domicílio	1-2	3 (2,8)
	3-4	77 (71,3)
	5-6	21 (19,4)
	Mais de 6	7 (6,5)
Renda familiar (Salário-Mínimo – SM)	< 1 SM	1 (0,9)
	1 – 2 SM	32 (29,6)
	2 – 3 SM	25 (23,2)
	3 – 4 SM	43 (39,8)
	> 4 SM	7 (6,5)

Fonte: Própria (2022).

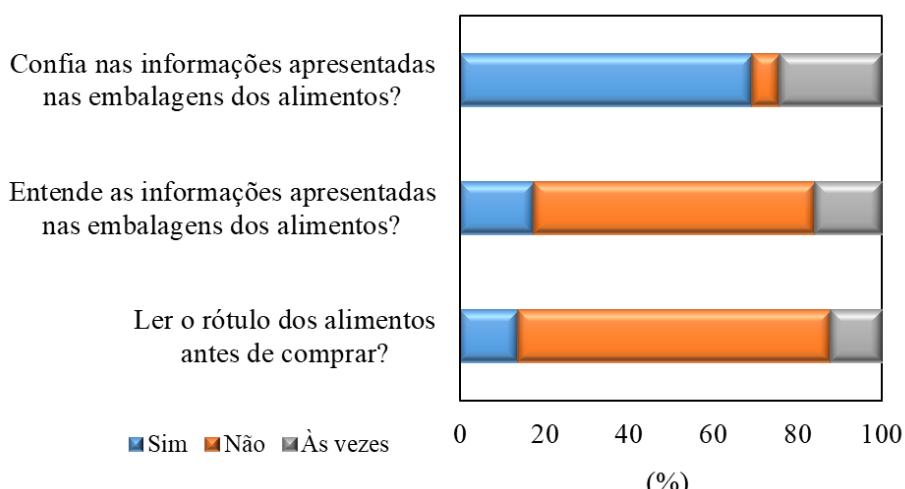
Quanto ao nível de escolaridade dos pais dos estudantes avaliados, o estudo destaca a prevalência da conclusão do ensino médio completo pelas mães (27,8%), enquanto a maior parte dos pais dos estudantes não foram alfabetizados (32,4%). Em relação ao número de

membros no domicílio, 71,3% dos entrevistados afirmaram que 3 a 4 pessoas residiam no mesmo domicílio. A renda mensal familiar declarada pelos estudantes se concentra na faixa de 3-4 salários-mínimos ( $n = 43$ ; 39,8%), seguida da faixa salarial de 1 a 2 salários-mínimos ( $n = 32$ ; 29,6%).

No que se refere à compreensão dos estudantes acerca dos rótulos alimentares, a Figura 01 mostra os resultados relacionados ao comportamento e padrão de ação de leitura das informações contidas nas embalagens dos alimentos. Os dados obtidos revelaram que 74,1% ( $n = 80$ ) dos estudantes entrevistados relataram que não possuem o hábito de leitura dos rótulos dos produtos alimentícios que consomem e 66,7% não compreendem as informações apresentadas nas embalagens. Entretanto, a maioria ( $n = 75$ ; 69,4%) confia nas informações apresentadas nas embalagens dos alimentos. Esse resultado diverge dos dados apresentados por Madilo *et al.* (2020), que descrevem que 63,2% dos consumidores acreditam que as informações dos rótulos dos alimentos não são confiáveis.

Esses resultados obtidos são bastante preocupantes, uma vez que ter o hábito de ler os rótulos e compreender as informações presentes neles é de suma importância para se obter alimentos mais saudáveis e para também promover a segurança alimentar e nutricional das pessoas. Esses resultados evidenciam a necessidade de haver educação nutricional nas escolas, a fim de proporcionar um consumo mais consciente, uma alimentação mais saudável e uma maior qualidade de vida. Somado a isso, os estudantes podem levar esses conhecimentos adquiridos dentro da sala de aula para casa, conscientizando sua família e promovendo hábitos mais saudáveis por meio da introdução de alimentos seguros, saudáveis e de quantidade e qualidade adequadas.

**Figura 01:** Compreensão dos estudantes acerca dos rótulos alimentares.



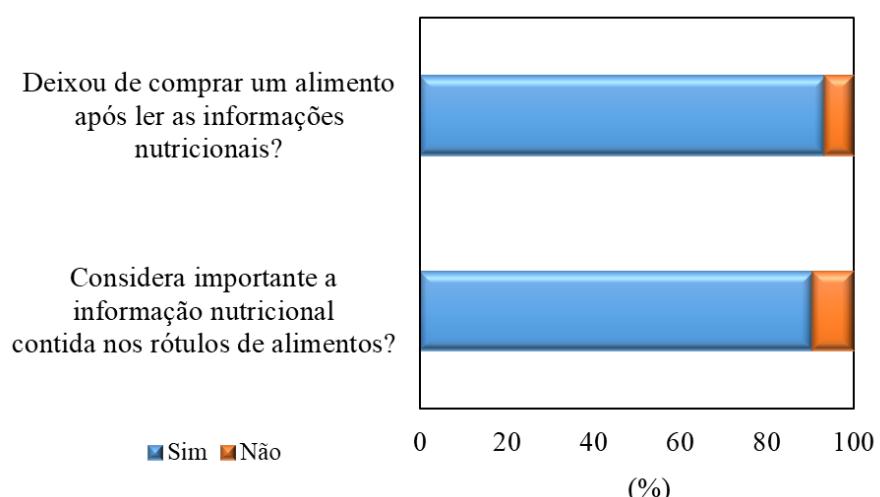
**Fonte:** Própria (2022).

Os resultados mostram que o hábito de leitura dos rótulos ainda é uma prática pouco exercida por grupos populacionais específicos, talvez esta evidência possa ser explicada, em parte, pela falta de entendimento. Nesse contexto, Souza *et al.* (2021) destacaram em sua pesquisa que cerca de 64% dos alunos não fazem a leitura dos rótulos, o que difere do resultado encontrado sobre o grau de entendimento sobre as informações descritas nas embalagens, o qual identificou que 62% dos alunos informaram que entendem as informações presentes nos rótulos.

No estudo de Christoph, An e Ellison (2015), o uso do rótulo nutricional foi associado a atitudes de alimentação saudável, crenças sobre a importância dos rótulos nutricionais na orientação da seleção de alimentos, autoeficácia e educação nutricional. O hábito de leitura dos rótulos deve ser incentivado e, ao mesmo tempo, usá-los como uma forma de educar os consumidores. Contudo, pesquisas no Brasil (Marins e Jacob, 2015; Souza *et al.*, 2021, 2011) e nos Estados Unidos e Canadá (Christoph, An e Ellison, 2015; Temple e Fraser, 2014) mostram que a maioria dos consumidores tem dificuldade em entender as informações fornecidas pelos rótulos de alimentos.

Conforme apresentado na Figura 02, a maior parte dos participantes (90,7%) considera importante as informações presentes nos rótulos dos alimentos, visto que 93,5% desses já deixaram de comprar algum produto após ler as informações nutricionais. No estudo de Madilo *et al.* (2020), 65,2% dos entrevistados indicaram que as informações nos rótulos dos alimentos são “muito importantes”, enquanto 30,7% consideram “importantes”, 3% responderam “não são importantes”, e 1,1% não souberam responder.

**Figura 02:** Relevância das informações contidas nos rótulos das embalagens de alimentos.

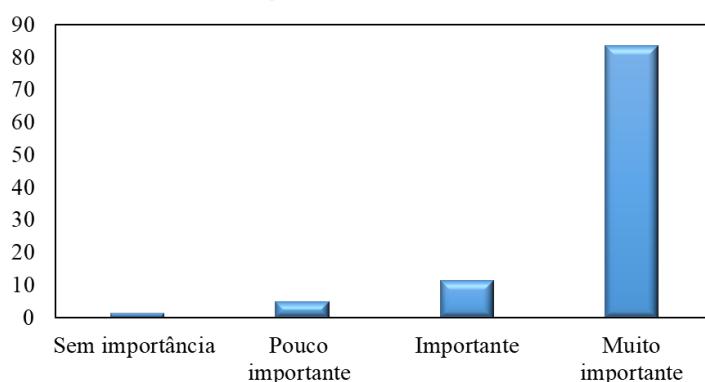


**Fonte:** Própria (2022).

Quanto a obrigatoriedade da rotulagem nutricional descrita na Figura 03, 83,3% dos estudantes entrevistados acham muito importante. Mesmo sendo um dos itens mais importantes dos rótulos dos alimentos, 5,5% dos entrevistados ainda acham que a informação nutricional é sem ou com pouca importância. Certamente, ainda existe a falta de conhecimento no que se refere a relevância das informações contidas nos rótulos, o que corrobora com os dados expostos na Figura 01.

**Figura 03:** Obrigatoriedade da rotulagem nutricional.

Considera importante a rotulagem nutricional ser obrigatória nos alimentos?

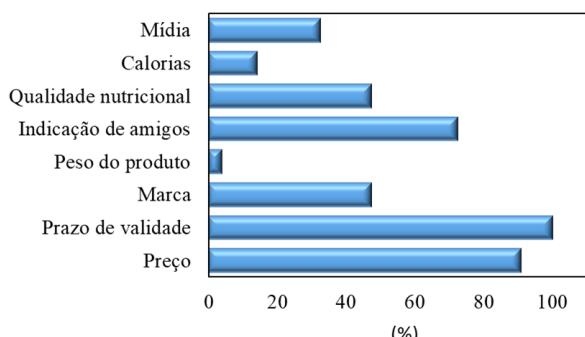


**Fonte:** Própria (2022).

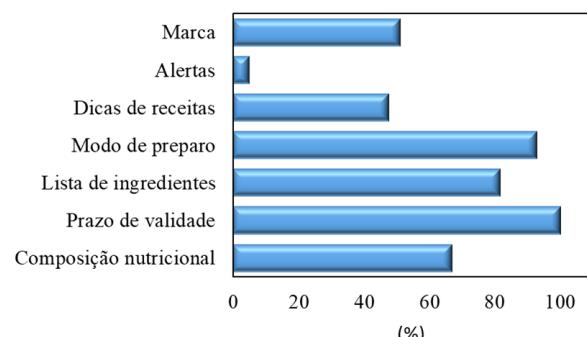
Outras questões avaliadas foram o que mais influência para a compra do alimento e qual a informação mais importante contida na rotulagem dos alimentos. Segundo os dados obtidos, o prazo de validade, o preço e a indicação de amigos são o fatores que exercem poder de influência para a compra do alimento (Figura 04(a)). Da mesma forma, o prazo de validade foi considerado a informação primordial nos rótulos dos alimentos (Figura 04(b)).

