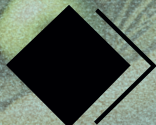


Julio Onesio Ferreira Melo  
Luisa Del Carmen Barrett Reina  
Ana Paula Coelho Madeira Silva  
(Orgs.)

# CIÊNCIAS AGRÁRIAS

INOVAÇÕES, SUSTENTABILIDADE E DESAFIOS  
PARA O SÉCULO XXI



científica digital



## EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA

Guarujá - São Paulo - Brasil  
www.cientificadigital.org - contato@cientificadigital.org

|                    |                                          |
|--------------------|------------------------------------------|
| Diagramação e Arte | Edição © 2025 Editora Científica Digital |
| Equipe Editorial   | Texto © 2025 Os Autores                  |
| Imagens da Capa    | 1ª Edição - 2025                         |
| Adobe Stock - 2025 | Acesso Livre - Open Access               |

© COPYRIGHT - TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. A editora detém os direitos autorais sobre a edição e o projeto gráfico, enquanto os autores mantêm os direitos autorais de seus respectivos textos. Esta obra está licenciada sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, permitindo o download e compartilhamento integral ou parcial, desde que a fonte seja devidamente citada e os créditos atribuídos aos autores. É obrigatório que a obra permaneça em formato de Acesso Livre (Open Access), sem qualquer alteração. A catalogação em plataformas de acesso restrito ou com fins comerciais é estritamente proibida.



### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569

Ciências agrárias: inovações, sustentabilidade e desafios para o século XXI / Organização de Julio Onesio Ferreira Melo, Luisa Del Carmen Barrett Reina, Ana Paula Coelho Madeira Silva. – Guarujá-SP: Científica Digital, 2025.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui Bibliografia

ISBN 978-65-5360-933-4

DOI 10.37885/978-65-5360-933-4

1. Ciências agrárias. I. Melo, Julio Onesio Ferreira (Organizador). II. Reina, Luisa Del Carmen Barrett (Organizadora). III. Silva, Ana Paula Coelho Madeira Silva. IV. Título.

CDD 630

Elaborado por Janaína Ramos – CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático:

I. Ciências agrárias

E-BOOK

ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2025

Julio Onesio Ferreira Melo  
Luisa Del Carmen Barrett Reina  
Ana Paula Coelho Madeira Silva  
(Orgs.)

# **Ciências Agrárias: Inovações, Sustentabilidade e Desafios para o Século XXI**

**Volume 1**

1ª EDIÇÃO



científica digital

**2025 - GUARUJÁ - SP**

# CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho  
Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Auristela Correa Castro  
Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro  
Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Caroline Nóbrega de Almeida  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Clara Mockdece Neves  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco  
Prof. Dr. Cristiano Marins  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Cristina Berger Fadel  
Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr  
Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso  
Prof. Dr. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes  
Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Fernanda Rezende  
Prof. Dr. Flávio Aparecido de Almeida  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Queluz  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Geuciane Felipe Guerim Fernandes  
Prof. Dr. Humberto Costa

Prof. Dr. Joachin Melo Azevedo Neto  
Prof. Dr. Jónata Ferreira de Moura  
Prof. Dr. José Aderval Aragão  
Prof. Me. Julianno Pizzano Ayoub  
Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli  
Prof. Dr. Luiz Gonzaga Lapa Junior  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Cristina Zago  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Otília Zangão  
Prof. Dr. Mário Henrique Gomes  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes  
Prof. Dr. Nelson J. Almeida  
Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez  
Prof. Dr. Reinaldo Pacheco dos Santos  
Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento  
Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin  
Prof. Me. Silvio Almeida Junior  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Thays Zigante Furlan Ribeiro  
Prof. Dr. Wescley Viana Evangelista  
Prof. Dr. Willian Carboni Viana  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Acesse a lista completa dos Membros do Conselho Editorial em [www.editoracientifica.com.br/conselho](http://www.editoracientifica.com.br/conselho)

## Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra passaram por avaliação do Conselho Editorial e revisão por pares externos (*Peer Review*), recebendo a devida recomendação para publicação.

**Nota:** Esta obra é fruto de um processo colaborativo, configurando-se como uma coletânea na qual os direitos autorais permanecem resguardados para os respectivos autores. Alguns capítulos podem ter origem em trabalhos anteriormente apresentados em eventos acadêmicos; no entanto, os autores foram orientados a adotar o devido rigor na prevenção do autoplágio. A responsabilidade pelo conteúdo de cada capítulo, assim como pela originalidade e integridade das informações publicadas, é inteiramente dos respectivos autores e autoras. O conteúdo da obra não reflete, necessariamente, a opinião da editora, dos organizadores ou dos membros do conselho editorial.

# APRESENTAÇÃO

Esta obra é fruto de um esforço colaborativo que reuniu professores, estudantes e pesquisadores cujo envolvimento enriqueceu significativamente as discussões neste espaço formativo. Além disso, resulta de iniciativas interinstitucionais e ações voltadas ao incentivo à pesquisa, congregando especialistas de diversas áreas do conhecimento, vinculados a Instituições de Educação Superior, públicas e privadas, em âmbito nacional e internacional.

Seu principal objetivo é fortalecer a integração entre instituições, tanto no Brasil quanto no exterior, por meio de redes de pesquisa comprometidas com a formação continuada de profissionais da educação. Para isso, busca-se a produção e a ampla disseminação do conhecimento em distintas áreas do saber.

Expressamos nossa profunda gratidão aos autores pelo empenho, comprometimento e dedicação na concepção e finalização desta obra. Esperamos que ela se consolide como um recurso didático-pedagógico valioso, atendendo às necessidades de estudantes, docentes de todos os níveis de ensino e demais interessados na temática.

**Julio Onesio Ferreira Melo**  
**Luisa Del Carmen Barrett Reina**  
**Ana Paula Coelho Madeira Silva**

# SUMÁRIO

## Capítulo 01

### **A IMPORTÂNCIA DO MÉDICO VETERINÁRIO NA INSPEÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL: REVISÃO DE LITERATURA**

Natália Pazzini Nunes; Magale Dallaporta Furquim; Fernando Forster Furquim

**doi** 10.37885/250419102 ..... 8

## Capítulo 02

### **COMBATE À FOME NA PERSPECTIVA DA AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL E DO COOPERATIVISMO SOB O OLHAR DA AGROECOLOGIA NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

Samuel Horácio de Oliveira; Francisco Ricardo Duarte; Marcelo Henrique Pereira dos Santos

**doi** 10.37885/250318950 ..... 17

## Capítulo 03

### **FERTIRRIGAÇÃO COM NPK, EFLUENTE DE TILAPIA E UREIA NO CULTIVO DE RÚCULA EM SOLO**

Elder Samuel Lopes Martins; Ana Lúzia de Souza Araújo; Edison Barbieri

**doi** 10.37885/250419135 ..... 36

## Capítulo 04

### **INOVAÇÕES DIGITAIS NA AVICULTURA**

Marta dos Santos Baracho; Yamília Barrios Tolon

**doi** 10.37885/250118700 ..... 55

## Capítulo 05

### **INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO EM FÊMEAS BOVINAS: ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DA MORTALIDADE EMBRIONÁRIA**

Lucas Edinan Viveiros Vieira; Isadora Leite e Lopes; Mário Henrique França Mourthé; Letícia Ferrari Crocromo

**doi** 10.37885/241017947 ..... 72

## Capítulo 06

### **O PAPEL DO CÂNHAMO COMO CULTURA ESTRATÉGICA PARA A SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS ALIMENTARES**

Débora Muriel Carrasquinho Paulino

**doi** 10.37885/250218912 ..... 89

## Capítulo 07

### **PORTABLE VS BENCHTOP NIR SPECTROMETERS FOR RAPID CHEMICAL ANALYSIS: A STUDY WITH DIFFERENT SAMPLES**

Felipe Augusto Bueno Rossi; Larissa Macedo dos Santos Tonial

 10.37885/250218861 ..... 101

## Capítulo 08

### **RELATO DE EXPERIÊNCIA: DIA DE CAMPO EM CULTIVO DE PIMENTÃO COM PRODUTORES FAMILIARES, VINCULADOS A COOPERATIVA**

Samilly Araújo de Oliveira; Manuele Barbosa da Silva ; Antônio Gabriel Lima Resque; Luciana da Silva Borges

 10.37885/250218926 ..... 120

## Capítulo 09

### **RELATO DE EXPERIÊNCIA: CAPACITAÇÃO EM GESTÃO DE COOPERATIVISMO PARA AGRICULTURA FAMILIAR**

Manuele Barbosa da Silva; Luciana da Silva Borges; Carlos Douglas de Sousa Oliveira

 10.37885/250218925 ..... 135

## Capítulo 10

### **SEGURANÇA ALIMENTAR E SUSTENTABILIDADE: INOVAÇÃO E DESAFIOS PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL**

André dos Santos de Barros Lordelos; Elaine Aparecida Maldonado Bertacco; Hálím Filipe P. Santos Souza; Haroldo Oliveira Filippi; Lauremir Rocha Costa; Marcelo José da Mota; Alba Regina Azevedo Arana; Maíra Rodrigues Uliana

 10.37885/241218521 ..... 146

**SOBRE OS ORGANIZADORES** ..... 168

**ÍNDICE REMISSIVO** ..... 169

## **A IMPORTÂNCIA DO MÉDICO VETERINÁRIO NA INSPEÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL: REVISÃO DE LITERATURA**

**Natália Pazzini Nunes**

Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões (URI)

**Magale Dallaporta Furquim**

Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões (URI)

**Fernando Forster Furquim**

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

# RESUMO

Com o grande crescimento econômico e a ampliação da cadeia produtiva, os desafios associados à contaminação, fraudes e surtos de doenças veiculadas por alimentos tornaram imprescindível a atuação do médico veterinário no setor alimentício. Devido ao crescimento da comercialização de produtos, de origem animal e industrializado, em âmbito nacional e internacional, verifica-se uma crescente necessidade do seguimento rigoroso de normas de segurança alimentar, visando garantir a segurança no consumo de alimentos, é fundamental monitorar o produto desde o início de sua cadeia produtiva até o produto final. O profissional encarregado deste monitoramento é o médico veterinário, incumbido da tarefa de determinar a adequação dos produtos para consumo, bem como rejeitar aqueles que forem considerados inadequados, garantindo assim a oferta de alimentos seguros para a humanidade.

**Palavras-chave:** alimentos; controle de qualidade; inspeção.

## INTRODUÇÃO

O avanço da globalização é sinônimo de uma grande expansão econômica, política e cultural em nível mundial, e tem impactado diretamente o comércio internacional, aumentando a produção e distribuição de alimentos, principalmente os produtos de origem animal, impulsionando diretamente a sua comercialização (EIDT, 2015). Diante dessa ampliação mercadológica, faz-se necessário desenvolver regras de segurança para fortalecer as barreiras sanitárias, pois é sabido que as importações de animais e produtos de origem animal envolvem riscos para o país importador devido o crescente aumento do volume de comércio, favorecendo o ingresso de doenças ou infecções dentro do território nacional (Hueston *et al.*, 2011).

Nesse contexto, torna-se imprescindível mencionar o profissional médico veterinário exercendo papel fundamental no controle e segurança alimentar, e garantindo a qualidade dos produtos de origem animal desde o começo de sua cadeia produtiva até o produto final (Souza, 2022). De acordo com Brizotti *et al.* (2021), o profissional responsável pela inspeção é o médico veterinário, conhecido como inspetor sanitário, que tem a função de determinar o que pode ser consumido, rejeitar o que não é adequado, avaliar as condições higiênico-sanitárias dos locais e emitir a aprovação final dos produtos avaliados. Dessa maneira, as funções do médico veterinário frequentemente são apresentadas de maneira restrita, gerando a impressão errônea de que sua atuação se limita ao cuidado de animais de estimação (DE MORAES, 2020). Assim, o público em geral no país não associa seu trabalho, por exemplo, à saúde pública (como zoonoses, higiene, inspeção e tecnologia de produtos de origem animal), ficando, portanto, alheio à relevância da Medicina Veterinária na sociedade (Gomes, 2017).

O objetivo deste texto é elaborar uma revisão de literatura destacando a relevância da fiscalização e das ferramentas de monitoramento da qualidade dos alimentos, além de evidenciar a função do médico veterinário na garantia da segurança alimentar.

## METODOLOGIA

Utilizou-se pesquisa bibliográfica em livros, artigos, revistas, e materiais relacionados. Para isso, utilizou-se bancos de dados em periódicos (e.g., Capes

e Scielo) e em dissertações e teses de pós-graduações como forma de garantir a relevância das informações. Palavras-chaves como fiscalização de produtos de origem animal, atuação do médico veterinário, controle e instrumentos de qualidade e monitoramento segurança alimentar foram utilizadas para selecionar as publicações.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Avanço comercial e inspeção

As transações comerciais internacionais constituem um sistema complexo com múltiplos elementos interdependentes afetando diretamente a economia são a oferta, a procura, a política e a diplomacia, os acordos mútuos entre os países são estabelecidos com o intuito de conduzir o comércio formal estes acordos definem as condições sob as quais as trocas comerciais podem ocorrer. Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), de janeiro a novembro de 2024, as exportações do agronegócio brasileiro totalizaram US\$152,63 bilhões, representando 48,9% do total das exportações brasileiras no período, este foi o segundo melhor desempenho já registrado na série histórica a redução de 5,2% no índice de preços internacionais foi parcialmente compensada pelo aumento de 5,2% no volume exportado (Brasil, 2024).

Além disso, o principal destaque foi o setor de carnes, com um recorde histórico de exportações para novembro de 2024, atingindo US\$ 2,45 bilhões (+30,2%). A carne bovina foi o principal produto, com US\$1,23 bilhão (+29,9%), seguida pela carne de frango (US\$876,92 milhões, +31,8%) e pela carne suína (US\$289,40 milhões, +30,8%) (Brasil, 2024). Dessa maneira, considerando a correlação das exportações entre os países e a possibilidade de entrada de microrganismos que podem causar doenças humanas e animais, tem causado preocupação e discussão contínua entre os órgãos governamentais sobre possíveis doenças decorrentes de transações comerciais transfronteiriças de produtos de origem animal, bem como questões de segurança alimentar, despertando assim a importância do estabelecimento de mecanismos de controle para evitar contaminações patogênicas (Oliveira *et al.*, 2021; Ramos, 2016).

Neste contexto, a medicina veterinária surge como uma área do conhecimento que promove a saúde animal, reduzindo os prejuízos causados pelas

doenças que acometem os mesmos. Porém, após a fundação das primeiras escolas, seguiram-se dois movimentos na segunda metade do século XVIII. A primeira delas estava destinada a deter as epidemias que atingiam os rebanhos bovinos da época e a segunda objetivava reduzir os riscos à saúde humana decorrentes do abate indiscriminado de animais para fins comerciais (Schwabe, 1984).

## **Segurança alimentar**

As atividades da medicina veterinária na saúde pública começaram com a indústria da carne no século XIX. Juntamente com Robert von Ostertag na Alemanha e Daniel E. Salmon nos Estados Unidos, iniciou o que hoje é chamado de proteção e segurança alimentar (Organización Panamericana de La Salud, 1975). A definição de segurança alimentar, implica na garantia de produção e comercialização de alimentos sem colocar em risco potencial a saúde dos consumidores (Santos, 2015). Para Domene *et al.* (2023) a segurança alimentar é um dos principais desafios atuais, especialmente em países em desenvolvimento, que enfrentam problemas com contaminação e propagação de doenças através da água.

Na indústria de alimentos, a gestão da qualidade na área de segurança alimentar, é fundamentada na legislação sanitária em vigor e na possibilidade de certificações a nível nacional e internacional, com objetivo de aprimorar continuamente os produtos e processos, minimizando o perigo para a saúde do consumidor, que deve receber um alimento seguro como resultado final (VERGARA, 2016). Neste sentido, para prevenir e mitigar este risco, é empregado o serviço veterinário ativo que desempenha as funções de fiscalizações aduaneiras, amparado em legislação adequada, e dispõe de uma equipe dedicada para cumprir esta exigência de trabalho (Schneider 2011).

No Brasil, o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) controla a entrada de produtos e subprodutos de origem animal por meio dos Serviços Integrados de Acompanhamento Agropecuário Internacional (VIGIAGRO) que possui como objetivo organizar, adequar os procedimentos operativos de fiscalização para a entrada e saída de produtos de interesse agropecuário do país, controlar o trânsito de animais vivos, de produtos e subprodutos de origem animal e vegetal, alimentação animal, produtos de uso veterinário e insumos agrícolas por meio de unidades estrategicamente localizadas em postos de fronteira, alfândegas especiais, portos marítimos, portos fluviais, aeroportos internacionais, terminais

e piquetes (BRASIL, 2018). Assim, o serviço oficial veterinário é encarregado de proteger a saúde pública e animal do país, garantindo a disponibilidade nacional de produtos de origem animal, assegurando que a produção de alimentos atenda aos requisitos sanitários e higiênicos correspondentes, incentivando um comércio de alimentos seguros para o consumidor (Santos *et al.*, 2014).

### **Atribuições do médico veterinário no controle de qualidade**

A qualidade é um requisito essencial na indústria alimentícia: envolve a educação do consumidor, a higiene da produção, os padrões tecnológicos e sanitários da indústria, além da presença de uma legislação apropriada que apoie os serviços oficiais de controle (Pereira, 2020). No ano de 1952, o Decreto nº 30.691 de 29 de março estabeleceu o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), consolidando um minucioso e complexo código sanitário que abrangia toda a legislação relativa à carne, leite, ovos, mel e pescados, desde a sua produção até a sua comercialização (Júnior, 2017).

Conforme a Resolução nº 287, de 08 de outubro de 1998, o Conselho Nacional de Saúde (CNS) considerou os médicos veterinários como essenciais para a saúde pública, desde então, houve um crescimento nas áreas de atuação desses profissionais e a relevância deles para a saúde coletiva se tornou evidente (DOS ANJOS, 2021). Assim, os médicos veterinários possuem exclusividade na prevenção, no diagnóstico e na gestão dos riscos relacionados aos animais, evitando que patógenos de origem animal se espalhem para os humanos, sendo estes profissionais cruciais para o controle da saúde pública e do equilíbrio da saúde única entre o meio ambiente, animais e seres humanos (Gabriel, 2021). Essa categorização ocorreu devido aos desafios enfrentados pelo setor, que incluía riscos de contaminação, fraudes, surtos de infecções relacionadas a alimentos e erros na cadeia de produção e distribuição de alimentos. Esses desafios ressaltam a necessidade de implementar boas práticas na produção e na inspeção de alimentos, o que motivou os profissionais de saúde e a indústria alimentícia a analisarem cuidadosamente as questões de qualidade alimentar (Dias, 2018).

Com uma microbiota natural e diversificada, o alimento serve como um excelente meio de transporte para microrganismos que podem ser prejudiciais ou deteriorantes, podendo levar a graves prejuízos econômicos ou agravamento da saúde pública (De Aguiar Freire, 2020). As doenças transmitidas por alimentos

(DTAs) podem ser causadas por três principais fontes biológicas: vírus, parasitas e bactérias, e suas substâncias tóxicas. Existem aproximadamente 250 tipos de DTAs originadas por microrganismos a maioria dos agentes patogênicos é predominante (Sousa *et al.*, 2012). De acordo com Malacrida *et al.* (2017), dentre os agentes mais comuns envolvidos em surtos alimentares, estão as bactérias como, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* e coliformes termotolerantes, representando 62% dos casos totais, entretanto, muitos casos de doenças transmitidas por alimentos são subnotificados, devido aos sintomas serem menos agressivos.

Conforme Freitas (2019), vários elementos podem comprometer os alimentos, como a manipulação imprópria, para assegurar a sua segurança, o papel do veterinário é crucial, pois é o profissional habilitado que possui conhecimentos técnicos e científicos sobre a saúde dos animais e a qualidade dos ingredientes, além dos procedimentos necessários para garantir a produção de alimentos de origem animal, supervisionando desde o recebimento, o armazenamento e a temperatura dos alimentos, a verificação de etiquetas, embalagens e datas de validade, a organização nos setores de alimentos perecíveis e a higiene pessoal dos manipuladores, além disso, as condições higiênico-sanitárias de equipamentos, instalações e utensílios.

A preservação da qualidade dos produtos de origem animal é um desafio para toda a cadeia de produção, a indústria alimentícia deve garanti-la por meio de métodos de limpeza que não alterem as características nutricionais e sensoriais dos alimentos, e não representem perigos à saúde humana, todos esses elementos são cruciais para garantir que os produtos sejam seguros e de alta qualidade quando colocados à venda, considerando as exigências de temperatura e as normas para o comércio seguro, garantindo ao consumidor final um alimento que não cause danos à sua saúde (Martins, 2020).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os médicos veterinários são importantes para a garantia da segurança dos alimentos e a saúde pública, possuindo um papel indispensável no que diz respeito à vigilância da saúde pública através da inspeção dos alimentos de origem animal e da garantia da segurança alimentar, mas ainda há espaço e oportunidades para avançar no aprimoramento profissional, na implementação

de novas tecnologias, na melhoria dos protocolos e na ampliação de seu campo de atuação em políticas de saúde pública. A atuação eficiente do médico veterinário é crucial para que o Brasil desempenhe um papel relevante no comércio global, sendo o profissional que realiza um controle minucioso das importações e exportações de produtos de origem animal, evitando que doenças vinculadas a esses animais e seus produtos afetem tanto a economia nacional e mundial quanto a saúde pública. Assim, essa função é essencial para minimizar os riscos de propagação de enfermidades ligadas ao comércio internacional.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-ultrapassam-us-153-bilhoes-no-acumulado-de-2024>, Acesso: 19 fev, 2025.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa 39, de 27 de novembro de 2017. Manual do Vígiagro / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília , Mapa/SPA, 2018..

BRIZOTTI, Sarah, *et al.* A importância do médico veterinário da indústria de alimentos. **Revista GeTeC**, v. 10, n. 27, 2021.

DE MORAES, Fernanda Cassioli *et al.* Conhecimento da população sobre a atuação do médico veterinário na atenção básica à saúde. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e556974386-e556974386, 2020.

DIAS, D. T. Atividades de um médico veterinário RT no setor varejista de alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS),Porto Alegre, 2018.

DOMENE, S. M., *et al.*, Segurança alimentar: reflexões sobre um problema complexo. **Estudos Avançados**, v. 37, n. 109, p.181-206, 2023.

DOS ANJOS, A. R. S *et al.*, A importância do Médico Veterinário na Saúde Pública. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p.8, 2021.

EIDT, Mirela Janice *et al.* Interceptações de produtos de origem animal em fronteiras terrestres no Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, n. 3, p. 388-398, 2015.

FREITAS, N. M. A importância do médico veterinário como responsável técnico no varejo de alimentos no Brasil. **Revista Saúde**, v.13, n.2, ESP, 2019.

GABRIEL, I. S. A indispensabilidade do médico veterinário como agente de saúde única na inspeção de carnes no Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso, **Centro Universitário Bacharelado em Medicina Veterinária**, Paripiranga. 67p. 2021.

GOMES, Laiza Bonela. Importância e atribuições do médico veterinário na saúde coletiva, in **Sinapse Múltipla**, ed. 6(1), p.70-75. 2017.

HUESTON, W.; TRAVIS, D.; VAN KLINK, E. Optimising import risk mitigation: anticipating the unintended consequences and competing risks of informal trade. **Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.**, v. 30, n. 1, p. 309 – 315, 2011.

JÚNIOR, J. M.; DE LOURDES, M. O. Atualizações importantes introduzidas pelo novo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal: Decreto nº 9.013, **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, v. 5, n. 4, p. 73-80, 2017.

MALACRIDA, A. M., Dias, V. H. C., & Lima, C. L. (2017). Perfil epidemiológico das doenças bacterianas transmitidas por alimentos no Brasil. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, 4, 158–162, 2017.

MARTINS, Giovanna Caroline Galo *et al.* Nível de conhecimento dos manipuladores de alimentos de origem animal sobre segurança alimentar: Londrina e região. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 14, n. 2, p. 185-195, 2020.

OLIVEIRA, P. O. *et al.*, Implantação das boas práticas de fabricação na indústria Brasileira de alimentos. *Research, Society and Development*, 10(1), 2021.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. A competency-based curriculum for veterinary public health and preventive medicine. Washington: Paho/WHO, (Publicación Científica 313), p.115, 1975.

PEREIRA, Nircia; FRANCESCHINI, Sylvia; PRIORE, Silvia. Qualidade dos alimentos segundo o sistema de produção e sua relação com a segurança alimentar e nutricional: revisão sistemática. **Saúde e Sociedade**, v. 29, n. 4, p.200, 2020.

RAMOS, G. V.; Vilela, J. B. Implantação dos programas de autocontrole em Indústrias de alimento de origem animal. XII SEGET: **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia Desenvolvimento de Competências Frente aos Desafios do Amanhã**, 2016.