**Figura 04:** Compra de alimentos: (a) fator com maior poder de influência, (b) informação mais importante.

**(a)** O que mais influencia você no momento da compra de um alimento?



**(b)** O que você considera mais importante da rotulagem dos alimentos?

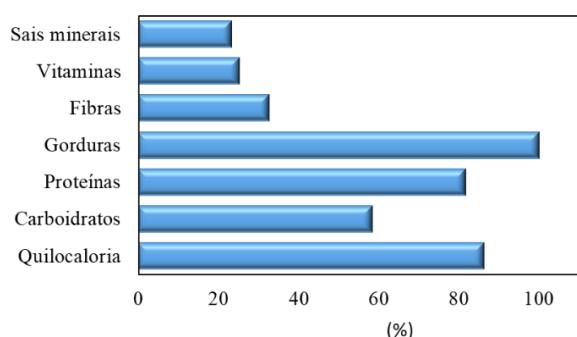


No estudo de Madilo *et al.* (2020) os entrevistados consideraram o prazo de validade (85,9%), data de fabricação (74,8%) e advertência sanitária (74,2%) como as três principais informações mais importantes nos rótulos dos alimentos, enquanto o valor/peso do produto (44,2%) foi considerado menos importante na escolha de determinados produtos alimentícios. Já no estudo de Mahdavi, Abdolahi e Mahdavi, (2012) 84% dos alunos consideraram o prazo de validade e as condições de armazenamento como fontes informativas mais importantes dos rótulos dos alimentos. No estudo de Madilo *et al.* (2020) os entrevistados mostraram a influência de programas/propagandas de televisão (91,3%), internet (87,3%) e amigos e vizinhos (82,1%) como fontes de conhecimento sobre informações de rótulos de alimentos. Diante desse contexto, fica evidente que é necessária uma maior atenção para a educação alimentar, especialmente no que se refere a importância da composição nutricional presente nas embalagens dos alimentos.

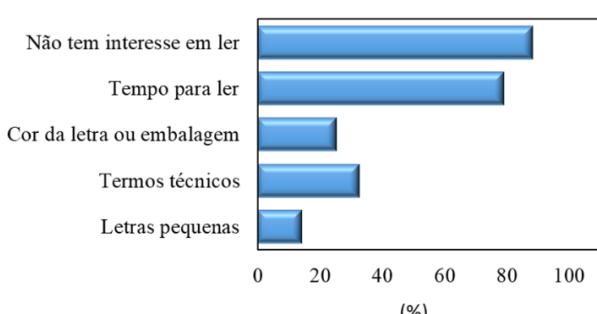
Quanto à opinião dos estudantes referente às informações nutricionais importantes na rotulagem expostas na Figura 05(a), a maioria dos consumidores considera que as principais informações são sobre gordura (100%), quilocalorias (86,1%) e proteínas (81,5%). No que se refere às dificuldades quanto ao entendimento dos rótulos dos alimentos, ou seja, de como estão dispostas todas as informações na embalagens alimentícias, os entrevistados classificaram que não tem interesse em ler (88%), como a maior justificativa, seguido do tempo para ler (78,7%), conforme pode ser observado na Figura 05(b).

**Figura 05:** Rótulo de alimentos: (a) item mais importante na tabela nutricional, (b) fator que causa maior dificuldade de leitura.

**(a)** Qual (is) item (s) mais importante da tabela de informação nutricional?



**(b)** O que mais dificulta a leitura dos rótulos dos alimentos?

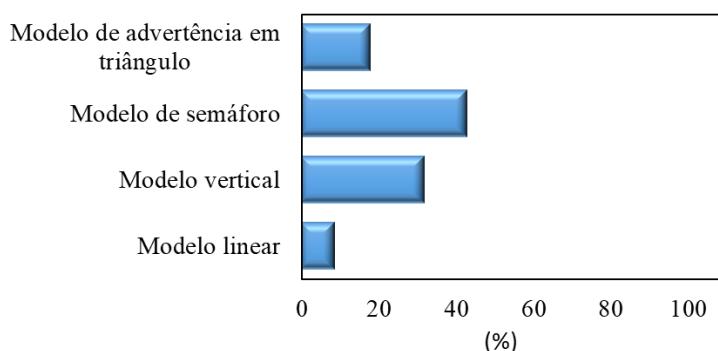


Ao questionar os estudantes referente ao modelo de rótulo de alimentos que fornece maior facilidade de compreensão, 42,6% dos entrevistados responderam que o modelo semáforo é o indicado (Figura 06). Hawley *et al.* (2012) e Temple e Fraser (2014) realizaram uma busca estruturada de estudos de pesquisa sobre uso do consumidor, compreensão,

preferência, percepção e comportamentos relacionados à etiquetagem de prateleira. Os resultados indicaram que o modelo de semáforos tem ajudado os consumidores de forma mais consistente a identificar produtos mais saudáveis.

**Figura 06:** Modelos de rótulo de alimentos.

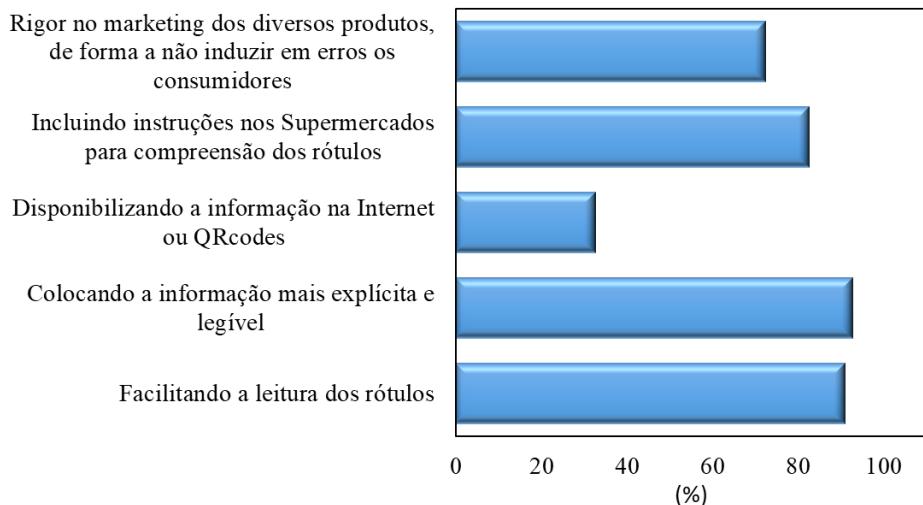
Qual modelo de rótulos de alimentos você acha mais fácil para entender as informações nutricionais?



Quando questionados acerca de que forma a indústria alimentícia poderia melhorar a rotulagem alimentar, a maioria dos estudantes acredita que colocando a informação mais explícita e legível (92,6%), facilitando a leitura dos rótulos (90,7%) e incluindo instruções nos supermercados para compreensão dos rótulos (82,4%). Pensando nessas melhorias, novas regras de rotulagem de alimentos foram criadas com o intuito de facilitar a compreensão dos consumidores. Essas novas regras, que entram em vigor a partir do dia 09 de outubro de 2022, trazem modificações na tabela de informação e nas alegações nutricionais. A melhoria solicitada pela maior parte dos alunos desse estudo é uma das alterações que vão ocorrer, no qual na tabela nutricional somente terá letras na cor preta e fundo branco, para evitar contraste que inviabilizem a legibilidade das informações. Além disso, essa tabela deverá estar perto da lista de ingredientes e em superfície continua. A maior novidade dessa nova regra é a rotulagem nutricional frontal, que foi pensada para que os consumidores identifiquem facilmente o elevado conteúdo de nutrientes que possuem importância para a saúde. Assim, uma lupa será utilizada para mostrar o elevado teor de açúcares adicionados, gorduras saturadas e sódios (BRASIL, 2022b).

**Figura 07:** Melhorias na rotulagem alimentar.

Como a indústria alimentícia poderia melhorar a rotulagem alimentar?



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho demonstrou a importância do entendimento das informações presentes nos rótulos dos alimentos, a fim de obter alimentos mais saudáveis e promover a segurança alimentar e nutricional, proporcionar melhor qualidade de vida.

Os resultados encontrados demonstraram que a maioria dos estudantes participantes da entrevista (74,1%) não tem o hábito de ler os rótulos dos produtos alimentícios que consomem. Quanto a dificuldade para compreender esses rótulos, mais de 88% dos estudantes disseram não ter interesse em ler e mais de 78% alegaram tempo para ler. Além disso, 42,6% dos estudantes acham o modelo semáforo de rótulos de alimentos mais fácil de compreender.

Apesar da maior parte dos alunos entrevistados não entender as informações presentes nos rótulos dos alimentos, confiam nessas informações. Mais de 90% dos alunos acham que essas informações são relevantes e mais de 83% consideram que a obrigatoriedade da rotulagem nutricional é muito importante. Por outro lado, cerca de 5,5% desses alunos acreditam que essas informações nutricionais são sem ou com pouca importância.

A maioria dos alunos acha que os fatores que exercem poder de influência para compra dos alimentos são o prazo de validade, o preço do produto e a indicação de amigos. Quanto a informação primordial presente nos rótulos dos alimentos, grande parte dos alunos acredita que seja o prazo de validade. Já no que diz respeito as informações nutricionais importantes presentes na rotulagem, o maior número de estudantes considerou gordura (100%), quilocalorias (86,1%) e proteínas (81,5%). Em relação a melhorias na rotulagem dos alimentos,

a maioria dos alunos acham que podem ser colocadas as informações de forma mais explícita e legível (92, 6%), facilitando a leitura dos rótulos (90,7%) e incluindo instruções nos supermercados para compreensão dos rótulos (82,4%).