SAMARA, S. O médico veterinário na área de alimentos. **Revista Veterinária & Zootecnia**, v.34, p.237-238, 2014.

SANTOS D.V., TODESCHINI B., ROCHA C.M.B.M. e CORBELLINI L.G. A análise de risco como ferramenta estratégica para o serviço veterinário oficial brasileiro: dificuldades e desafios. **Pesquisa Veterinária Brasileira** v.34, n.6, p.542-554, junho, 2014.

SANTOS, E. J. R. dos; LIMA, M. P. D.; MURATORI, M. C. S.. A inspeção dos produtos de origem animal no Brasil: revisão histórica. **International Journal of Development Research**, v. 11, n. 05, p. 46800-46802, 2015.

SCHNEIDER H. Good governance of nacional Veterinary Services. **Revue Scientifique et Technique** (International Office of Epizootics), v.30, p.325-338, 2011.

SOUZA, Renata Maria Batista. **Trabalho de conclusão de curso**, A percepção social quanto às áreas de atuação e importância do profissional médico veterinário na saúde pública. 2022.

SOUSA, T. M., Cunha Neto, A., Hernandes, T., & Souto, P. C. S. (2012). Microrganismos patogênicos e indicadores de condições higiênico-sanitária em carne moída comercializada na cidade de Barra do Garças, MT. **Acta Veterinaria Brasílica**, 6(2), 124–130.

SCHWABE, C.W. **Veterinary medicine and human health**. 3.ed. Baltimore: Williams & Wilkins., 680p., 1984

VERGARA, C. M. A. C. Gestão da qualidade na área de alimentos. **Nutrivisa, Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde**, 2(3), 2016.

## **COMBATE À FOME NA PERSPECTIVA DA AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL E DO COOPERATIVISMO SOB O OLHAR DA AGROECOLOGIA NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

**Samuel Horácio de Oliveira**

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

**Francisco Ricardo Duarte**

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

**Marcelo Henrique Pereira dos Santos**

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)

# RESUMO

Este artigo tem como enfoque a pauta do combate à fome na ótica da questão agrária, da agricultura multifuncional e do cooperativismo campesino, tendo como norte os referenciais de políticas públicas que orientaram essa temática, sob as lentes da Sociologia Rural, da História, do Direito Agrário e da Ciência Política. A pesquisa em seus objetivos se classificou como descritiva, tratando-se de um caso de estudo com abordagem pelo método qualitativo, tendo como corte espacial o Território do Sertão do São Francisco (PE). As fontes de evidências para coleta de dados tiveram como instrumentos dados primários em pesquisa bibliográfica e dados secundários em estudos realizados no Território, além de pesquisa documental na legislação pátria. Na análise dos achados verifica-se que o tema combate à fome tem como fator determinante a estrutura fundiária. De outra parte, constata-se a que uma reforma agrária estrutural, aliada às políticas que fomentem a agricultura multifuncional e o cooperativismo campesino, apresentam-se como possibilidades efetivas para o combate à fome.

**Palavras-chave:** fome; políticas públicas; agricultura multifuncional; cooperativismo campesino.

## INTRODUÇÃO

A abordagem da fome possui um campo de observação bastante amplo, complexo e multidimensional. Para análise desse fenômeno se faz necessário um olhar interdisciplinar, mesmo que abordando tão somente uma das dimensões desse fato social. No campo de investigação, destaca-se que este fenômeno possui vários determinantes, contudo, o presente estudo delimitou em seus objetivos a estrutura fundiária do país e as políticas públicas historicamente implementadas.

Por outro enfoque, ainda em bases introdutórias, é importante dar luzes às distintas acepções de uma mesma realidade entre a fome e a insegurança alimentar. Nessa abordagem, a fome é um instinto primário, que se manifesta por falta de alimentos. Já a segurança alimentar, possui enfoque voltado para a qualidade dos alimentos livre de contaminações, como a análise sobre o âmbito nutricional, biológico e sanitário (Burity *et al.*, 2010).

Recentemente a lei nº 14.628, de 20 de julho de 2023, que estabelece novas disposições para o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e regula o Programa Cozinha Solidária, em seu artigo 14, §1º, I estabeleceu expressamente a distinção entre o combate à fome e à insegurança alimentar (Brasil, 2023).

A partir dessa lógica, temos esse balizamento conceitual, mas é necessário afirmar que inobstante os temas tenham campos de análises e objetos distintos, originam-se em uma mesma realidade social. Não há assim como dissociar a realidade da fome, da insegurança alimentar, inclusive todos os graus de insegurança alimentar são também manifestações de fome, não sendo também objeto desse estudo o aprofundamento do debate conceitual, de forma que no avançar da pesquisa coletamos dados sobre as duas pautas, enriquecendo o estudo.

A fim de atingir seus objetivos, o artigo está estruturado em três partes quanto aos instrumentos de pesquisa. A primeira parte aborda uma pesquisa bibliográfica sobre a estrutura fundiária do país e sua relação com a fome em suas bases coloniais até a primeira metade do século XX, período em que se apresentam escassos dados de políticas públicas e uma unidade de orientação fundiária que perdurou por mais de três séculos.

A segunda parte tem enfoque no período pós-segunda guerra mundial até os dias atuais, lapso temporal de intensa implementação de políticas agrárias e agrícolas intersetoriais, que direta ou indiretamente trataram da fome. Na terceira

parte, tem-se a compilação dos resultados de todo esse período histórico e a discussão sobre as fontes de evidências coletadas.

Considerando o caráter multidimensional da fome, a proposta da presente pesquisa não é se aprofundar nos debates ideológicos, sanitários, ou mesmo biológicos sobre a fome, mas deslocar o debate dessas questões alimentares para o enfoque das políticas públicas agrárias e agrícolas.

Nessa lógica, apresenta-se como problema de pesquisa no presente caso: a reforma agrária estrutural, a agricultura multifuncional e o cooperativismo campestre se apresentam como possibilidades efetivas para o combate a fome no Território do Sertão do São Francisco (PE)?

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Objetivo da pesquisa**

A presente pesquisa tem por objetivo analisar se uma reforma agrária estrutural, a agricultura multifuncional e o cooperativismo campestre se constituem como possibilidades efetivas de combate à fome no Território do Sertão do São Francisco (PE).

### **Percorso metodológico**

A presente pesquisa se trata de um caso de estudo realizado no Território do Sertão do São Francisco (PE), investigando-se a trajetória e a relação entre a fome e as políticas públicas implementadas no local de pesquisa, numa abordagem histórico-cognitiva. Apresenta-se em seus objetivos como descritiva, realizada pelo método qualitativo. Em relação aos instrumentos utilizados para realização da pesquisa, a coleta se deu em dados primários a partir de pesquisa bibliográfica interdisciplinar e dados secundários em pesquisa realizada no Assentamento Mandacaru em Petrolina-PE, além de pesquisa documental na legislação pátria.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **A questão fundiária e a fome: das bases coloniais ao período pós-segunda guerra mundial**

No Brasil Colônia, a estrutura jurídica que vigorava era a mesma legislação que estava em vigência em Portugal, destacando as ordenações Afonsinas,

Manoelinas e Filipinas. Essas ordenações se aplicavam na sede do Império e em todas as colônias. Nesse sentido, as terras brasileiras pertenciam à Coroa Portuguesa e para fins de ocupação do território se instituiu o regime de sesmarias previsto nas “Ordenações Manuelinas, 1521, livro 4, artigo 67”, distribuindo latifúndios em caráter hereditário (Nozoe, 2006; Martins Filho, 2009).

Nesse período, a agricultura em sua forma planejada ao modo português era privilégio da oligarquia rural detentora das terras que recebera no sistema sesmarial, com fins específicos para exportação. Caracteriza-se esse regime de grande lavoura alicerçada pelo latifúndio, patriarcalismo, aristocracia e escravidão. A outra face da agricultura praticada no Brasil nesse período foi a chamada agricultura de subsistência voltada para atender a população da colônia. Destaca-se que na Colônia eram frequentes os grandes períodos de fome na maior parte da população no atual Estado de Pernambuco, estruturado também sob o latifúndio. Essa foi a gênese da fome brasileira em suas características seculares, estabelecida nos pilares do latifúndio e da escravidão (Prado Junior, 2006).

Na vigência do período imperial, instituiu-se a primeira lei agrária brasileira não imposta por Portugal, cerca de 350 anos após a ocupação portuguesa. Trata-se da lei no 601/1850, denominada Lei de Terras (Brasil, 1850), que segundo a Agência Senado (2020), “no Segundo Reinado, o Brasil tomou uma medida que seria determinante para a sua histórica concentração fundiária. Em 18 de setembro de 1850, o imperador Dom Pedro II assinou a Lei de Terras, por meio da qual o país oficialmente optou por ter a zona rural dividida em latifúndios, e não em pequenas propriedades”

Na primeira metade do século XX, já no Brasil República e ainda na vigência da Lei de Terras (Brasil, 1850), Josué de Castro assim descreve empiricamente o semiárido nordestino como área nitidamente de fome, indicando como causas desse fenômeno a estrutura agrária do país e o latifúndio:

Das cinco diferentes áreas que formam o mosaico alimentar brasileiro, três são nitidamente áreas de fome: a área Amazônica, a da Mata e a do Sertão Nordeste [...]. A luta contra a fome no Nordeste não deve, pois, ser encarada em termos simplistas de luta contra a seca, muito menos de luta contra os efeitos da seca. Mas de luta contra o subdesenvolvimento em todo o seu complexo regional, expressão da monocultura e do latifúndio (Castro, 1984, p.51 e 249).

## **As políticas fundiárias e agrícolas na segunda metade do século XX ao século atual: uma abordagem cognitiva**

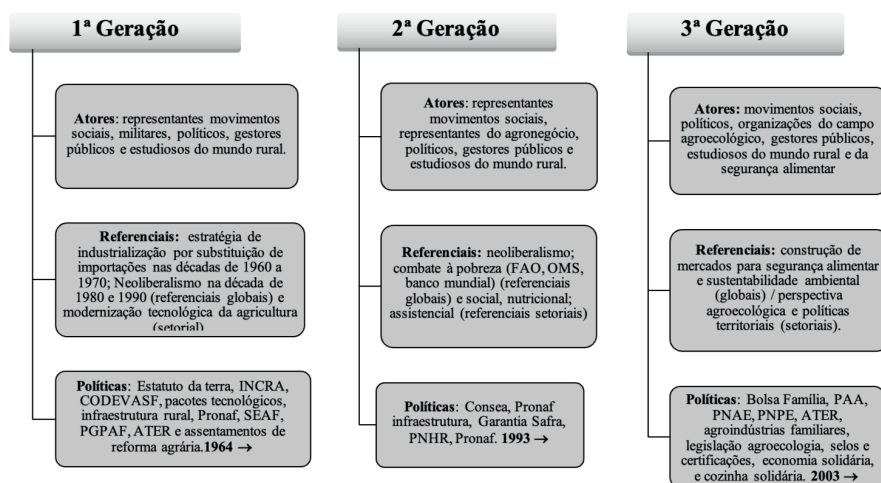
No lapso de tempo a partir da década de 1950 (pós-segunda guerra mundial), ocorreram três fases distintas de políticas públicas fundiárias e agrícolas voltadas para a agricultura, merecendo análise específica sob a ótica dos pesquisadores Cátia Grisa e Sergio Schneider, numa abordagem cognitiva fundada no pensamento de Pierre Muller.

Nesse período, foi promulgado o Estatuto da Terra (Brasil, 1964), derogando a anterior Lei de Terras (BRASIL, 1850). Na perspectiva social, o país vivia intensos conflitos entre ruralistas e camponeses, cuja pauta principal era a questão fundiária. O que se deduz da promulgação da nova legislação agrária em 1964 é que o novo estatuto não desconstituiu o secular instituto do latifúndio brasileiro, tendo como foco precisamente a modernização tecnológica da agricultura (Melo, 2021).

Para análise dessa nova fase da questão agrária brasileira, desenvolve-se a pesquisa tendo como orientação o papel das ideias no ciclo das políticas públicas, sendo orientadas por referenciais globais e setoriais. Tais referenciais são alicerçados por conceitos ideológicos, construídos a partir das crenças comuns e de representações de mundo de um conjunto de atores (públicos e privados) que atuam nas arenas políticas (Muller, 2018).

Muller (2018), apresenta o referencial global como um conjunto de valores fundamentais que estabelecem as crenças básicas da sociedade e de normas que definem o papel do Estado e das políticas públicas. Já o referencial setorial é definido como uma representação do setor, da matéria ou da profissão, sendo imagem em escala local de referência à política pública. Por tal fundamento, Grisa e Schneider (2014) em esquema ilustrativo assim resumem a evolução de três Gerações de Políticas Públicas formuladas principalmente a partir do regime militar no século passado, relacionando atores, arenas, ideias e referenciais que orientaram tais programas públicos.