Os resultados obtidos nesse trabalho deixaram claro a necessidade e a importância de implementar a educação nutricional nas escolas brasileiras, a fim de mudar esse cenário preocupante de desinformação e conscientizar esses estudantes acerca das informações presentes nos rótulos dos alimentos, proporcionando uma alimentação mais saudável, segura e de qualidade, além de promover a segurança alimentar e nutricional. Além da implementação da educação nutricional nas escolas, campanhas de conscientização nutricional e programas de educação podem ser mecanismos importantes para promover o uso de rótulos nutricionais entre estudantes e adultos jovens. É importante ressaltar que os aspectos evidenciados neste estudo não devem ser extrapolados a toda população brasileira.

## REFERÊNCIAS

ABRABGH. O direito humano à alimentação adequada e o sistema nacional de segurança alimentar e nutricional. Disponível em: <<http://www.nutricao.ufsc.br/files/2013/11/ApostilaABRANDHModulo1.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário. Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. 2017. Disponível em: <[https://fianbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/02/plansan\\_2016\\_19.pdf](https://fianbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/02/plansan_2016_19.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Rótulos de alimentos: orientações ao consumidor. Disponível em: <<https://bvsms.saude.gov.br/rotulos-de-alimentos-orientacoes-ao-consumidor/>>. Acesso em: 25 jun. 2022a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Rotulagem nutricional: novas regras entram em vigor em 120 dias. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2022/rotulagem-nutricional-novas-regras-entram-em-vigor-em-120-dias>>. Acesso em: 01 jul. 2022b.

CHRISTOPH, M. J.; AN, R.; ELLISON, B. Correlates of nutrition label use among college students and young adults: A review. **Public Health Nutrition**, v. 19, n. 12, p. 2135–2148, 2015.

GRUNERT, K. G.; WILLS, J. M.; FERNÁNDEZ-CELEMÍN, L. Nutrition knowledge, and use and understanding of nutrition information on food labels among consumers in the UK. **Appetite**, v. 55, n. 2, p. 177–189, 1 out. 2010.

HAWLEY, K. L. *et al.* The science on front-of-package food labels. **Public Health Nutrition**, v. 16, n. 3, p. 430–439, mar. 2012.

HICKMAN, B. W.; GATES, G. E.; DOWDY, R. P. Nutrition claims in advertising: A study of four women's magazines. **Journal of Nutrition Education**, v. 25, n. 5, p. 227–235, 1993.

KELLY, R. K.; NASH, R. Food Literacy Interventions in Elementary Schools: A Systematic Scoping Review\*. **Journal of School Health**, v. 91, n. 8, p. 660–669, 2021.

MADILO, F. K. *et al.* Self-reported use and understanding of food label information among tertiary education students in Ghana. **Food Control**, v. 108, p. 106841, 1 fev. 2020.

MAHDAVI, A. M.; ABDOLAH, P.; MAHDAVI, R. **Knowledge, Attitude and Practice between Medical and Non-Medical Sciences Students about Food LabelingHealth Promotion Perspectives.** [s.l: s.n.].

MARINS, B. R.; JACOB, S. D. C. Avaliação do hábito de leitura e da compreensão da rotulagem por consumidores de Niterói, RJ. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 0, n. 0, 2015.

MILLER, L. M. S.; CASSADY, D. L. The effects of nutrition knowledge on food label use. A review of the literature. **Appetite**, v. 92, p. 207–216, 1 set. 2015.

MOREIRA, M. J. *et al.* Evaluation of food labelling usefulness for consumers. **International Journal of Consumer Studies**, v. 43, n. 4, p. 327–334, 2019.

NYILASY, G. *et al.* Colour correct: The interactive effects of food label nutrition colouring schemes and food category healthiness on health perceptions. **Public Health Nutrition**, v. 19, n. 12, p. 2122–2127, 2016.

OSWALD, C.; ADHIKARI, K.; MOHAN, A. Effect of front-of-package labels on consumer product evaluation and preferences. **Current Research in Food Science**, v. 5, p. 131–140, 2022.

PAAKKARI, L.; OKAN, O. Health Literacy-Talking the Language of (School) Education. **HLRP: Health Literacy Research and Practice** •, v. 3, n. 3, 2019.

SMITH EDGE, M. *et al.* The impact of variations in a fact-based front-of-package nutrition labeling system on consumer comprehension. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 114, n. 6, p. 843- 854.e8, 2014.

SOUZA, R. B. M. *et al.* Compreensão de adolescentes sobre as informações nutricionais e suas formas de apresentação em rótulos de alimentos Understanding information and its forms of presentation on food labels. v. 12, n. 4, p. 154–170, 2021.

SOUZA, S. M. F. DA C. *et al.* Utilização da informação nutricional de rótulos por consumidores de Natal, Brasil. **Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health**, v. 29, n. 5, p. 337–343, 2011.

TEMPLE, N. J.; FRASER, J. Food labels: A critical assessment. **Nutrition**, v. 30, n. 3, p. 257–260, 1 mar. 2014.

TIAN, Y.; YOO, J. H.; ZHOU, H. To read or not to read: An extension of the theory of

planned behaviour to food label use. **International Journal of Consumer Studies**, v. 46, n. 3, p. 984–993, 2021.

VAMOS, S. *et al.* Making a Case for “Education for Health Literacy”: An International Perspective. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 17, 2020.

## **AVALIAÇÃO DOS HÁBITOS HIGIÊNICO-SANITÁRIOS NA MANIPULAÇÃO DE ALIMENTOS POR CONSUMIDORES DE NOSSA SENHORA DA GLÓRIA – SERGIPE**

## **EVALUACIÓN DE HÁBITOS HIGIÉNICO-SANITARIOS EN LA MANIPULACIÓN DE ALIMENTOS POR CONSUMIDORES DE NOSSA SENHORA DA GLÓRIA – SERGIPE**

Brígida Rayane Couto Silva <sup>1</sup>; Maria José Soares dos Santos <sup>2</sup>; Maria C. Couto de Oliveira<sup>3</sup>; Maycon Fagundes Teixeira Reis<sup>4</sup>; João Paulo Natalino de Sá <sup>5</sup>

**DOI:** <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.390-407>

### **ABSTRACT**

The World Health Organization (WHO) estimates that around 600 million foodborne illnesses occur annually. Many of these illnesses are associated with incorrect food safety and handling practices in the industrial or residential environment. And although consumers show concern with food safety, statistics show that during the purchase, handling, and storage of food, the necessary precautions to protect health are not noticed. In addition, aspects related to food hygiene and conservation, especially in the domestic environment, are often underreported and underreported in the literature. Still, they are no less important for public health since about 37% of DTA's in recent years registered in Brazil occurred in the domestic environment, evaluate habitshygienic-sanitary in food handling by consumers of Nossa Senhora da Glória – Sergipe. Interviews were conducted with 155 consumers aged between 18 and 74 through an online questionnaire carried out by the Google forms platform. The survey results indicated that around 70% of consumers interviewed in Nossa Senhora Glória (SE) demonstrated inadequate practices and care about hygiene, handling, and preservation of food in the home environment, especially concerning the hygiene of the food packaging surface. Therefore, disseminating knowledge about the importance of Good Handling Practices in the home environment and determining educational actions are essential for consumers to change their habits and perceptions about hygiene and food safety.

**Key words:** food safety, sanitation, food preservation.

### **INTRODUCTION**

Consumers have been increasingly concerned about quality and food safety. For this reason, issues such as proper hygiene, reliable production methods, and food safety have been factors with such great importance for deciding at the time of purchase. Regarding food quality

<sup>1</sup> Agroindustry, Universidade Federal de Sergipe, [brigida16@outlook.com.br](mailto:brigida16@outlook.com.br)

<sup>2</sup> Agroindustry, Universidade Federal de Sergipe, [mariasaores@academico.ufs.br](mailto:mariasaores@academico.ufs.br)

<sup>3</sup> Agroindustry, Universidade Federal de Sergipe, [Cristinacouto@academico.ufs.br](mailto:Cristinacouto@academico.ufs.br)

<sup>4</sup> Doctor in Food Technology, Universidade Federal de Viçosa, [mayconreis@academico.ufs](mailto:mayconreis@academico.ufs)

<sup>5</sup> Doctor in Food Technology, Universidade Federal de Viçosa, [ipsadesa@academico.ufs.br](mailto:ipsadesa@academico.ufs.br)

for consumers, product safety is always a determining factor since nonconformities can compromise their health (PINHEIRO et al., 2011).

Although different technologies are being developed to guarantee the supply of products exempted or counting within the safe limits of pathogenic microorganisms to consumers, some FBD outbreaks have frequently been recorded, making the consumer extremely aware of the processes of production and food sanitation (SILVA, 2018).

The study of consumer behavior has been critical to the food industry to get to know their consumption habits and perceptions, values, culture, and philosophy. Awareness in political, social, and environmental terms of the origin of food and its production processes has become even more extensive for Brazilian consumers. In addition, the increase in FBD has made many consumers reconsider the type of products bought and who they bought it from (CORREIA, 2017).

Thus, the present study aimed to understand the hygienic-sanitary habits of the consumers in Nossa Senhora da Glória, SE, in food handling in the home environment.

## THEORETICAL FOUNDATION

### **Nossa Senhora da Glória**

The territory of Alto Sertão Sergipano is located in the northwest region of the State of Sergipe, consisting of seven municipalities: Canindé de São Francisco, Gararu, Monte Alegre de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora de Lourdes, Poço Redondo and Porto da Folha (OLIVEIRA, 2015).

The municipality of Nossa Senhora da Glória stands out for its dairy production, producing about 322 thousand liters per day, highlighting itself as Sergipe's central milk production hub.

This productive stability has repercussions on the growing number of cheese factories and, consequently, on the more excellent production and marketing of artisanal cheese.

The family producers are responsible for a significant portion of the cheese market, contributing to increased job offers and income in rural properties (SILVA & SILVA, 2016).

That way, consumers are exposed to physical, chemical, and biological hazards that might affect their health by consuming food with low hygienic-sanitary conditions (JESUS et al., 2018).

The studies related to the diagnosis of hygienic-sanitary habits of consumers in Nossa Senhora da Glória regarding consumption and food manipulation in the home environment are

still relatively scarce, despite being a theme of great importance since in Brazil, the FBD outbreaks mainly occur in home environments (BRASIL, 2019).

### Food hygiene and sanitation

Food hygiene and sanitation are fundamental tools for maintaining food preservation, favoring the purchase of a product with good nutritional and sensory characteristics, and offering a product with high hygienic-sanitary standards that do not put the consumer's health at risk (COELHO, 2014).

The improvement of hygiene processes in food industries and residences has been a great need due, among other factors, to the development of new products, new technologies of processing, consumer requirements, and public FBD reports, especially those of bacterial origin (FONSECA, 2017).

Sanitation is divided into two well-defined steps: cleaning and sanitizing. Cleaning has its primary purpose: removing organic, inorganic, or mineral waste, whereas sanitizing has the primary function of the inactivation of pathogenic microorganisms and decreasing the deteriorating count to safe levels (LOPES, 2018).

The fundamental steps of the cleaning process include pre-rinse, detergent application, and rinse (ANDRADE, 2008).

Pre-rinse is responsible for removing about 90% of water-soluble waste, such as carbohydrates. Water temperature should be around 40°C because if it is above 60°C, protein denaturation may occur; if below 40°C, fat solidification occurs (ANDRADE, 2008).

Subsequently, washing is performed with the application of alkaline and acid detergents to remove organic waste and mineral salts from the surfaces (LOPES, 2018).

Although detergents (alkaline or acids) used in the cleaning step may remove and decrease the microbial load present on the surface, these chemical compounds are not capable of inactivating them to an appropriate counting, being required for the sanitizing step to be performed (LOPES, 2018).

The sanitizing step has as its primary function the inactivation of pathogenic microorganisms that were not eliminated in the cleaning action and should be performed right before equipment or utensils. Once after the cleaning step, there might be a multiplication of undesirable microorganisms that have not been eliminated yet or even new contamination on the surface (ANDRADE, 2008).

The sanitizing step is performed by applying physical and chemical methods. Heat and radiation are the most commonly used biological agents (SILVA et al., 2010).

The consumer's sanitizing process in the food preparation happens through some physical methods. Most consumers use heat for food sanitizing by immersing the product in boiling water at around 80°C. This method removes pathogenic microorganisms more efficiently but cannot be used in all kinds of foods as it can interfere with the physical and sensory characteristics (LOPES, 2018).

Chemical sanitizing is performed with sanitizing agents consisting of chemicals. The most known for controlling microorganisms are chlorinated compounds and alcohols, especially for home use (LOPES, 2018).

### Foodborne Diseases (FBD)

The World Health Organization (WHO) estimates that 600 million FBD occur annually due to incorrect safety and food handling practices (RODRIGUES et al., 2020).

FBD can be understood as a clinical manifestation generated by the intake of water or foods contaminated by pathogenic microorganisms. Ingestion of these contaminants can lead to severe risks to the consumer's health (intoxication or food infection) and be a challenge for public health (FERRARI & FONSECA, 2019).

FBD might be caused by different biological agents, such as bacteria (*Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli*); parasites (*Entamoeba histolytica*, *Toxoplasma*, *Cryptosporidium parvum*); viruses (Hepatitis A, *Norwalk virus*, *Rotavirus*, etc.), fungi (*mycotoxins*) and toxins produced by specific microorganism (botulinum toxin, aflatoxin, etc.) (ANDRADE, 2008).

The major diseases caused by the ingestion of this microorganism and microbial toxin vehicle are infection, infection, and food intoxication (SANTOS, 2019).

Among the main contributing factors for the occurrence of FBD outbreaks, highlighted the food manipulators themselves, with inadequate personal hygiene practices, use of raw materials contaminated in raw food preparations, failures in the hygiene processes of utensils and equipment used in the preparation of food and use of low-quality water (SANTOS, 2019).

According to the Ministry of Health of Brazil (2019), in 2018 were reported 503 FBD outbreaks, with 6,803 patients, 731 hospitalized, and 9 FBD-related deaths. The main etiological agents responsible for FBD in Brazil are *E. coli*, *Salmonella spp*, *S. aureus*, *Coliforms*, *Shigella spp*, *B. cereus*, and *Clostridium perfringens* (BRASIL, 2019).

According to the Ministry of Health (MS), in Brazil, the distribution of outbreaks occurs mainly in residences, with 37.2% of the recorded cases. Secondly, the restaurants, bakeries, or

similar, with 16.0% of the records of occurrences (BRAZIL, 2019), although in practice, this percentage should be higher due to the sub-notification of cases and FBD outbreaks in Brazil.

Sub notification is the lack of information about a compulsory notification disease, a complex reality faced throughout the Brazilian territory, especially in the north and northeast of Brazil. This problem generates high unnecessary costs and weakens the public health system, causing damage and insufficiency in disease prevention and control measures (MEGDA et al., 2013).

## METHODOLOGY

### Location of the study

The study was conducted from April 2021 to July 2021 through an online survey by the Google Forms platform to evaluate the hygienic-sanitary habits of food manipulators in a home environment in Nossa Senhora da Glória, Sergipe.

### Identification and characterization of consumers

Developed the study with the participation of consumers from different social classes aged 18 to 74 years old, who had the habit of preparing food in their residences.

According to available data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), the city of Nossa Senhora da Glória (SE) had a population of 22,664,000 people aged between 18 and 74 years old in the last census of 2010. The number of consumers surveyed was calculated according to the equation system proposed by Barbetta (2002):

$$n0 = \frac{1}{Eo^2} = \text{ (Equation 1)}; n = \frac{N \cdot n0}{N+n0} \text{ (Equation 2)}$$

Where: n: size of corrected sample; N: population size; n0: first approximation to the actual size of the sample; E0: acceptable sample error. Considering the margin of error of 8%, there is the first approximation of the actual size of the sample from Equation 1 and Applying this data to Equation 2, was possible to calculate the size of the corrected sample, n= 155 consumers.

### Survey questionnaire

A previously structured questionnaire (survey type) with 29 objective and dissertation questions was elaborated for assessing hygienic-sanitary habits during food manipulation applied to handlers from 18 to 74 years old in the city of Nossa Senhora da Glória (SE). The questions included the age group, degree of education, family income, hand hygiene habits, type of food conservation, fruits, vegetables, and utensils cleaning process, among others.

## RESULTS AND DISCUSSION

In between the 155 individuals interviewed, 70.3% (n = 109) were female and 29.7% (n = 46) male. Similar results were reported by Amorim (2019) in research on the perception of hygiene and food safety of handlers from the Southeast and Northeast of Brazil, where approximately 70% of participants were female, regardless of the researched state. This highest incidence of female respondents in comparison to males in research on food handling might be related to the fact that women tend to engage in food handling activities, as they are traditionally responsible for their preparation in a home environment (ABUD, 2021).

Regarding the degree of education, it was possible to observe a greater prevalence of individuals with completed middle education (42.6%) (n = 66) compared to other levels of education.

In the research conducted by Pagotto et al. (2018) on the knowledge, attitudes, and practices of food handlers from Vitória, ES, the authors reported that 52% of respondents had completed middle school, a similar percentage to the value found in our study.

There is a linear relationship between the educational level of food handlers and the adoption of Good Practices, i.e., a low level of knowledge culminates in bad attitudes, because when handlers fail on personal, food, or environmental hygiene, it increases the risk of contamination, which may favor the development of pathogenic microorganisms and, consequently, compromise the consumer's health (DEVIDES et al., 2014).

Regarding family income, 47.7% (n = 74) of respondents declared monthly income up to 1 minimum wage (R\$ 1,045), 25.2% (n = 39) declared monthly income up to 2 minimum wages (R\$ 2,080), 8.4% (n = 13) 2 to 4 minimum wages (R\$ 2,090 to R\$ 4,180), 2.6% (n = 4) 4 to 10 minimum wages (R\$ 4,180 to R\$ 10,450), 3.2% (n = 5) from 10 to 20 minimum wages (R\$ 10,450 to R\$ 20,900) and 12.9% of respondents (n = 20) preferred not to respond.

Different results were demonstrated in the study of Ferrari and Fonseca (2019) on the knowledge of consumers of Espírito Santo regarding FBD, where 37.0% of interviewed declared monthly income between 3 and 4 minimum wages. The inequalities of incomes observed in both studies may be related, but not limited, to the public policies that shape them, with different dynamics and standards in the regions of Brazil, involving different configurations and characteristics of social welfare (CAVALCANTE, 2020), especially when comparing other geographical areas, such as Southeast and Northeast, where it is possible to find the highest incomes in the South and Southeast and lowest income in the North and Northeast regions (AMORIM, 2019).

From the data collected, it was observed that approximately 86% (n = 134) of the

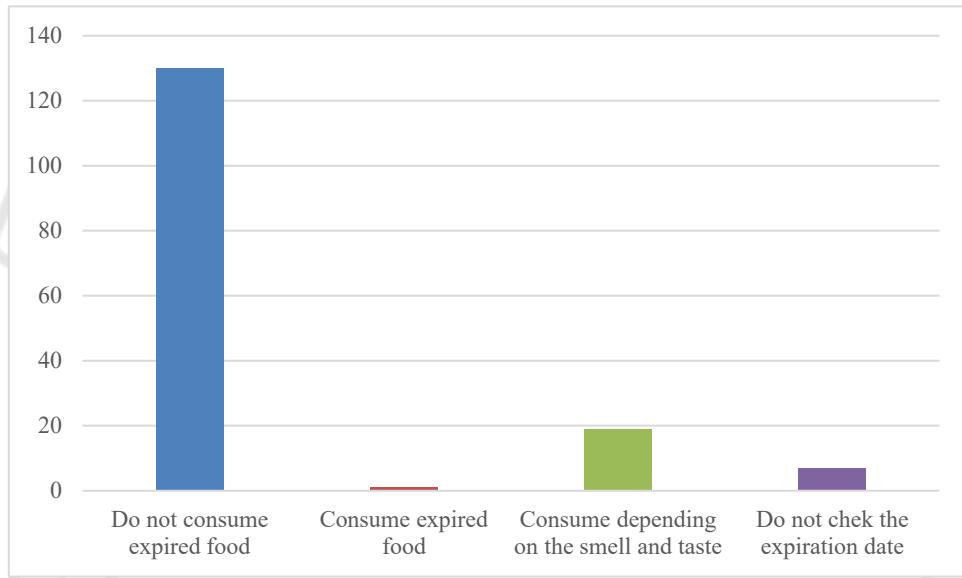
interviewed people answered that they had the habit of preparing or consuming food at home.