**Figura 1** - Gerações de políticas públicas para a agricultura pós-regime militar.



**Fonte:** adaptado de Grisa e Schneider (2014), com novas legislações.

O que se destaca na Figura 1 são três fases distintas de políticas públicas fundiárias e agrícolas voltadas para a agricultura. Cada geração se caracteriza por especificidades no tocante a atores, referenciais de políticas públicas e programas aprovados.

### O campo de possibilidades na articulação da agricultura multifuncional, do cooperativismo campestino e do combate à fome

A partir dessa articulação se produz a perspectiva de uma agricultura com múltiplas funções, fomentada por ideias e valores que formulem programas e contribuições efetivas para o combate à fome. Nesse sentido, a atividade rural pode gerar externalidade positivas no campo quanto à cultura campestina (várias funções), como a manutenção social da agricultura familiar como categoria política, à geração de emprego e renda, a sustentabilidade e a segurança alimentar, tendo como finalidade o desenvolvimento social do território, e por via de consequência, o combate à fome. É a noção de multifuncionalidade da agricultura (MFA) (Carneiro; Maluf, 2003).

Estabelecendo uma relação direta entre multifuncionalidade da agricultura e políticas públicas, Chiodi e Moruzzi Marques (2018, p. 215), afirmam que “o desenvolvimento sustentável enquanto um referencial global, portanto, é traduzido em distintos âmbitos, o que se configuraria em suas representações

setoriais. Para nossos propósitos, focalizaremos as noções de multifuncionalidade da agricultura e de serviços ambientais como emergentes do referencial de desenvolvimento sustentável”.

Carneiro e Maluf (2020), analisaram as possibilidades oferecidas por uma noção de agricultura com funções especificamente orientadas para a promoção de segurança alimentar das próprias famílias e da sociedade. A lógica dessa perspectiva é que a agricultura familiar multifuncional seria uma estratégia de combate à fome, eis que uma de suas externalidades positivas é a citada promoção da segurança alimentar.

Para amadurecer o debate sobre a aplicação da multifuncionalidade da agricultura ao semiárido nordestino, Sabourin (2010) observa um campo fértil nas políticas territoriais estabelecidas a partir de densas relações entre o Estado e a sociedade, bem como no paradigma da agroecologia, por a sustentabilidade ser também uma das funções da agricultura nessa região.

Por essa ótica, Chiodi e Moruzzi Marques (2018, p. 221) relacionam também a multifuncionalidade da agricultura aos programas territoriais de combate à fome, estabelecendo que “convém aqui, então, citar dispositivos brasileiros de políticas públicas que incorporam elementos da MFA. Em primeiro lugar, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) apresenta potencial dinamizador de atividades econômicas rurais (Maluf, 2020), mas também, tende a influenciar dimensões sociais, ambientais e culturais. Em segundo lugar, o Programa Fome Zero orientou a garantia da segurança alimentar e nutricional da população pobre. Neste âmbito, nasceu o Programa de Aquisição de Alimentos, que integra o apoio à comercialização dos produtos da agricultura familiar em ações de combate à fome, o que estimula transformações sociais, econômicas, ambientais e produtivas”.

Por assim revelar, a noção de uma agricultura multifuncional na perspectiva territorial traz consigo a necessária função de assegurar a produção de alimentos saudáveis, o que ficou constatado na terceira fase de políticas acima referida:

“Nesse sentido, para analisar a atuação do governo federal na gestão do presidente Lula no campo da SAN, dividiram-se as ações implementadas desde o seu primeiro ano em uma estratégia operacional baseada em seis linhas centrais de atuação governamental. São elas: i) transferência de renda; ii) compras públicas; iii) programas de apoio; iv) participação popular; v) articulação territorial; e vi) consolidação institucional” (IPEA, 2014, p. 32).

Estabelecendo interfaces entre o cooperativismo e o combate à fome, Büttenbender *et al* (2022, p. 101) afirmam que “o papel desempenhado pelo modelo cooperativo na construção das condições para a sustentabilidade, como pode-se observar, permeia uma pluralidade de aspectos interdependentes e indissociáveis nas dimensões institucional, social, econômica e ambiental”. Igualmente, o programa das nações unidas para o desenvolvimento assegurou igualmente que as cooperativas possuem mecanismos que podem agilizar a execução das metas dos ODS devido a seu alcance nos territórios onde atua e principalmente com seu envolvimento na sociedade (PNUD Brasil, 2020).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Das bases coloniais ao século XX**

Como resultado da conjuntura fundiária do Brasil colonial ao Brasil republicano pós-1964, espaço de tempo em que vigorou os sistemas de sesmarias, a Lei de Terras (Brasil, 1850) e o Estatuto da Terra (Brasil 1964), o Estudo Nacional de Despesas Familiares (ENDEF) atestou que 67,0% da população brasileira se encontrava em situação de subnutrição, diante das recomendações alimentares da Organização Mundial de Saúde (OMS), mesmo diante dos bons índices de crescimento econômico do período do regime militar pós-1964 (Vasconcelos, 2005).

Em seguida, com o processo de redemocratização a partir da década de 1980, constatou-se que o Brasil era a 8ª economia do mundo, o 4º exportador de alimentos e ao mesmo tempo ostentava o 6º lugar em subnutrição (Brito e Batista, 2021; Brasil, 1988).

Nessa realidade, numa abordagem cognitiva das políticas públicas implementadas pós-segunda guerra mundial, analisando a primeira geração de políticas citada na figura 1, constata-se que essa primeira fase teve como referencial global a estratégia de industrialização por substituição de importações nas décadas de 1960 e 1970, e o neoliberalismo a partir da segunda metade da década de 1980. De outra parte, como referencial setorial a primeira fase foi marcada pela modernização tecnológica da agricultura. Constatou-se ainda na pesquisa bibliográfica que no governo militar tais programas fortaleceram as desigualdades sociais e a fome no semiárido, devido aos referenciais e atores que nortearam essa arena política, sem alterações na estrutura fundiária do país. Observou-se

também nessa fase conflitos a partir de orientações distintas, parte defendendo uma reforma agrária de base e outra advogando a modernização tecnológica da agricultura (Grisa; Schneider, 2014).

A partir da década de 1990 principiou a segunda geração de políticas públicas, destacando-se nesse período programas específicos voltados para a agricultura familiar. O tema da segurança alimentar toma outra dimensão nas arenas políticas mundiais e também no Brasil, onde Burity *et al.* (2010, p. 12) registra que “a década de 90 traz consigo novos conceitos dentro da Segurança Alimentar. Começam as discussões sobre o que seria um alimento seguro, livre de contaminação biológica ou química; debate-se sobre a qualidade do alimento no âmbito nutricional, biológico, sanitário e tecnológico; discute-se agora sobre a adequação de dietas e da importância dos hábitos alimentares e culturais dos indivíduos”.

No ano de 1993 foi criado no Brasil o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA) e em 1994 ocorreu a I Conferência Nacional de Segurança Alimentar. Inobstante esses avanços, o cenário brasileiro deste período contava com 32 milhões de miseráveis no país, sendo que 60% dos famintos estavam localizados no norte-nordeste, o que reflete o histórico de políticas públicas executadas por referenciais que dão suporte ao latifúndio, mesmo com o avanço de políticas agrícolas (IPEA, 1993).

Por tal contexto, a interpretação lógica da causa da fome continua na concentração de renda e na questão fundiária ao cabo do Século XX, como se vê das análises da I Conferência Nacional de Segurança Alimentar em 1994, asseverando que “entre as deliberações expostas no relatório final da Conferência, exprimia-se a preocupação com a concentração de renda e de terra, vista como um dos principais determinantes da fome e da miséria no país” (IPEA, 2008, p. 234).

### **Análise da questão alimentar no século XXI: novas ruralidades e protagonistas**

A partir de 2003, conforme se observa da figura 1 acima, inicia-se a terceira fase de políticas públicas. Esse período é orientado por referenciais de políticas relacionados à construção de mercados para segurança alimentar, sustentabilidade ambiental e execução de políticas territoriais, programas que possuem conexão com a MFA e com o cooperativismo campestino, e, ao mesmo tempo essa fase

conviveu de forma contraditória com referenciais de políticas que fortaleceram a estrutura fundiária agroexportadora. Uma arena de disputa. Assim vejamos.

Apresentou-se nesse período significantes políticas sociais e agrícolas voltadas para a agricultura familiar, como os programas Fome Zero e Bolsa Família executados, a criação do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN (Brasil, 2006), o impulso ao programa 1 milhão de cisternas, a criação do Programa de Aquisição de Alimentos - PAA (Brasil, 2003), a lei da agricultura familiar (Brasil, 2006), a norma estabelecendo que 30% da merenda escolar deveria vir da agricultura familiar (Brasil 2009), a implementação de programas no “Orçamento da Segurança Alimentar e Nutricional”, conforme orientação do CONSEA nos planos plurianuais 2008/2011 e 2012/2015 (Brasil, 2021), a lei de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) (Brasil, 2010), a instituição da Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Brasil, 2012), a lei que estabelece novas disposições para o PAA e regula o Programa Cozinha Solidária (BRASIL, 2023), o Decreto que institui o Programa Nacional de Pesquisa e Inovação para a Agricultura Familiar e a Agroecologia (Brasil, 2024) e a lei que instituiu a Política Nacional de Economia Solidária (Brasil, 2024).

Nessa terceira geração de políticas públicas, os atores antes secundários passaram a ser parceiros da gestão pública na execução de políticas agrícolas e os dados do IPEA revelam um avanço no combate à fome, onde “o número de pessoas em pobreza extrema caiu 26,2% de 2001 a 2005. Já a população vivendo em condições de pobreza caiu 11,5%; de 60,9 milhões de pobres (36,5% do total da população brasileira), em 2001, passou para 53,9 milhões de pessoas (30,3%), em 2005. Estudo da Fundação Getúlio Vargas (FGV) também identificou redução da pobreza, com aumento na participação dos mais pobres na renda total. Segundo a pesquisa, 8,4 milhões de pessoas deixaram de ser extremamente pobres no Brasil, entre 2003 e 2005” (CONSEA, 2007, p. 16).

Inobstante esses avanços, na última década (2014/2024), refloresceram referenciais de políticas públicas a partir de orientações globais do neoliberalismo e se manifestaram novos contornos aos referenciais setoriais voltados para modernização da agricultura de base empresarial voltada para exportação em complexos agroindustriais (CAI´s), financeirização da agricultura, estrangeirização de terras, desterritorialização de políticas públicas e do consenso das *commodities*, cujos atores representam os setores ruralistas do agronegócio exportador, objetivando

a “manutenção de sua posição fundiária, social e de influência política” (Sencebé e Cazella, 2019, p. 218).

Sob essa nova realidade, Pompeia (2020, p. 2) caracteriza essa configuração a partir da década de 2010 no setor agrário como uma “concertação política”, abrangendo interações de organizações distintas de complexos agroindustriais (CAI’s) com hierarquias estabelecidas e divisões de funções de novos atores nas arenas políticas, sobressaindo as ações da Frente Parlamentar da Agropecuária (FPA) e Instituto Pensar Agropecuária (IPA) que atuam no Congresso Nacional. E a Associação Brasileira do Agronegócio (ABAG), Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e Conselho do Agro que atuam predominantemente no Executivo Federal.

Nesse mesmo observar, Pereira Leite (2019, p. 4) denomina essa pauta atual de “questão agrária no século XXI”, com características de atuação de mesmos atores na arena política nacional, porém sob nova estrutura, decorrente da alta valorização e estrangeirização de terras brasileiras e deslocamento da população campesina para centros do agronegócio sob a lógica de trabalho precário e ou escravo. Esses novos arranjos possuem caráter financeirizados, com forte articulação intersetorial e constituição de modernos complexos agroindustriais.

Nesse cenário, os achados da pesquisa indicam para avanços nas políticas agrícolas de combate à fome, e ao mesmo tempo, consolidação do latifúndio nas políticas agrárias. Uma dicotomia e conflitos de normas em que o resultado não poderia ser outro, conforme verificado no censo agropecuário de 2017, onde aponta que “a estrutura fundiária brasileira ainda apresenta um alto grau de concentração, que se manteve, praticamente, inalterado entre 1985 e 2006, e cresceu no último levantamento. Os dados do Censo Agropecuário 2017 seguem revelando um país estruturado em fortes e persistentes desigualdades” (IBGE, 2020, p. 49/50).