In the study of Amorim (2019), the author reported similar values to that found in our research, where about 90% of respondents attested to preparing food at home. The results reinforce the official data of the Ministry of Health (MS), which reports that, in Brazil, between 2010 and 2018, the distribution of BFD outbreaks occurred mainly at residences, with 37.2% of cases registered (BRASIL, 2018).

In this context, it is of great importance to improve hygienic-sanitary control actions in food from the home environment to reduce risks of FBD's in these environments (PAGOTTO et al., 2018).

Regarding the consumption of foods after the expiration date, most consumers (83.9%; n = 130) have stated they do not consume expired food, whereas 4.5% (n = 7) of the interviewees have said they do not check the expiration date on the food packaging. (Figure 1).

**Figure 1** – Absolute frequency of verifying expiration date on the food packaging in Nossa Senhora da Glória, SE.



**Source:** Elaborated by the authors.

They reported similar results in the study of Faria and Bonnas (2018), where the authors registered that approximately 71% of respondents attested that expiration date is one of consumers' most critical food safety aspects.

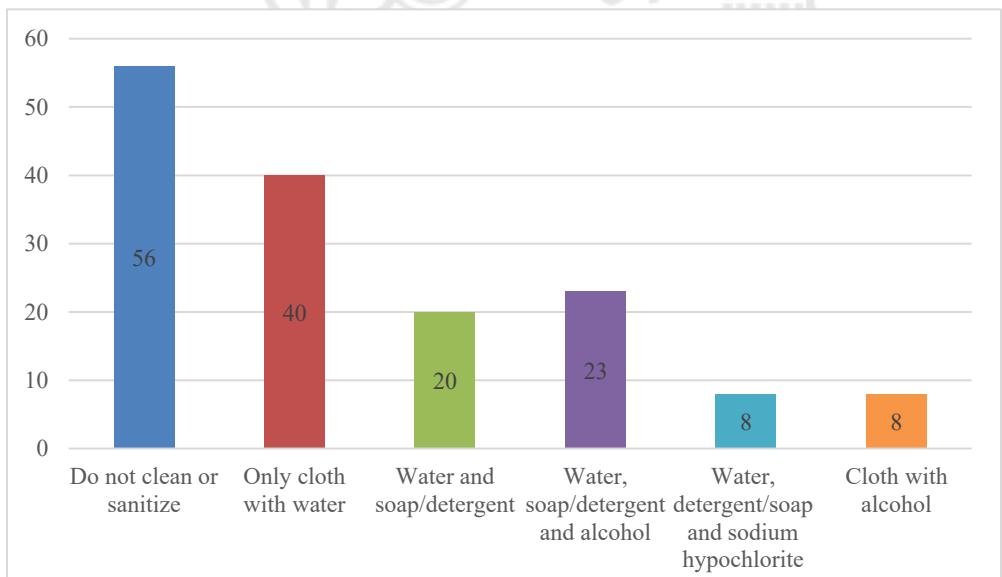
In another study conducted in the States of São Paulo and Rio de Janeiro by Andrade et al. (2013), the authors observed that the most outstanding consumer concern, regardless of the surveyed state, was related to the expiration date of the food. Still, in the same study, it was highlighted that 65% of respondents observed if the product had any altered color, smell,

and consistency characteristics.

The shelf life is an essential tool that establishes the time by which the product can be safely consumed without causing any harm to the consumer's health (BRESSAN and TOLEDO, 2020). It is not always that changes in sensory characteristics of food are the most accurate way to evaluate safety for consumption, making the expiration date a critical tool to ensure food intake with no potential risks to any consumer.

Regarding surface sanitation of food packaging after purchase, 36.1% (n = 56) of the interviewees answered that they did not clean or sanitized the packaging. On the other hand, 25.8% (n = 40) of respondents reported using only cloth with water, 12.9% (n = 20) claimed to use water and soap/detergent, 14.8% (n = 23) described to use water, soap/detergent and alcohol 70%, 5.2% (n = 8) revealed to sanitize the packaging of foodstuffs with detergent/soap, water and sodium hypochlorite and 5.2% (n = 8) of the interviewees said they used cloth with 70% alcohol (Figure 2).

**Figure 2** – Absolute frequency of food consumers/handlers performing sanitation process on packaging food in Nossa Senhora da Glória, SE.



**Source:** Elaborated by the authors.

The probability of contamination and microbial growth in materials used for food packaging is mainly due to the absence of Good Hygiene Practices, which may favor the migration of contaminating microorganisms from the packaging to the food. (SILVA et al., 2015).

The study conducted by Duboc (2013) on the evaluation of the chemical and microbiological quality of food packaging, had found that from 120 samples analyzed, 52.8% presented mesophile aerobic bacteria counts higher than 30 CFU/cm<sup>2</sup>, recommended maximum

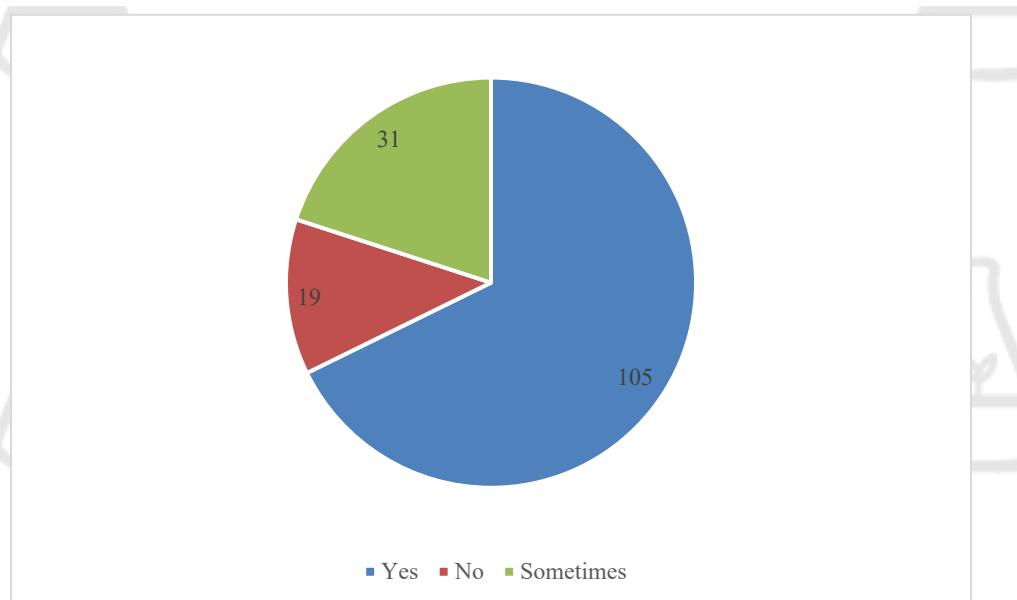
value for the American Public Health Association (APHA).

Hygienic-sanitary conditions of the exposed environments influence contamination of packaging. It may vary according to the exposure time (DUBOC, 2013), so the sanitation of food packaging is an important step that should not be neglected, especially in the domestic environment.

Food packaging sanitizing in the domestic environment can be performed, for example, with sodium hypochlorite solution for glasses, cans, and rigid plastics packaging. For flexible packaging, sanitizing can be achieved with 70% alcohol and paper towels. This is an essential step for removing or inactivating microorganisms present on food packaging surfaces that might be related to FBDs and even inactivating other agents not associated with FBD but interesting from the public health point of view. One is Sars-CoV-2, the virus that causes Covid-19 (KAMPF et al., 2020).

Regarding fruits and vegetables, it was possible to testify that 68% ( $n = 105$ ) of consumers claimed to clean these food matrices before storing them in the fridge. In comparison, 20% ( $n = 31$ ) of the interviewees answered to do it sometimes, although 12% ( $n = 19$ ) reported that they did not perform any hygiene steps at all (Figure 3).

**Figure 3** - Frequency of sanitation of fruits and vegetables before being stored in the fridge by consumers in Nossa Senhora da Glória.



**Source:** Elaborated by the authors.

The environments where vegetables are exposed, such as supermarkets, fairs, and horticulture, are areas that can have a large circulation of people who come into contact with food and surfaces. Thus, the cleaning of vegetables after purchase and before storing them in

an appropriate place in a domestic environment is an essential tool to minimize possible risks to consumers' health.

Among the 67.7% ( $n = 105$ ) of respondents who performed periodically or eventually the hygiene of vegetables and fruits, 40% ( $n = 62$ ) claimed to use only water. In comparison, 35.5% ( $n = 55$ ) mentioned using water and bleach for fruits and vegetables. Another 22 people (14.2%) reported using soap/detergent and water, while 6.5% ( $n = 10$ ) of respondents said they used water, soap/detergent, and bleach.

Santos et al. (2012) have warned that mainly fresh vegetables, especially leafy vegetables, are a potential source of pathogenic microorganisms, contributing to the increase in FBD cases.

To avoid FBD, it is imperative to implement Good Manipulation Practices in the domestic environment. One of the keys to this procedure is the sanitation of fruits, regular vegetables, and leafy vegetables (SANTOS et al., 2021).

For adequate sanitation, the vegetable must be firstly rinsed, which is the most common practice performed in households. Effectiveness in rinsing operation should be complemented by using sanitizing solutions, aiming for the reduction and elimination of microorganisms present in those foods, and mandatory procedures for foods that will be consumed raw (CHAVES et al., 2016).

Of the interviewees using bleach to sanitize fruits and vegetables, only 31.6% ( $n = 49$ ) reported having the habit of checking the product label, while most respondents, 63.9 % ( $n = 99$ ), said not having the habit of reading the bleach label and verifying if it could be used for food sanitation.