Para essa situação contemporânea, Maluf (2020) destaca que o atual paradoxo da fome no Brasil tem como causa a questão fundiária de acesso à terra que ainda se reproduz. Nesse contexto, Matheus, Souza-Esquerdo e Silva (2024, p. 3 e 11), constata que “nossa hipótese é a de que uma política de reforma agrária, com bases agroecológicas, é atual e capaz de dar respostas à situação de insegurança alimentar e fome vivenciada por pessoas em vulnerabilidade social, principalmente em situações de crises alimentares” e que “é necessário que a concentração de terras seja superada, a favor de melhores condições de

vida, do cuidado com o meio ambiente e como medida de garantia à produção de alimentos saudáveis e, conseqüentemente, da segurança e soberania alimentar.”

### **Dos achados quanto ao cooperativismo campestre, à agricultura multifuncional e o combate à fome no contexto do século XXI**

No que concerne às políticas públicas voltadas para a agricultura multifuncional e para o cooperativismo campestre, constata-se pela pesquisa bibliográfica e pela pesquisa legislativa que nessa articulação há uma perspectiva eficaz de combate à fome, nas legislações promulgadas a partir terceira fase de políticas públicas citadas na figura 1, que contemplam o fomento a uma agricultura multifuncional agroecológica e ao cooperativismo na agricultura familiar.

Nesse aspecto, citamos as seguintes leis que promoveram a MFA e o cooperativismo familiar campestre: a lei da agricultura familiar que estabeleceu em seus dispositivos a MFA nos artigos 4º, II e 5, VIII (sustentabilidade), 5º, I e V (geração de renda), e o cooperativismo familiar no art. 5º, IX (Brasil, 2006); a lei de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) que estabeleceu em seus dispositivos a MFA nos artigos 4º, VIII (geração de renda), 3º, I e 4º, I (sustentabilidade), 3º, VI (segurança alimentar) e o cooperativismo no art. 4º, IX (Brasil, 2010); o Decreto que institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica, que estabeleceu em seus dispositivos a MFA nos artigos 3º, I (segurança alimentar), 3º, IV, 4º, III e V (geração de renda) 3º, III (sustentabilidade) (Brasil, 2012); a recente lei que estabelece novas disposições para o PAA e regula o Programa Cozinha Solidária, que estabeleceu em seus dispositivos a MFA nos artigos 2º, VII (sustentabilidade), 2º, I (geração de renda), 2º, II; e 14, §1º, I (combate à fome e à insegurança alimentar) e cooperativismo familiar no art. 2º,V (Brasil, 2023); o Decreto que institui o Programa Nacional de Pesquisa e Inovação para a Agricultura Familiar e a Agroecologia, que estabeleceu em seus dispositivos a MFA nos artigos 2º, VIII e X, 3º, IV (sustentabilidade) e 2º, II (segurança alimentar) (Brasil, 2024) e a lei que instituiu a Política Nacional de Economia Solidária que estabeleceu em seus dispositivos a MFA nos artigos 5º, XII, 6º, V; 7º, II e IV (geração de renda), 5º, IV e 6º, XI (sustentabilidade) e o cooperativismo no art. 6º, III (Brasil, 2024).

Corroborando com essa lógica, analisa-se também a pesquisa bibliográfica no site *"Por dentro da África"*, que citou o entendimento da ONU sobre a relação entre cooperativismo, sustentabilidade e combate à fome, nas palavras

Secretário-Geral da ONU, Ban Ki-moon no Dia Internacional das Cooperativas, afirmando que “as cooperativas desempenham um papel importante em muitas sociedades. Acreditamos que elas possam dar contribuições significativas para o Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em termos de geração de emprego, erradicação da pobreza, redução da fome e da desigualdade [...] É preciso que os governos criem um ambiente propício para que as cooperativas prosperem e cresçam. Vamos aproveitar o poder das cooperativas para atingirmos os ODS e criarmos um mundo de dignidade e oportunidade para todos” (Por dentro da África, 2016).

Para embasar essa constatação, registramos também a pesquisa em dados secundários que alimentam também as fontes de evidência desta análise, onde se estabelece uma relação entre MFA e o Combate à fome, qual seja a pesquisa de campo realizada no Assentamento Mandacaru, em Petrolina-PE, Município integrante do Território do Sertão do São Francisco no período de 28 de março de 2021 a 28 de abril de 2021, localizado no semiárido brasileiro (S 09°16'18" - W 040°35'54"), às margens da BR 407, por Oliveira (2021).

Nessa pesquisa de campo no agroecossistema do Assentamento Mandacaru, constatou-se lotes individuais com produção sustentável e uma horta agroecológica devidamente estruturada com as culturas produzidas pela comunidade, o que representa uma contribuição significativa na disponibilidade e no acesso a alimentos no semiárido nordestino.

Evidenciou-se um papel ativo de mulheres exercendo a agricultura familiar no cultivo dessas culturas no Assentamento Mandacaru. Não é por acaso que organismos internacionais entenderam que o caminho para a redução da pobreza, o combate à fome e o desenvolvimento sustentável passa pelo papel ativo da mulher em seu território rural e pela produção agroecológica (FAO, 2018).

Ainda, quanto à promoção de segurança alimentar e do combate à fome no Assentamento Mandacaru foram identificados que 58,3% dos entrevistados informaram que a alimentação de sua família é produzida nos seus próprios lotes e que 62,5 % dos entrevistados responderam que o produzido e comercializado a partir de seus lotes é suficiente para sustentar suas famílias; que 54,2% dos entrevistados vendem seus produtos mediante o PNAE e 58,3% no PAA, exercendo função importante de abastecer a sociedade com esses alimentos saudáveis; que 58,3% dos entrevistados possuem certificação de orgânico na

sua produção, atestando a qualidade dos alimentos fornecidos, inclusive com utilização de compostagem no processo de adubação.

De outra parte, a pesquisa também evidenciou os alimentos comuns consumidos pelas famílias diariamente nas principais refeições do Assentamento Mandacaru. Revelou-se nessas respostas o consumo de ovo, pão, café, cuscuz, leite e tapioca no café da manhã. No almoço e janta o consumo de ovo, carne, feijão, arroz, macaxeira, verduras, legumes e frutas. Também foi constatado que 70,8% dos pesquisados realizam merendas em suas tardes.

Quanto aos aspectos da preservação da paisagem natural do Assentamento Mandacaru, 87,5% dos entrevistados responderam que não há desmatamento no espaço rural da comunidade, 83,3% dos entrevistados responderam que já plantaram árvores no assentamento e 87,5% dos entrevistados responderam que há a preservação da área de reserva legal instituída na implantação do espaço rural.

Nesse cenário, os dados da agricultura familiar praticada no Assentamento Mandacaru sugerem a constatação da MFA nesse agroecossistema do território, cujo modelo de produção a partir do minifúndio implantado via reforma agrária em escala local, assegura um efetivo mecanismo de combate à fome, o fornecimento de alimentos saudáveis para a sociedade, o fortalecimento de políticas territoriais e um desenvolvimento rural sustentável.

Por assim dizer, na construção da triangulação dos dados achados e dos métodos utilizados nessa pesquisa, o que se observa é que de fato que a fome e a insegurança alimentar são acepções distintas de uma mesma realidade. Tais fenômenos sempre existiram na história da sociedade brasileira e que a orientação das políticas públicas fundiárias que consolidaram o latifúndio no país e a ausência de uma reforma agrária de base contribuíram para reprodução desse fenômeno até o presente século, mesmo com avanços significativos nas políticas agrícolas voltadas para a agricultura familiar a partir da terceira geração de políticas públicas no século XXI.

Os horizontes do atual século apontam para avanços nunca vistos na agricultura familiar nos séculos passados, principalmente no que concerne ao cooperativismo campesino e a multifuncionalidade da agricultura, perspectiva que promove para além da produção, a manutenção do tecido social do campesinato, a sustentabilidade do espaço rural, o combate à fome e à insegurança

alimentar, pautas que se encontram contempladas nas legislações agrícolas da terceira geração de políticas previstas na figura 1 deste artigo.

Por fim, sugere-se o fomento à inovação e à articulação em redes previstas nas recentes legislações aprovadas nesses últimos anos de 2023 e 2024 referentes à agroecologia, agricultura familiar, PAA, cozinha solidária e economia solidária, na perspectiva territorial, campo fértil para novas pesquisas, produção de novidades e participação social, estimulando os atores da academia, dos povos originários e tradicionais, e dos movimentos sociais que se orientam por referenciais de políticas públicas que fomentam a agricultura multifuncional e o cooperativismo campestre, a fim de se prevalecer nas arenas políticas a construção de uma reforma fundiária nesse país. As políticas agrárias e agrícolas precisam caminhar sob orientação dos mesmos referenciais de políticas públicas, voltadas para agricultura familiar de base ecológica.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Do exposto, o modelo histórico de programas públicos fundiários não resolveu o flagelo da fome no semiárido nordestino, no Território do Sertão do São Francisco (PE), inobstante a promulgação de algumas leis agrícolas na terceira geração de políticas públicas no atual século com viés voltado para a MFA e para o cooperativismo campestre. Foram leis de fundamental importância para a agricultura familiar, contudo dissociadas de uma reforma fundiária.

Por outro enfoque, a pesquisa bibliográfica e a legislativa evidenciam que o cooperativismo camponês associado a uma agricultura multifuncional, constatada também nos dados secundários da pesquisa de campo no agroecossistema do Assentamento Mandacaru neste território pesquisado, apresentam-se como possibilidades concretas para o combate à fome, a promoção da segurança alimentar e a geração de emprego e renda no *lócus* de pesquisa, fomentando, ainda a promoção do ODS 1 (combate à pobreza), ODS 2 (combate à fome), ODS 3 e 12 (vida saudável e consumo de alimentos sustentáveis) da ONU, desde que associados a uma reforma agrária ampla, democrática e de base estrutural.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA SENADO. **A questão agrária**. Edição 71, 2020. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/arquivo-s/ha-170-anos-lei-de-terras-desprezou-camponeses-e-oficializou-apoio-do-brasil-aos-latifundios>. Acesso em: 12 fev. 2025.

BURITY, V. *et al.* Direito humano à alimentação adequada no contexto da segurança alimentar e nutricional / Brasília, DF: **Abrandh**, 2010. 204p. Disponível em: [https://fianbrasil.org.br/wp-content/uploads/2016/12/dhaa\\_no\\_contexto\\_da\\_san.pdf](https://fianbrasil.org.br/wp-content/uploads/2016/12/dhaa_no_contexto_da_san.pdf). Acesso em: 10 dez. 2024.

BÜTTENBENDER, B. N. **O modelo cooperativo na construção das condições para a sustentabilidade**. 2022. Tese de Doutorado. Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, Brasil.

BRASIL. **Cooperativas comprometidas com a Agenda 2030**. 2020. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/presscenter/articles/2020/cooperativascomprometidas-com-a-agenda-2030-.html>. Acesso em: 13 out. 2024.

BRASIL. Lei nº **601, de 18 de setembro de 1850**, dispõe sobre terras devolutas do império. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L0601-1850.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L0601-1850.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº **4.504, de 30 de novembro de 1964**. Dispõe sobre o Estatuto da Terra. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4504.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4504.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. 5 de outubro de 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº **10.696, de 2 de julho de 2003**. Institui o Programa de Aquisição de Alimentos - PAA. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/l10696.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10696.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº **11.326, de 24 de julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº **11.346, de 15 de setembro de 2006**. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/l11346.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11346.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº **11.947, de 16 de junho de 2009**. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº **12.188, de 11 de janeiro de 2010**. Institui a Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural para a Agricultura Familiar e Reforma Agrária – PNATER. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12188.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12188.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 7.794, de 20 de agosto de 2012**, que Institui a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/decreto/d7794.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7794.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. **Ministério da Economia. Plano Plurianual**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa>. Acesso em: 31.10.2021.

BRASIL. Lei nº **14.628, de 20 de julho de 2023**. Institui o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Cozinha Solidária. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2023-2026/2023/Lei/L14628.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Lei/L14628.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 12.287, de 3 de dezembro de 2024.** Institui o Programa Nacional de Pesquisa e Inovação para a Agricultura Familiar e a Agroecologia. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2024/decreto/D12287.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/D12287.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. **Lei nº 15.068, de 23 de dezembro de 2024.** Dispõe sobre os empreendimentos de economia solidária e a Política Nacional de Economia Solidária. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2024/lei/L15068.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L15068.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

BRITO, F. R. S. S.; BAPTISTA, T. W. F. Sentidos e usos da fome no debate político brasileiro: recorrência e atualidade. **Cadernos de Saúde Pública** [online]. v. 37, n. 10 [Acessado 30 Outubro 2021], e00308220. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00308220>. ISSN 1678-4464. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00308220>. Acesso em: 10 dez. 2024.

CASTRO, J. de. **Geografia da fome.** O dilema brasileiro: pão ou aço. Edições Antares, 1984.

CONSEA. III Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - Por um Desenvolvimento Sustentável com Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional - Relatório Final. Organizada pelo Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Consea) e Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), 2007.

CHIODI, R. E.; MORUZZI MARQUES, P. E. Multifuncionalidade da Agricultura e Serviços ambientais: aproximações e distanciamentos como referenciais de políticas públicas. **Desenvolvimento em Questão**, 16(45), 214-232. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2018.45.214-232>. Acesso em: 10 dez. 2024.

CARNEIRO, M. J.; MALUF, R.S. **Para além da produção.** Editora Mauad. Rio de Janeiro, 2003.

FAO. Agricultura sustentável é a chave para o fim da fome no mundo, diz FAO. 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/agricultura-sustentavel-e-a-chave-para-o-fim-da-fome-no-mundo-diz-fao/>. Acesso em: 10 dez. 2024.

GRISA, C.; SCHNEIDER, S. Três gerações de políticas públicas para a agricultura familiar e formas de interação entre sociedade e estado no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural** [online]. 2014, v. 52, suppl 1, pp. 125-146. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032014000600007>. Epub 19 Fev 2015. Acesso em: 13 out. 2024.

IBGE. Atlas do espaço rural brasileiro. Coordenação de Geografia. **Censo Agropecuário 2017**- 2. ed. - Rio de Janeiro: 2020. 324 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catálogo?view=detalhes&id=2101773>. Acesso em: 13 out. 2024.

IPEA. O Mapa da Fome: Subsídios à Formulação de uma Política de Segurança Alimentar. Coord Anna Maria T.M. Peliano, 1993. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=28913](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=28913). Acesso em: 13 out. 2024.

IPEA. Políticas sociais: acompanhamento e análise. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/politicas\\_sociais/210826\\_boletim\\_bps\\_28.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/politicas_sociais/210826_boletim_bps_28.pdf) Brasília: Ipea, v. 1, n. 17, 2008. Acesso em: 13 out. 2024.

IPEA. A trajetória histórica da segurança alimentar e nutricional na agenda política nacional: projetos, descontinuidades e consolidação. Org. Sandro Pereira Leite. Rio de Janeiro, 2014. ISSN 1415-4765. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3019/1/TD\\_1953.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3019/1/TD_1953.pdf). Acesso em: 13 out. 2024.

MALUF, R.S. Tempos sombrios de pandemia e fome: responsabilidades da pesquisa em soberania e segurança alimentar e nutricional. **Segurança Alimentar e Nutricional**. [Internet]. 10º de junho de 2020 [citado 31º de outubro de 2021];27:e020020. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8659993>. Acesso em: 17 out. 2024.

MATHEUS, A. C.; SOUZA-ESQUERDO, V. F. de; SILVA, V. G. da. Acesso à terra, solidariedade e a promoção da segurança e soberania alimentar. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, SP, v. 31, n. 00, p. e024014, 2025. DOI: 10.20396/san.v31i00.8677585. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8677585>. Acesso em: 12 fev. 2025.

MARTINS FILHO, I. G. da S. Evolução Histórica da Estrutura Judiciária Brasileira. **Revista Jurídica Virtual**, Brasília, v. 1, n. 5, set. 1999. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/revista/Rev\\_05/evol\\_historica.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/revista/Rev_05/evol_historica.htm). Acesso em: 12 fev. 2025.

MELO, T. da S. A correlação entre o latifúndio e o estado brasileiro. **Revista Equador**, v. 10, n. 01, p. 160-181, 2021.

MULLER, P. **As políticas públicas**. Tradução Carla Vicentine. Editora Eduff, 2018.

NOZOE, N. Sesmarias e apossamento de terras no Brasil colônia. **Revista Economia**, v. 7, n. 3, p. 587-605, 2006.

OLIVEIRA, S.H. **Dinâmica das políticas públicas no enfoque das múltiplas funções da agricultura no Assentamento Mandacaru em Petrolina-PE**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). 2021.

PEREIRA LEITE, S. Dinâmicas de terras, expansão do agronegócio e financeirização da agricultura: por uma sociologia das transformações agrárias. **Revista Latinoamericana de Estudios Rurales**. ISSN: 2525-1635. 2019. Disponível em: [www.ceil-conicet.gov.ar/ojs/index.php/revistaalasru/article/view/560](http://www.ceil-conicet.gov.ar/ojs/index.php/revistaalasru/article/view/560). Acesso em: 13 out. 2024.

POMPEIA, C. Concertação e Poder. O agronegócio como fenômeno político no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, vol. 35, n. 104, 2020.

POR DENTRO DA ÁFRICA. ONU destaca importância das cooperativas para a criação de empregos no mundo. Disponível em: <https://pordentrodafrica.com/meio-ambiente/onu-destaca-importancia-das-cooperativas-para-criacao-de-empregos-no-mundo>. 2016. Acesso em: 17 out. 2024.

PNUD BRASIL. Programa das nações unidas para o desenvolvimento. Cooperativas comprometidas com a Agenda 2030. 2020. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/presscenter/articles/2020/cooperativascomprometidas-com-a-agenda-2030-.html>. Acesso em: 17 out. 2024.

PRADO JÚNIOR, C. **Formação do Brasil contemporâneo**. São Paulo: Brasiliense, 2006.

SABOURIN, E. P. MULTIFUNCIONALIDADE E RELAÇÕES NÃO-MERCANTIS: manejo de recursos comuns no Nordeste. **Caderno CRH**. Salvador, v. 23, n. 58, p. 151-169, Jan./Abr. 2010. Disponível em: <https://rigs.ufba.br/index.php/crh/article/view/18979>. Acesso em: 17 out. 2024.

SENCÉBÉ, Y.; CAZELLA, A. A. Desigualdades fundiárias e dualidade da agricultura: olhares cruzados França-Brasil. Diálogos contemporâneos acerca da questão agrária e agricultura familiar no Brasil e na França, p. 205-218, 2019.

VASCONCELOS, F. A. G. Combate à fome no Brasil: uma análise histórica de Vargas a Lula. **Revista de Nutrição** [online]. 2005, v. 18, n. 4 [Acessado 30 Outubro 2021], pp. 439-457. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732005000400001>. Epub 22 Set 2005. ISSN 1678-9865. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732005000400001>. Acesso em: 17 out. 2024.

## **FERTIRRIGAÇÃO COM NPK, EFLUENTE DE TILAPIA E UREIA NO CULTIVO DE RÚCULA EM SOLO**

Elder Samuel Lopes Martins

Programa de pós graduação do Instituto de Pesca

Ana Lúzia de Souza Araújo

Programa de pós graduação do Instituto de Pesca

Edison Barbieri

Instituto de Pesca – Governo do Estado de São Paulo

# RESUMO

**Objetivo:** o presente estudo avaliou os efeitos da fertirrigação com efluentes de tilápia, fertilizantes NPK e ureia em combinação com efluente de tilápia no crescimento da rúcula em solo. **Métodos:** a pesquisa foi conduzida na Fazenda Sonho Meu, localizada em Jacupiranga, SP. Foram aplicados diferentes tratamentos de fertirrigação, denominados controle, efluente, NPK e ureia/efluente. **Resultados:** a aplicação de efluente de tilápia com tratamento efluente aumentou a concentração de matéria orgânica, fósforo e potássio no solo. No entanto, os tratamentos ureia/efluente e NPK demonstraram resultados superiores no desenvolvimento da rúcula. A produção de rúcula no tratamento ureia/efluente atingiu maior produção em relação ao tratamento NPK. Os resultados sugerem que o NPK é eficaz, porém necessita de matéria orgânica, enquanto no tratamento ureia/efluente revela-se promissor, promovendo o crescimento da rúcula superior ao tratamento com NPK. **Conclusão:** a tilápia mostrou resistente em tanque de sistema intensivo com ganho de peso diário de 1,6 g. Assim, estratégias integradas entre agricultura e piscicultura emergem como uma abordagem sustentável e eficiente para a produção agrícola.

**Palavras-chave:** *Eruca sativa*; eutrofização; *Oreochromis niloticus*; piscicultura; sustentável.

## INTRODUÇÃO

A produção agrícola é essencial para suprir as demandas alimentares da crescente população mundial (Beltran-Peña *et al.*, 2020). Dentro desse contexto, a atenção tem voltado cada vez mais para o uso de técnicas de fertirrigações e a valorização de resíduos orgânicos na agricultura. A utilização de materiais orgânicos e efluentes de piscicultura promove uma prática sustentável, a fim de contribuir para a redução de impactos ambientais em produções agrícolas (Marinho, 2022).

Nos últimos anos, houve crescimento significativo na produção aquícola. Segundo dados da Peixe BR, (2024), a produção do terceiro trimestre subiu 72% em relação ao ano de 2023. Em 2024, o Brasil consolidou-se como quarto maior produtor de tilápia, destacando-se como líder em exportações, com 92% de participação no mercado internacional.

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), pertencente à ordem Cichliformes, família Cichlidae, e gênero *Oreochromis*, é originária do continente africano, e tem sido reproduzida com sucesso, trazendo benefícios econômicos, sociais e ambientais atrativos. (Urías-Sotomayor; Maeda-Martínez, 2023).

O cultivo de tilápia em tanques circulares com o sistema de produção aberto é uma estrutura projetada para facilitar o armazenamento e a distribuição de água, geralmente utilizando a gravidade para controlar o fluxo e a liberação de efluentes (De Brito; Costa, 2023). Esses tanques são amplamente utilizados na aquicultura, especialmente em sistemas que exigem ambientes controlados para o desenvolvimento da vida aquática (Kiener *et al.*, 2023).

O efluente da piscicultura é rico em nitrogênio, fósforo e matéria orgânica (Saraiva; Lima, 2023). A quantidade de nutrientes excretados, especialmente amônia, depende de fatores como densidade de peixes, biomassa e a quantidade de alimento administrado (Medeiros *et al.*, 2022). Para cada tonelada de tilápias produzida, estima-se que aproximadamente 1.040,63 kg de matéria orgânica, 44,95 kg de nitrogênio e 14,26 kg de fósforo sejam liberados no ambiente (Sátiro *et al.*, 2022). Conforme observado por Lima *et al.* (2021), os peixes cultivados assimilam entre 20% e 50% do nitrogênio e entre 15% e 65% do fósforo presente na ração, enquanto o restante é excretado.

A amônia constitui o subproduto metabólico nitrogenado primordial resultante do catabolismo proteico. A maioria dos peixes ósseos exibe uma estratégia

de excreção monotélica, o que significa que eliminam principalmente a amônia tóxica por meio das brânquias e estruturas tegumentares. Após a difusão do gás amônia ( $\text{NH}_3$ ) do epitélio branquial, envolve-se em uma reação com íons  $\text{H}^+$  para gerar  $\text{NH}_4^+$  iônico, desse modo o processo de retenção de ácido serve para manter um gradiente de concentração favorável, facilitando a difusão do  $\text{NH}_3$  (Lin; Horng, 2023).

A ureia ( $\text{NH}_2)_2\text{CO}$  é o principal produto final do processo metabólico, mais amplamente utilizado no mundo, é preferido pela alta concentração de nitrogênio 46% o que ajuda no desenvolvimento foliar das plantas (Da Costa *et al.*, 2020). Desta forma, a ureia é o fertilizante nitrogenado ideal para fertirrigação, pois permite otimizar o uso sincronizado e a aplicação do adubo como as necessidades das hortaliças (Lima *et al.*, 2024).

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça folhosa apreciada como salada no Brasil. As folhas têm sabor levemente picante, que pode variar conforme a espécie e o ambiente de cultivo. Assim, nos últimos anos observou-se aumento notável no cultivo e consumo da rúcula em comparação com outras hortaliças folhosas (Ceccherini *et al.*, 2022). Originária da região mediterrânea, a rúcula destaca-se pelos benefícios à saúde, sendo rica em vitaminas A, C e K, além de outros minerais como cálcio e ferro (De Oliveira *et al.*, 2021).

O cultivo da rúcula demanda nutrição adequada, com destaque para os macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) que são essenciais para o desenvolvimento vigoroso das hortaliças (Lopes *et al.*, 2021). Além disso, a presença de matéria orgânica em alta concentração é fundamental, pois melhora a retenção de umidade no solo e facilita a absorção de nutrientes, contribuindo para o crescimento saudável das hortaliças (Pereira *et al.*, 2021).