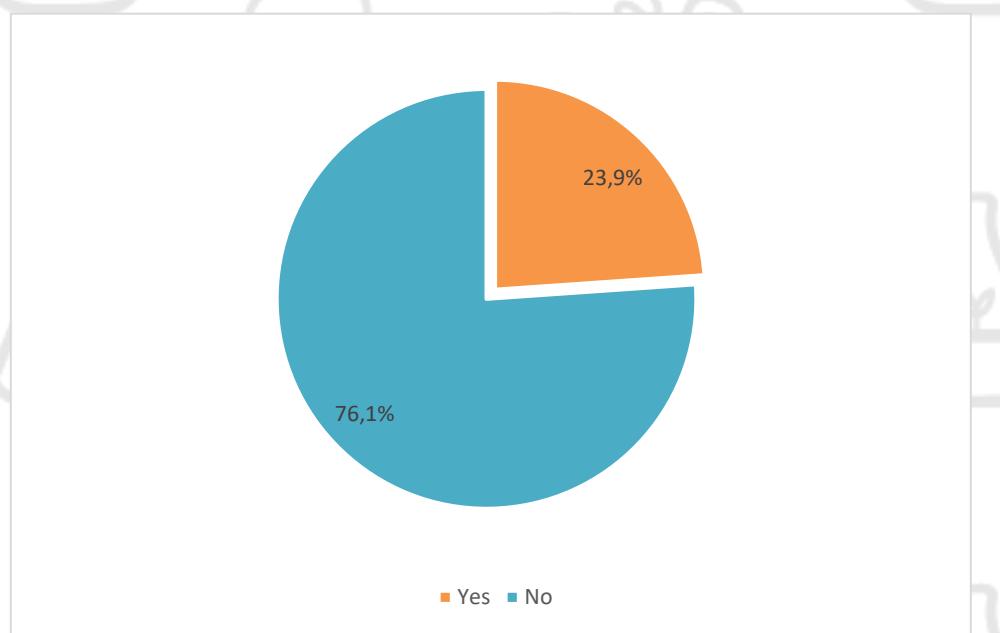
It is recommended that consumers better check the label of sanitizers used for the hygiene of fruits and vegetables once there is such critical information on it about measures to be taken, adequate dilution, application mode, and storage conditions (SILVA, 2016).

It is essential to highlight that the correct dilution of the sanitizing solution to be used is paramount for effective bactericidal or bacteriostatic action of chlorinated inorganic compounds, such as bleach, since it generally has a pH close to 11.5, being, under this pH value, inefficient against pathogenic microorganisms (SANTOS et al., 2020).

For this reason, it is essential to perform the dilution of this compound properly, so there is the formation of hypochlorous acid (HClO), which is the active compound responsible for the inactivation of contaminating microorganisms that may be present in a given food matrix (SANTOS et al., 2020).

Regarding the habit of consumers rinsing the eggs, it was possible to verify that 23.9% (n = 37) of the interviewees have answered that they do it often, and 76.1% (n = 118) stated they do not do it at the home environment before storing them (Figure 4)

**Figure 4** – Relative frequency of consumers in Nossa Senhora da Glória that has the habit of rinsing the eggs before storing them.



**Source:** Elaborated by the authors.

Similar results were reported in Fortunato, and Vicenzi (2014) at consumers' residencies in Caxias do Sul, the Rio Grande do Sul, where the authors registered that 77.5% of interviewed consumers attested not to rinsing the eggs before storing them.

The correct guidance, as per the GMP of food, is that the rinsing of the eggs must be performed only when the dust is apparent once this procedure might generate harm to the microscopic pellicle present at the egg shell surface, allowing the entry of harmful bacteria, such as *Salmonella* (FORTUNATO; VICENZI 2014).

Records of contamination in different levels in fresh eggs by *Salmonella* spp. are pretty often (CAMPELLO, 2012; SÁ et al., 2015; CHEMALY et al., 2009; COSTA et al., 2016).

Costa et al. (2016) reported that egg contamination often occurs through the shell, as the moisture, time, and storage temperature are essential factors responsible for bacterial migration. Therefore, fresh egg rinsing should be avoided.

Among the interviewed consumers, 56.2% (n = 87) answered that they stored the leftovers of warm food on the refrigerator shelves. In comparison, 29.7% (n = 46) answered they leave them at room temperature, on the stove or the table, for example. On the other hand,

11% of consumers ( $n = 17$ ) reported storing warm food leftovers in the freezer, while 1.9% ( $n = 3$ ) claimed to keep them on the stove until cooling down and then in the fridge. Only 0.6% ( $n = 1$ ) of the interviewees reported discarding the leftovers.

In a study by Motta et al. (2014), the authors showed that about 38% of participants answered that they left the leftovers on the stove or the countertop. The authors warn that such practice results in an increased risk of microbial growth, causing damage to consumers' health that ingests it. Among the factors that enable the proliferation of microorganisms, the cause most mentioned during FBD outbreaks was the prolonged time of food exposure at room temperature (AMORIM, 2019).

In this context, the idea is to store the leftovers under refrigeration in the shortest possible time interval, especially in cities with high temperatures, such as Nossa Senhora da Glória. The higher the temperature, the higher the speed of microbial multiplication and, consequently, the higher risk of FBD.

By analyzing hand sanitation, it was found that 76.1% ( $n = 118$ ) of the interviewees had washed their hands before saving their purchases upon the supermarket arrival. In addition, 75.5% ( $n = 117$ ) answered they have washed their hands before manipulating or consuming the food, while 80.6% ( $n = 125$ ) reported sanitizing them with soap/detergent and water.

Similar results were found by Souza et al. (2011), where the authors observed that 92% of respondents had presented the habit of sanitizing their hands right before consuming food, and 66% answered that they had used soap and water to wash their hands.

According to Oliveira et al. (2015), hand hygiene in running water, the use of neutral detergents, and 70% alcohol reduce the presence of most microorganisms in the hands of food handlers.

Ponath et al. (2016), when assessing the sanitization of the hands of food manipulators in five establishments in Ji-Paraná, Rondônia, found that all samples collected from the handler's hands presented an out-of-standard level recommended for counting *Staphylococcus aureus*.

*S. aureus* constantly inhabits the nasopharynx of the human being and can easily contaminate the hands of individuals and then food. This fact becomes a risk to consumers' health since this bacteria has a high degree of pathogenicity because they produce a staphylococcal enterotoxin, which is responsible for causing outbreaks of intoxication by FBD. (JESUS et al., 2018).

When asked about the use of 70% alcohol on hands before and after attending food seller's establishments, it was possible to verify that 85.2% ( $n = 132$ ) of respondents answered

they had used alcohol as a sanitizer. In comparison, 12.9% ( $n = 20$ ) claimed to use 70% alcohol only in certain occasions.

Alcohol is among the safest antiseptics due to its low toxicity, immediate microbicide effect, and ease of application (OLIVEIRA et al., 2015).

According to RDC ANVISA Number 216/2004 (BRAZIL, 2004), hands' sanitization is intended to reduce the microorganisms present on the skin by hand washing, followed by 70% alcohol usage or other antiseptic agents. In addition, the handlers' hands should be cleaned before and after attending the establishments, before and after the handling of food, after the use of toilets, when touching contaminated materials, and whenever necessary (OLIVEIRA et al., 2015).

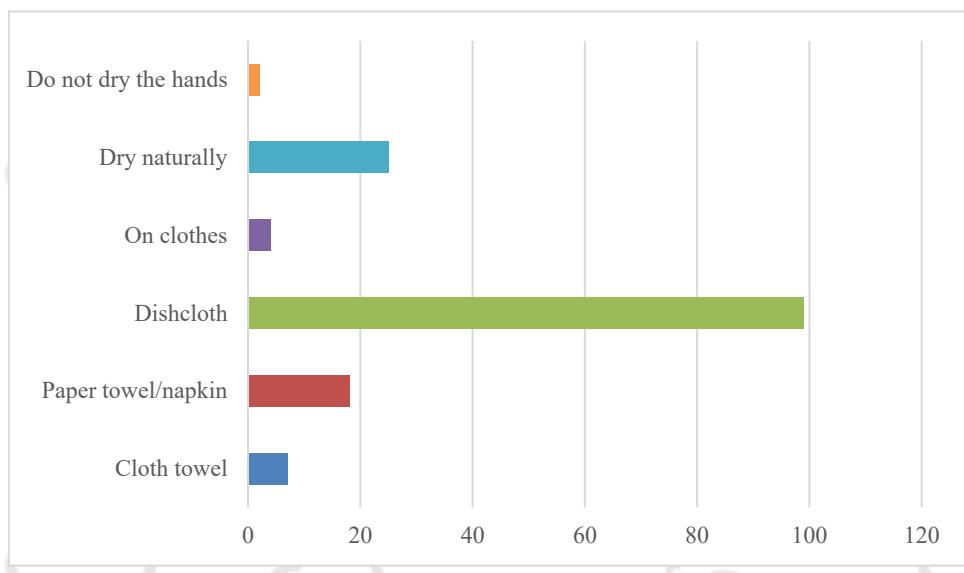
Importantly different studies have demonstrated the efficiency of 70% alcohol for hands' sanitization (ROSADO e SILVA 2016; WIRZBICKI et al., 2012; QUEIROZ et al., 2010).

According to the study by Oliveira et al. (2015), the use of 70% alcohol in handlers' hands in a fruit processing agribusiness was able to inactivate the total coliform count to 0 MPN/mL, by the technique of the most probable number. The authors stated that, due to adequate sanitization, the sanitized hands did not have any possible risk of contamination.

Thus, the correct hygiene of hands in the domestic environment, right before manipulating food, is a crucial tool for minimizing possible microbiological contamination from hands to food.

Regarding the drying of the hands after sanitation, approximately 63.9% ( $n = 99$ ) of the interviewees claimed to dry their hands on a cotton cloth (dishcloth) (Figure 5).

**Figure 5** – Absolute frequency of profile of drying hands at home environment after the cleaning executed by manipulators in Nossa Senhora da Glória.



Source: Elaborated by the authors.

Fortunato described similar data, and Vicenzi (2014) in a survey conducted in Caxias do Sul, RS residences. The authors reported that 71.3% of manipulators dry their hands on the dishcloth. With this result, it is possible to attest that few manipulators are aware of the correct form of drying their hands, which would be the use of paper towels or napkins since the microbiological count on dishcloths (fabric) are often high and can quickly disseminate pathogenic microorganisms to other surfaces, utensils and even to other foods (MARTINS et al., 2020).

In this context, according to the results obtained, it was possible to attest that the lack of research and investments in Brazil with the standardized methodology that investigates food manipulation practices in the domestic environment is still an obstacle to the planning of public health actions aimed the sanitary education of the population.

In addition, the relationship between hygiene practices described and analyzed by consumers of Nossa Senhora da Glória has shown that knowledge about hygienic-sanitary conditions in food manipulation in the domestic environment showed a high frequency of nonconformities, demonstrating that the planning of educational actions for society regarding Good Practices of Food Handling at home environment can represent an important strategy to minimize the high percentage of FBD-related outbreaks in such environment, thus enabling the transportation, preparation, consumption, and storage of different food matrices, way more conscious and safe when performed by well-oriented food handlers.