A utilização do efluente gerado na produção de tilápia em taques circulares contém alta concentração de fósforo, e pode ser uma alternativa sustentável e eficiente para o cultivo de hortaliças como a rúcula, reduzindo o impacto ambiental e os custos com fertilizantes químicos (Baioni *et al.*, 2017). O uso de efluentes de pisciculturas contribui para a redução do risco de eutrofização de rios e represas (Carvalho *et al.*, 2024).

Desta forma, este estudo fornece informações relevantes sobre a eficiência no manejo de efluentes da piscicultura, avaliando os efeitos da fertirrigação

com NPK, efluente de tilápia do Nilo com ureia no crescimento da rúcula (*Eruca sativa*) em solo.

## MÉTODOS

### Área do experimento

O experimento foi realizado em uma área localizada no Vale do Ribeira, município de Jacupiranga-SP, bairro Rio Turvo, Fazenda Sonho Meu (24°39'34.77"S e 48°02'32.01"O).

### Organização dos tratamentos

A área onde foram realizados os experimentos possui 120 m<sup>2</sup>, onde foram adicionados corretivos ½ tonelada de matéria orgânica e 40 kg CalMag+S para corrigir pH e alumínio no solo, em seguida foi realizada a montagem de 16 canteiros com 2,5 m<sup>2</sup> cada. Após o período para correção de pH e alumínio (60 dias) foi realizada amostragem de solo (0 – 20 cm) para determinar o pH, matéria orgânica, fósforo, potássio e alumínio de cada tratamento. Foram separadas quatro réplicas (canteiros) para cada tratamento, e nomeados os tratamentos da seguinte forma: controle (1, 2, 3 e 4), efluente (1, 2, 3 e 4), NPK (1, 2, 3 e 4) e ureia/efluente (1, 2, 3, e 4) e 4).

### Sistema aberto de tratamento e reutilização de efluente de tilápia do Nilo

A montagem do sistema aberto de tratamento e reutilização de efluentes foi realizada de acordo com as diretrizes estabelecidas pela cartilha de aquaponia do SENAR (2022), sendo retirada a recirculação e adicionada a capitação de efluentes. O sistema inclui um tanque circular com capacidade de 1 m<sup>3</sup> para criação de tilápias do Nilo, com uma bomba oxigenadora de 2.000 L, um termostato 500 W regulado para 30°C e um termômetro aqualimpe. O tanque biodigestor tem 100 L, no interior possui uma tela e 120 biomídias para filtro biológico e um tanque de armazenagem de efluente com capacidade máxima de 1.000 L.

Foram introduzidas 50 tilápias juvenis, com peso variando entre 35 g e 45 g no tanque. A alimentação da tilápia foi realizada duas vezes ao dia. Totalizando 150 g/dia de ração com 32% de proteína. Durante as primeiras quatro semanas

foi utilizado ração de 4 mm, que posteriormente foi substituída por uma granulometria de 6 mm.

### **Sistema de captação e tratamento de efluente**

A tilápia excreta amônia e fezes contendo material orgânico, que decanta no fundo do tanque. Após 15 dias de funcionamento o filtro biológico estava ativo realizando a quebra eficiente do efluente. A cada três dias, o tanque de tilápia gera uma nova carga de efluente com alto potencial nutritivo, contendo macro e micronutrientes. Nesse processo, é coletado 100 L de água de fundo do tanque de tilápia (efluente) e direcionadas por gravidade, para o tanque de biodigestor onde as. O efluente ao entrar no tanque biodigestor passa pelo filtro biológico e inicia-se o processo de volatilização do nitrogênio devido as bactérias nitrificadoras presente no tanque biodigestor. Com a entrada de 100 L de efluente, no tanque biodigestor é liberado e conduzido o por gravidade 100 L de efluente para o tanque de armazenagem de efluente. No qual ocorre uma nova etapa de volatilização do nitrogênio para atmosfera. Após 1.000 L de efluente armazenado, foram coletadas amostras para realizar a análise físico-química.

### **Controle da temperatura, pH e turbidez do tanque elevado**

A temperatura do tanque de tilápia foi controlada por termostato de 500 W com variação de temperatura entre 27°C a 30°C. As aferições de temperatura e pH foram realizadas a cada três dias com auxílio de um pH metro manual (INCOTERM). Os dados de temperatura e pH foram conferidos com termômetro boia (POOLTEC) e fita de pH universal (MQUANT). As medições de turbidez foram efetuadas com turbidímetro portátil (WATERPROOF), mantendo o mesmo procedimento das aferições de temperatura e pH.

### **Montagem dos tanques de fertirrigação**

Foram instalados quatro tanques circulares 2 com capacidade máxima de 1.000 L e dois com 500 L de armazenagem. O tanque (1) tratamento controle (1.000 L de água de poço pH 6,5), tanque (2) tratamento efluente (1.000 L de efluente de tilápia pH 6,5), tanque (3) tratamento NPK (423 L da fertirrigação de NPK 2,9 g/L pH 6,5) e tanque (4) tratamento ureia/efluente na montagem do

tanque (4) foram coletados 423 L do efluente de tilápia do tanque (2) e adicionado no tanque (4), em seguida foram diluídos 533 g de ureia 46%, em 423 L de efluente o pH da diluição foi ajustado para 6,5.

### **Plantio da rúcula**

Antes do plantio da rúcula foi realizada a correção de solo, ajustando o pH para condições ideais para o cultivo da rúcula, em seguida foram montados os canteiros com 20 cm de altura, 2,5 m de comprimento e com 60 cm de largura; após a montagem dos canteiros foi efetuado o plantio das sementes de rúcula gigante, folha larga em sulcos de plantio. Em cada tratamento, foram semeados 10 g de semente de rúcula totalizando 40 g distribuídos em 16 canteiros em sulcos de plantio. Durante os primeiros sete dias, os canteiros foram irrigados com água, aplicando-se 80 L para cada tratamento. Observou-se a germinação em todos os tratamentos. Com a confirmação da germinação, iniciaram-se as medições durante o crescimento entre os tratamentos sendo de três em três dias, seguindo até o final do experimento, em que foi efetuada a colheita da rúcula e pesagem para determinar a quantidade de produção de cada tratamento.

### **Delineamento das fertirrigações nos tratamentos**

O delineamento experimental contou com quatro tratamentos (tipo de fertirrigação) e quatro repetições (canteiros de rúcula). Os tratamentos foram (1) tratamento controle (irrigação com água) canteiros: C1, C2, C3, C4; (2) tratamento efluente (fertirrigação com efluente de piscicultura) canteiros: E1, E2, E3, E4; (3) tratamento com NPK (fertirrigação com NPK) canteiros: N1, N2, N3, N4 e (4) tratamento ureia/efluente (fertirrigação com efluente de piscicultura adicionado de ureia) canteiros: U1, U2, U3, U4. O procedimento de irrigação teve o intuito de padronizar a quantidade de água presente em canteiros, mantendo a mesma aplicação com porções iguais para todos os tratamentos. As fertirrigações efluente, NPK e ureia/efluente foram ajustadas para mesma concentração de fósforo ( $P_2O_5$ ) 0,09 g/L e a mesma concentração de nitrogênio 2,46 g/L em tratamentos NPK e ureia/efluente. Utilizaram-se 423 L de líquidos para cada tratamento, dividido em quatro seções de 105,75 L (26,440 L para cada réplica). As aplicações foram

realizadas com regadores de 5 L com medição aferida por proveta graduada de 1.000 mL de plástico.

### **Análise das fertirrigações e análise foliar**

As análises foliar e das fertirrigações seguiram os parâmetros metodológicos recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2014).

### **Análise das fertirrigações**

Após a montagem das fertirrigações foram coletados 200 mL de cada uma das fertirrigações e, em seguida, foi procedida a análise no laboratório de solos da UNESP - Registro-SP. Foram realizados dois procedimentos analíticos para determinar a concentração real de nutrientes e análise físico-química das propriedades solúveis e análise do precipitado presente na amostra de efluente. Com base nas concentrações de efluente solúvel e efluente precipitado, foi calculada a concentração de nitrogênio ( $N_2$ ), fósforo ( $P_2O_5$ ) e potássio ( $K_2O$ ) em gramas por litro.

### **Análise foliar**

Na análise foliar, foram coletados 200 g de amostra de cada tratamento e levado para secar em uma estufa durante 72 h a 65°C. Após a secagem, o material foi moído e foram coletadas 40 g de amostra para realizar análise foliar a fim de determinar a concentração nitrogênio ( $N_2$ ), fósforo ( $P_2O_5$ ) e potássio ( $K_2O$ ) em gramas por litro.

### **Procedimento de análise do solo e do precipitado**

As análises de solo e precipitado seguiram os parâmetros metodológicos do Manual (Teixeira *et al.*, 2017).

### **Análise do precipitado**

Para coletar uma amostra homogênea do efluente, agitou-se o efluente durante 5 minutos, e coletou-se 1 litro da amostra homogeneizada com um becker de vidro. Para determinar os sólidos presentes em g/L, pesaram-se dez beckers

de 20 mL, anotando o peso de cada um. Agitou-se a amostra e adicionaram-se 10 mL em cada becker de vidro. Os beckers foram secos por 36 h a 105°C, e após esfriarem no desumidificador, pesou-se novamente para obter o peso do precipitado. Calculou-se a média de peso referente a oito beckers que tiveram o peso mais próximos para obter o peso real do precipitado em g/L.

Em seguida foram coletados 50 L do efluente homogeneizado para realizar a coleta de precipitado. Os 50 litros de efluente foram adicionados em um decantador de 80 litros e resfriado com bolsas de gelo 3 a 5°C por 24 horas, em que ocorreu a decantação total do sólido presente no efluente (1,2 kg de lodo). O lodo do efluente foi seco durante 72 h a 80°C, que após a secagem foi moído e homogeneizado; após coletaram-se 100 g para analisar e determinar a matéria orgânica (M.O), o fósforo ( $P_2O_5$ ) e o potássio ( $K_2O$ ).

### **Análise do solo**

A análise de solo foi realizada pelas amostras coletadas antes da aplicação das fertirrigações e após a aplicação em cada tratamento. A amostragem realizada foi de 0- 20 cm de profundidade. Em seguida, o solo foi levado para a secagem a 80°C por 72h e, posteriormente, realizada a moagem para homogeneização. Após moagem, foram coletados 100 g de cada amostra para realizar análises; pH, matéria orgânica (M.O), fósforo ( $P_2O_5$ ) e potássio ( $K_2O$ ).

## **RESULTADOS**

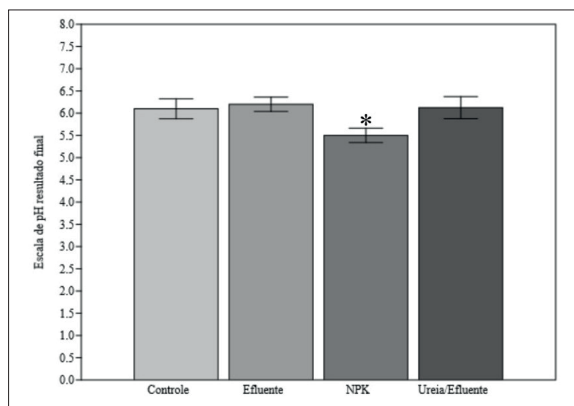
Os resultados obtidos no experimento foram alcançados após a realização de análises de solo, sendo antes e depois da aplicação das fertirrigações nos diferentes tratamentos (Controle, Efluente, NPK e Ureia). As análises de solo e foliar foram coletadas para comparar pH, matéria orgânica (M.O), fósforo ( $P_2O_5$ ) e potássio ( $K_2O$ ).

### **pH entre os tratamentos**

O pH do solo foi ajustado inicialmente para 6,5 entre todos os tratamentos, conforme a faixa ideal de 5,5 a 6,5 estipulada para produção de hortaliças. Após a aplicação dos tratamentos, verificou-se leve redução no pH: o tratamento controle apresentou pH de 6,1; o tratamento efluente, 6,2; o tratamento NPK, 5,5,

possivelmente pela acidificação causada pela ureia  $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$ , um componente do NPK, conforme descrito por Vieira *et al.* (2021). No tratamento ureia/efluente, a combinação de efluente com ureia aparentemente mitigou a acidificação causada pelo uso de ureia, mantendo o pH na faixa ideal para o cultivo de rúcula.