## CONCLUSION

The knowledge about hygienic-sanitary practices in food handling in the domestic environment is insufficient by most interviewees, especially regarding the hygiene of the surfaces of food packaging, transportation of refrigerated foods from market establishments to home and the drying methods for the hands. Facing this scenario, it is recommended that projects and educational actions be developed, focusing on the consumer and home environment, so that the necessary information might be disseminated throughout the society to provide significant changes in consumers' habits and thus ensure that food consumption at domestic environment will be safely performed.

## REFERENCES

- ANDRADE, N. J. **Higiene na indústria de alimentos: avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos.** São Paulo, pg 412. 2008.
- ANDRADE, Juliana Cunha de et al. Percepção do consumidor frente aos riscos associados

aos alimentos, sua segurança e rastreabilidade. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 184-191, Sept. 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjft/a/G6NXXPM79sRRX78HKm6xb8t/?lang=pt>>. Acesso em 29 de julho 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232013005000023>.

**AMORIM, C. M. Percepção de higiene e segurança de alimentos por consumidores das regiões Sudeste e Nordeste do Brasil.** 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. 2019.

**ABUD, H. B. Percepção dos manipuladores domésticos de alimentos em relação às cinco chaves para uma alimentação mais segura, segundo a OMS.** 2021. 99 f. Dissertação (Pós-Graduação em Epidemiologia Experimental e Aplicada às Zoonoses) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade de São Paulo. 2021.

**BRASIL.** Ministério da Saúde. **Surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos no Brasil** 2019.

**BARBETTA, P. A. Estatística Aplicada às Ciências Sociais**, Cap. 3 Ed. UFSC, 5<sup>a</sup> Edição, 2002.

**BRASIL.** Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)>. Acesso em: 12 de agosto de 2021.

BRESSAN, F., TOLEDO, G. L. Influência da data de validade nas decisões de compra e consumo de produtos alimentícios. **Gerenciales**, v. 36, p. 439–453, 2020.

**CAMPELLO, P. L. *Salmonella spp. Em ovos brancos para consumo humano.*** 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrarias e Veterinária, 2012.

CHEMALY, M.; HUNEAU-SALAUN, A.; LABBE, A.; HOUDAYER, C.; PETETIN, I.; FRAVALO, P. Isolation of *Salmonella* enterica in laying-hen flocks and assessment of eggshell contamination in France. **Journal of Food Protection**, v. 72, n. 10, p. 2071–2077, 2009.

COSTA, V. da R., PAIVA, A. N., BERENCHTEIN, B., LEHMKUHL, Â. M. Da S., SANTOS, A. N. de A., MOLENEDO, R. R. C. Avaliação microbiológica em ovos comerciais lavados e não lavados. **Rev. Cient.**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2016.

**COELHO, N. R. A. Noções de higienização na indústria de alimentos,** 2014. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/mlaura/files/2014/02/Higieneiza%C3%A7%C3%A3o-na-ind%C3%BAstria-de-alimentos.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2021.

CHAVES, Q. DA S., SILVA, T. C., SÁ, R. L., FORTUNA, J. L. (2016). Avaliação De Métodos Para Higienização De Alface (Lactuca Sativa L. Var Crispa) **Evaluation Of Methods For Sanitation Lettuce** <https://docplayer.com.br/53070113-Avaliacao-de-metodos-para-higienizacao-de-alface-lactuca-sativa-l-varcrispa-evaluation-of-methods-for-sanitation-.pdf>

[lettuce.html](#).

**CORREIA, P. S. O comportamento do consumidor aderente as práticas de alimentação do movimento slow Food.** Brasília, 2017. 83 p. Monografia (bacharelado) – Universidade de Brasília, Departamento de Administração.

**CAVALCANTE, P. A questão da desigualdade no brasil: como estamos, como a população pensa e o que precisamos fazer.** Brasília, setembro de 2020.

DEVIDES, G. G. G.; MAFFEI, D. F.; CATANOZI, M. DA P. L. M. Perfil socioeconômico e profissional de manipuladores de alimentos e o impacto positivo de um curso de capacitação em Boas Práticas de Fabricação TT - Socioeconomic and professional profile of food handlers and the positive impact of a training course on. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 2, p. 166–176, 2014.

**DUBOC, P. P. Avaliação da qualidade química e microbiológica da superfície de embalagens de alimentos de contato direto com a boca no momento do consumo.** 2013. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos, Rio de Janeiro, 2013.

**FERRARI, A. M.; FONSECA, R. V.** Conhecimento de consumidores a respeito de doenças transmitidas por alimentos. **Unesc em revista**, v. 3, n. 1, p. 1–12, 2019.

**FONSECA, E. L. A. Relatório de estágio – procedimento de higienização da câmara frigorífica da usina-escola do IFRN/CN**, 2017. (Nota técnica).

**FARIA, A. M.; BONNAS, D. S.** Boas práticas de manipulação e sua importância na produção dos alimentos seguros na perspectiva dos consumidores. **Curso da pós graduação em controle de qualidade de produtos alimentícios do IFTM- Campus Uberlândia**. p. 1-14, 2018.

**FORTUNATO, L. H.; VICENZI, K.** Conhecimento sobre prática de higiene na manipulação de alimentos em residências de Caxias do Sul-RS. **Revista UNINGÁ Review**, Maringá, v. 17, n. 1, p. 42-47, 2014.

**JESUS1, J. DE; REIS5, M. DOS S. T. I. A. DE O.; JUNIOR4, F. N. M. J. E. DA S.** Avaliação microbiológica do queijo requeijão comercializado no município de Nossa Senhora da Glória-Se. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente , Aracaju**, v. 7, n. 1, p. 17–26, 2018.

**MARTINS, G. C. G. DIBO, M. Marzolla, P. I. Nakazato, G. Marçal, W. S.** Avaliação da qualidade microbiológica dos panos de prato utilizados em açougues de Londrina e Região. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.14, n.3, p. 1 – 13, 2020

**KAMPF, G. et al.** Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. **The Journal of Hospital Infection**, v. 104, n. 3, p.246–251, 2020.

**LOPES, C. S. S. Levantamento da eficacia dos procedimentos de higienização em uma indústria de alimentos derivados de amendoim.** 2018. 47 f. Monografia (Especialização em Qualidade e Segurança de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Santo Antônio da Patrulha.

MOTTA, S. P. O. et al. Consumer contribution to food contamination in Brazil: modeling the food safety risk in the home. *Braz. J. Food Technol*, Campinas, v. 17, n. 2, p. 154-165, abr./jun. 2014.

MEGDA, D. L.; BONAF, S. M. **VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar**. 2013. Subnotificação de doenças infecciosas como realidade do sistema de saúde brasileiro. Disponível em: [file:///C:/Users/Desktop/Joao\\_Diogo\\_Libero\\_Megda%20subnot.pdf](file:///C:/Users/Desktop/Joao_Diogo_Libero_Megda%20subnot.pdf). Acesso em: 20 fev. 2021.

OLIVEIRA, D. C. S. **Produtores rurais do Alto Sertão Sergipano: financiamento e estiagem em foco**. 2015. 169 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE.

OLIVEIRA, J. P. M., SILVA, S. D. S., NETO, J. C. D. S., OLIVEIRA, J. M., SILVA, S. S. D., MARACAJÁ, P. B. **Avaliação da eficiência de higienização de mãos de manipuladores de alimentos**. v. 9, n. 2, p. 11–15, 2015.

PONATH, F. S. et al. **Avaliação da higienização das mãos de manipuladores de alimentos do município de Ji-Paraná , Estado de Rondônia, Brasil**. v. 55, n. 69, p. 63–69, 2016.

PINHEIRO, F. D. A., CARDOSO, W. S., CHAVES, K. F., OLIVEIRA, A. S. B., RIOS, S. A. Perfil de Consumidores em Relação à Qualidade de Alimentos e Hábitos de Compras. **UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde**, v. 13(2), p. 95–102, 2011.

PAGOTTO, H. Z. et al. Nível De Conhecimento, Atitudes E Práticas Dos Manipuladores De Alimentos Em Serviços De Alimentação. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 13, n. 1, p. 293–306, 2018.

QUEIROZ, A. B. DE. COELHO, A. C. C. GARCIA, L. B. CARDOSO, C. L. Eficácia de cinco álcoois géis e do álcool etílico 70% na higienização das mãos em 30 segundos. **Anais do XIX EAIC** –, p. 28–31, 2010.

RODRIGUES, E. P.; SILVEIRA, P. T. D. S.; COSTA, E. N.; VILA, M. T. R.; FERREIRA, D. S. Percepção de risco em segurança dos alimentos por manipuladores, uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 10, p. 77459–77472, 2020.

ROSADO, A. V. SILVA, F. L. DA . **A avaliação da eficácia de antissépticos nas mãos dos profissionais de saúde**. v. 3, n. 1, p. 01–19, 2016.

SANTOS, H. D. S. et al. Avaliação da eficácia da água sanitária na sanitização de alfaces (*Lactuca sativa*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 56–60, 2012.

SILVA, L. S. **Doenças Transmitidas por Alimentos com Abordagem nos Principais Microrganismos Patogênicos Presentes no Leite**. 2018. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – BA.

SÁ, J. L. S. E. DE. SANTANA, E. S. ALMEIDA, T. F. DE. ALMEIDA, I. F. DE. ALCÂNTARA, N. R. DE. **Avaliação bacteriológica de ovos comercializados no município**

de palmeiras de goiás. p. 2871–2881, 2015.

SILVA, E. O. D. S.; SILVA, F. D. S. **Importância socioeconômica e cultural da produção de queijo artesanal para o desenvolvimento rural em Nossa Senhora da Glória-Se.** 2016. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em tecnologia de laticínios) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, Nossa Senhora da Glória – SE.

SILVA, G., RICARDO, P. D. S., CADIMA, I. M. Higiene na Indústria de Alimentos. **Curso Técnico em Alimentos – Modalidade à Distância.** p.1-132, 2010.

SANTOS, J. M. **D Casos de intoxicação por alimentos e bebidas notificados em Barra do Garças Mato Grosso 2019.** 54 f. Monografia (Curso de Farmácia) - Centro universitário do Araguaia da Universidade Federal de Mato Grosso, Barra do Garças – MT.

SILVA, A. M. DA, SÁ., A. B. DE., FRANCO L. S., SILVA., T. C. DE C., CARVALHO., L. M. F. DE. Contaminação em embalagens de alimentos industrializados. **Revista saúde em foco**, v. 2, n. 2, p. 107–114, 2015.

SOUZA, A. C.; ALVES, F. R. S.; SILVA, J. C. S.; SANTANA, M. G.; CAVALCANTE, M. J.; NUNES, F. D. F. V. **Avaliação dos hábitos higiênicos dos consumidores de alimentos em um centro de saúde de uma instituição pública.** 2011. p. 1-9. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Santo Antônio de Jesus – BA.

SANTOS, M. C. A. DOS et al. **Avaliação da Higienização de Vegetais Folhosos em Serviços de Alimentação.** v. 10, n. 7, p. 1–10, 2021.

SANTOS et al.,. Avaliação da contaminação de equipamentos, utensílios e mãos de manipuladores de um serviço de nutrição e dietética. **Archives of veterinary science**, v. 25, n. 3, p. 74–84, 2020.

WIRZBICKI, D. C. M. DE et al. Eficácia do álcool gel a 70 % na higienização de mãos de profissionais de um hospital de ijuí , RS . 2009.

## RELATO DE EXPERIÊNCIA DO PROJETO DE EXTENÇÃO “LEITE DE CAIXINHA: MAGIA, FEITIÇARIA OU TECNOLOGIA?”

## RELATO DE EXPERIENCIA DEL PROYECTO “LECHE DE UNA CAIXINHA: MAGIA, BRUJERÍA O TECNOLOGÍA?”

## EXPERIENCE REPORT OF THE EXTENSION PROJECT “UHT MILK: MAGIC, SORCERY OR TECHNOLOGY?

Denise Ribeiro de Freitas<sup>1</sup>; Acenini Lima Balieiro<sup>2</sup>; João Paulo Natalino de Sá<sup>3</sup>; Simone Mazzutti<sup>4</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/978-65-88970-26-3.408-411>

### INTRODUÇÃO

A cadeia de produção do leite bem como de seus produtos e derivados, está comumente envolvida em polêmicas, devido principalmente a falta de conhecimento da população em geral em relação a ciência e tecnologia de alimentos. Muito disso se deve às *fake news* que são disseminadas e geram alarde sem fundamento sobre alimentos envenenados com resíduos, águas contaminadas com produtos químicos, uso de aditivos, reutilização de produtos vencidos, e etc.

As escolas exercem grande influência na formação de crianças e adolescentes e por isso é considerado um espaço de grande relevância para a promoção da ciência e tecnologia. Assim, o Bacharel em Agroindústria pode ajudar crianças e adolescentes de escolas da região a responder questionamentos como: Será verdade que o leite “longa vida” dura mais? O leite que os nossos avós consumiam era mais saudável do que o produto que compramos atualmente? O leite da fazenda é mais completo? Posso consumir o leite sem fervê? E se fervê, ele está seguro para o consumo? O leite que consumimos na caixinha tem muito conservante e faz mal a saúde? Para isso, é preciso abordar diversos conteúdos como microbiologia de alimentos, saúde animal, boas práticas de fabricação, demonstrando assim como a tecnologia é utilizada para fornecer a comunidade alimentos de qualidade e seguros. Com isso essas crianças e adolescentes terão uma visão mais abrangente do setor industrial de alimentos e bebidas, em contraponto a uma vasta quantidade de mitos e preconceitos que têm sido propagados (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2019).

Baseado nisso, que o presente trabalho de extensão foi realizado com o sistema educacional para promover a alfabetização científica levando a popularização do

<sup>1</sup> Departamento de Agroindústria, UFS, Campus do Sertão, [deniseribeirof@academico.ufs.br](mailto:deniseribeirof@academico.ufs.br)

<sup>2</sup> Departamento de Agroindústria, UFS, Campus do Sertão, [aceninibalieiro@academico.ufs.br](mailto:aceninibalieiro@academico.ufs.br)

<sup>3</sup> Departamento de Agroindústria, UFS, Campus do Sertão, [ipsadesa@academico.ufs.br](mailto:ipsadesa@academico.ufs.br)

<sup>4</sup> Departamento de Agroindústria, UFS, Campus do Sertão, [simonemazzutti@academico.ufs.br](mailto:simonemazzutti@academico.ufs.br)

conhecimento relacionado a ciência e tecnologia de alimentos, focando principalmente na cadeia do leite.

## RELATO DE EXPERIÊNCIA

Este projeto foi executado por vinte alunos do Curso de Bacharelado em Agroindústria da UFS, Campus do Sertão, sob a coordenação de duas docentes do mesmo curso. O projeto foi executado em cinco escolas públicas localizadas no Estado de Sergipe, sendo três localizadas na cidade de Poço Redondo e duas na cidade de Frei Paulo. Em duas escolas o público alvo foram alunos do primeiro ao quinto ano, e nas demais o projeto atendeu alunos do sexto ao nono ano.

Para organizar a execução do projeto, os discentes voluntários e bolsistas do Curso de Agroindústria foram divididos em cinco equipes com o intuito de delimitar o tema que cada uma trabalharia nas escolas. A organização das equipes foi da seguinte maneira: Equipe 1 – Propriedades e composição do leite; Equipe 2 – Microorganismos do leite; Equipe 3 – Produção do leite; Equipe 4 - Processo de produção do leite UHT e outros produtos; Equipe 5 – O que faz um Bacharel em Agroindústria? e Equipe 6: Teatro abordando a importância do processamento térmico do leite. Antes do projeto ser executado nas escolas, foram realizadas várias reuniões com todos os alunos e com as equipes separadamente para esclarecer dúvidas sobre o conteúdo e a forma como deveria ser abordado ao público alvo do projeto.

O período de preparação do material, sintetização do conteúdo foi essencial para que os discentes exercitassem o trabalho em equipe, consequentemente se deparassem com a necessidade de possuirem habilidades tais como comunicação e proatividade. Observou-se que esta aproximação dos discentes após quase dois anos de aulas remotas, por causa da pandemia da COVID-19, teve um resultado positivo no que se refere a motivação de cursar graduação em Agroindústria.

A execução do projeto na escola foi realizado em estações organizadas na parte externa das escolas. Cada equipe foi considerada uma estação, exceto a equipe 6 que realizou a apresentação da peça teatral no encerramento das atividades. A ação das equipes 1, 2 e 3 estão ilustradas na Figura 1. A equipe 1 com o auxílio de figuras e objetos tal como uma caixa de leite representada em maior proporção divida com sua respectiva composição, explicou a composição do leite. A equipe 2 falou sobre os microrganismos que podem estar presentes no leite, para isso utilizou figuras, bonecos de feltro representando os microrganismos e placas de petri com microrganismos não patogênicos. A equipe 3, através de uma maquete de uma fazenda, falou sobre a importância da produção de leite higiênica.



**Figura 1.** Execução do projeto nas escolas. Equipe 1 – discentes do curso de Agroindústria falando sobre a composição do leite; Equipe 2 – discentes falando sobre os microrganismos desejáveis e os indesejáveis no leite; Equipe 3 – discentes falando sobre a produção de leite.

A Figura 2 ilustra a apresentação das equipes 4, 5 e 6. A equipe 4 explicou as crianças o que é um laticínio e como o leite de caixinha é produzido. Para isto os discentes mostraram uma maquete, figuras, produtos e utilizaram brincadeiras. A equipe 5 explicou o que é uma universidade e qual a função do profissional formado em Agroindústria. A equipe 6 encenou uma peça contanto a história de uma produtora de leite, um vendedor informal de leite e queijo e os perigos do consumo de leite cru.



**Figura 2.** Execução do projeto nas escolas. Equipe 4 – discentes falando sobre a produção de leite UHT. Equipe 5 – discentes falando sobre o curso de Agroindústria; Equipe 6 – discentes encenando uma peça.

O teatro foi uma das atividades que mais chamou atenção dos alunos das escolas, pois de maneira descontraída os discentes de Agroindústria falaram dos riscos do consumo de leite cru, trazendo personagens vivenciados diariamente pelas crianças. Esta observação corrobora com um dos conceitos da teoria de Paulo Freire que indica que um processo de aprendizagem bem conduzido leva em conta a realidade dos estudantes, estabelecedo uma conexão entre cultura, conhecimento e sociedade (LIMA, 2014).

Após a finalização do projeto foi realizada uma entrevista com os alunos de graduação que participaram do projeto. Buscou-se entender quais os motivos que os motivaram a participar do projeto de extensão. As respostas mais frequentes foram: contabilizar horas de atividades complementares obrigatórias para a finalização do curso, aprendizagem, exercício do trabalho

em grupo e falar em público. Abaixo encontra-se um dos relatos de uma discente:

“Está sendo uma experiência muito legal. Estou achando desafiador trabalhar em grupo, saber lidar com a opinião dos demais integrantes para chegar a um ponto comum; a interação com crianças e adolescente, pois temos que saber conversar de uma forma que eles entendam o que queremos passar a eles. Estou me tornando uma pessoa menos dura e mais acessível”

## CONCLUSÕES

O projeto proporcionou benefícios a comunidade escolar que recebeu informações acerca dos perigos do consumo de leite cru e a desmitificação de *fake news* acerca do leite UHT. Somado a isso, os alunos e os professores do ensino básico puderem interagir com alunos e professores do ensino superior, fato importante para maior interação dessas instituições. Finalmente, através deste projeto os discentes do curso de graduação em Agroindústria tiveram a oportunidade de aprender a conhecer, a fazer, aprender a conviver e aprender a ser.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPITEC- EDITAL FAPITEC/SE/FUNTEC/CNPq Nº 03/2019 - PROGRAMA DE APOIO A OLIMPÍADAS DE CIÊNCIAS E A PROJETOS DE POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA

## REFERÊNCIAS

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Instituto de Tecnologia de Alimentos. Alimentos processados.** Disponível em: <<https://ital.agricultura.sp.gov.br/pitec>>. Acessado em: 23 de junho de 2022.

LIMA, P. G. **Uma leitura sobre Paulo Freire em três eixos articulados: o homem, a educação e a janela para o mundo.** Pro-Posições, Campinas, v.25, n.3, p. 63-81, dez. 2014.