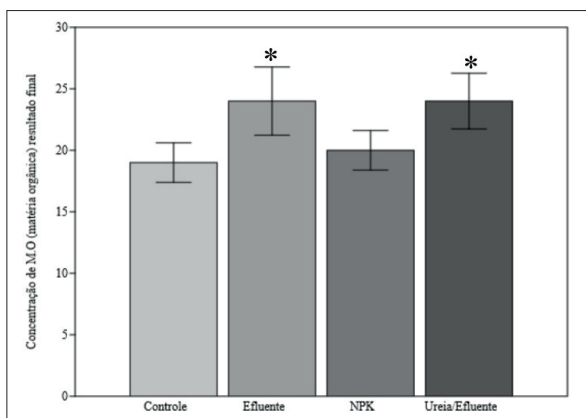
**Figura 1** – Demonstra a escala de pH entre os tratamentos, após a aplicação das fertirrigações nos tratamentos controle, efluente, NPK e ureia/efluente. As barras correspondem aos desvios-padrão (n=4). A análise estatística indica ( $p<0,05$ ) e os (\*) indica que há diferença estatística nos tratamentos em relação ao NPK.



## Matéria orgânica entre os tratamentos

A matéria orgânica inicial foi ajustada para  $21\text{ g/dm}^3$ , dentro da concentração ideal para produção agrícola 16 a  $30\text{ g/dm}^3$  (IAC, 2024). O tratamento controle mostrou leve redução da matéria orgânica de  $21\text{ g/dm}^3$  para  $19\text{ g/dm}^3$ . No tratamento com efluente, houve aumento significativo de  $20\text{ g/dm}^3$  para  $24\text{ g/dm}^3$ , possivelmente pela adição de componentes orgânicos presentes no efluente. Já o tratamento NPK apresentou redução de matéria orgânica de  $22\text{ g/dm}^3$  para  $20\text{ g/dm}^3$  o que atribui à ausência de insumos orgânicos no NPK. No tratamento ureia/efluente, a matéria orgânica aumentou de  $22\text{ g/dm}^3$  para  $24\text{ g/dm}^3$ , indicando que a combinação de efluente com ureia foi eficaz na manutenção da matéria orgânica do solo.

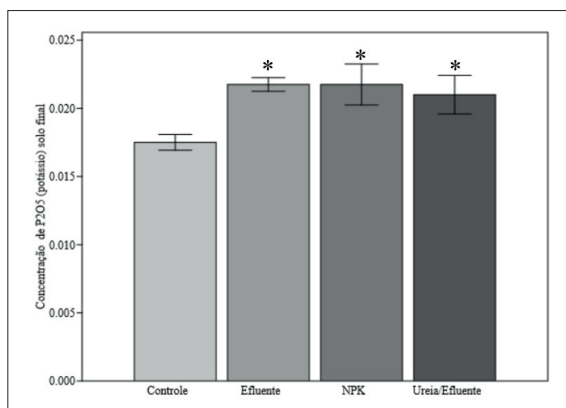
**Figura 2** - Concentrações médias de matéria orgânica (M.O) no solo após a aplicação das fertirrigações nos tratamentos controle, efluente, NPK e ureia/efluente. As barras correspondem aos desvios-padrão (n=4). A análise estatística indicou ( $p<0,05$ ) e os (\*) indica que há diferença estatística entre os tratamentos controle e NPK em relação aos tratamentos efluente e ureia/efluente.



### Concentração de fósforo entre os tratamentos

A concentração de fósforo ( $P_2O_5$ ) antes da aplicação dos tratamentos se encontrava: tratamento controle  $0,021 \text{ g/dm}^3$ ; o tratamento efluente  $0,020 \text{ g/dm}^3$ ; no tratamento NPK  $0,022 \text{ g/dm}^3$  e no tratamento ureia/efluente  $0,020 \text{ g/dm}^3$ . Após as fertirrigações (Figura 3), a análise de variância (ANOVA) indicou diferença estatística significativa ( $p<0,05$ ) entre o tratamento controle em relação aos demais. No tratamento controle, a redução do fósforo foi influenciada pelo consumo das plantas e lixiviação ocasionada pela irrigação de água sem entrada de nutrientes. Neste contexto, os tratamentos efluente e ureia/efluente, o fósforo aumentou consideravelmente pela presença desse elemento no efluente. No entanto, como discutido por Oliveira *et al.* (2024), o fósforo pode tornar-se menos disponível no solo. Já o tratamento com NPK não apresentou variação expressiva na fixação de fósforo.

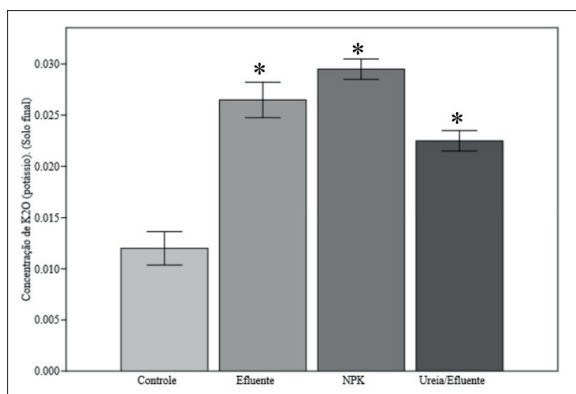
**Figura 3** - Concentrações médias de fósforo ( $P_2O_5$ ) do solo após a aplicação das fertirrigações e água nos tratamentos controle, efluente, NPK e ureia/efluente. As barras correspondem aos desvios-padrão (n=4). A análise estatística indicou ( $p<0,05$ ) e os (\*) indica que há diferença estatística nos tratamentos em relação ao controle.



### Concentração de potássio entre os tratamentos

A concentração de potássio ( $K_2O$ ) em solo antes da realização dos tratamentos se encontrava: tratamento controle 0,024 g/dm<sup>3</sup>; o tratamento efluente 0,022 g/dm<sup>3</sup>; no tratamento NPK 0,023 g/dm<sup>3</sup> e no tratamento ureia/efluente 0,020 g/dm<sup>3</sup>. No entanto, a Figura 4 representa a análise final após a realização das irrigações e fertirrigações nos tratamentos. Foi realizada análise estatística ANOVA o que revelou diferença estatística ( $p<0,05$ ) entre o tratamento controle em comparação aos demais tratamentos, indicando que o potássio foi consumido e lixiviado pela irrigação contínua. Desta forma, os tratamentos efluente, a concentração de potássio aumentou, porém o pH levemente elevado (6,5) do efluente dificultou a absorção desse nutriente pelas plantas. No tratamento NPK, a concentração foi maior que os demais, mas o pH 5,5 pode ter reduzido a absorção de potássio pelas plantas, o que está de acordo com as observações de Santos *et al.* (2021). Sobre a influência do pH na disponibilidade de nutrientes, no tratamento ureia/efluente, o pH ajustado em 6,1 favoreceu a absorção de potássio, beneficiando o crescimento da rúcula.

**Figura 4** - Concentrações médias de potássio ( $K_2O$ ) do solo após a aplicação das fertirrigações e água nos tratamentos controle, efluente, NPK e ureia/efluente. As barras correspondem aos desvios-padrão (n=4). A análise estatística indicou ( $p<0,05$ ) e os (\*) indica que há diferença estatística nos tratamentos em relação ao controle.



### Análise foliar da rúcula entre os tratamentos

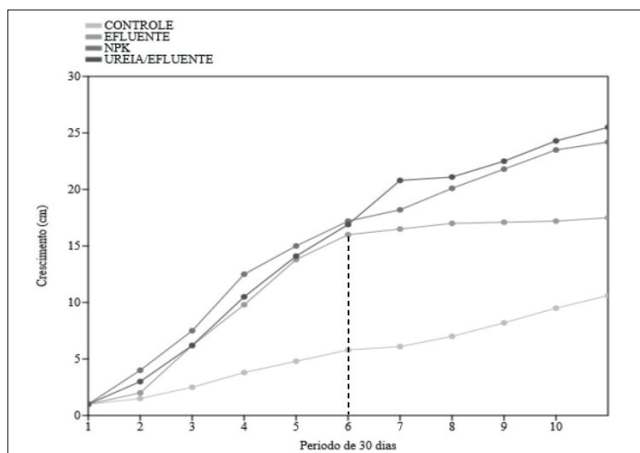
A análise foliar ao final dos tratamentos revelou-se que o tratamento ureia/efluente proporcionou maior absorção de nitrogênio sendo 42 g/kg, fósforo 2,7 g/kg e potássio com 25 g/kg superando o tratamento NPK apenas em valores de nitrogênio. O tratamento NPK absorção de 41g/kg de nitrogênio, 2,7 g/kg de fósforo e 26, g/kg de potássio. O tratamento controle apresentou os menores níveis de absorção: 26 g/kg de nitrogênio, 1,3 g/kg de fósforo e 14 g/kg de potássio, o que demonstra a deficiente formação da rúcula no tratamento controle especificado na Figura 5 (gráfico de crescimento). Porém, na análise foliar do tratamento efluente foi encontrado com 33 g/kg de nitrogênio, 2,7 g/kg de fósforo e 23 g/kg de potássio, teve valores inferiores ao tratamento ureia/efluente, que indica a superioridade do efluente em combinação com a ureia  $[(NH_2)_2CO]$ .

### Monitoramento do crescimento da rúcula

A Figura 5 representa o gráfico de crescimento das rúculas ao longo dos 30 dias de experimento, com medições a cada três dias. A altura média final de cada tratamento foi de 10,6 cm no tratamento controle, 17,5 cm no tratamento efluente, 24,2 cm no tratamento NPK e 25,5 cm, no tratamento ureia/efluente. Pedó *et al.* (2014) destacam que o nitrogênio é essencial para o desenvolvimento foliar. Assim, explica o melhor desempenho dos tratamentos NPK e ureia/efluente.

Porém, nota-se que as plantas no tratamento efluente tiveram crescimento normal e depois estagnou o crescimento pela baixa concentração de nitrogênio no efluente.

**Figura 5** - Medições das rúculas durante o período de 30 dias. Foram realizadas medições de três em três dias nos tratamentos controle, efluente, NPK e ureia/efluente. (n=4). A análise estatística indicou ( $p < 0,05$ ) e os (\*) indica que há diferença estatística nos tratamentos em relação ao controle.



### Produção de rúcula entre os tratamentos

A produção final de rúcula foi de 0,512 kg no tratamento controle, 6,7 kg no efluente 10,5 kg, NPK 11,5 kg no ureia/efluente. Ao pesar a produção entre os tratamentos foi realizada a análise estatística. Desta forma, a análise mostrou que a produção dos tratamentos NPK e ureia/efluente foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) em comparação com o tratamento controle, conforme o teste de Tukey. Assim, estes resultados evidenciam a eficácia do tratamento ureia/efluente para otimizar a produção de rúcula, alinhando-se aos achados de Jeronimo *et al.* (2022) que relatam sobre a reutilização de águas residuárias, que melhora a produção agrícola e reduz os custos de produção.

### Produção de tilápia do Nilo

Segundo Coutinho (2017), o controle de parâmetros ambientais como oxigenação, temperatura, turbidez e pH é fundamental para o crescimento e a saúde de tilápias em sistema de aquicultura intensiva. No experimento, a produção de tilápia do Nilo em tanque circular foi monitorada durante 12 semanas, mantendo as condições de oxigenação, temperatura, turbidez e pH da água controladas. Durante

o experimento não foi registrado mortalidade entre os espécimes. Na implantação do tanque circular efetuado, a pesagem de cada espécime resultou em um peso inicial de 2,095 kg e ao final do experimento foi realizada uma pesagem que resultou em 9,475 kg. O que possibilitou em ganho diário médio de 1,6 g e crescimento de 10 mm/dia, conforme relatado também por De Brito (2017) para sistemas de automação em piscicultura intensiva e potencial de crescimento das tilápias em condições ideais.

## DISCUSSÃO

De acordo com De Sousa *et al.* (2022), o pH ácido limita a disponibilidade de nutrientes essenciais, criando um ambiente hostil para plantas por contribuir para a deterioração da qualidade do solo ao longo do tempo. Desta forma, a necessidade de intervenção com corretivos de solo foi identificada para viabilizar a produção agrícola nesta área.

A aplicação de CalMag+S teve impacto positivo na correção de solo, particularmente na redução do teor de alumínio, um elemento tóxico na forma livre que pode ser prejudicial ao sistema radicular das plantas. Santos *et al.* (2016) relatam que a incorporação de gesso ao solo pode neutralizar o alumínio, tornando-o menos prejudicial. Assim, o efeito foi confirmado neste estudo, em que o aumento do pH do solo criou condições mais favoráveis para o crescimento das plantas. O hidróxido de cálcio e o gesso são responsáveis pela inibição da toxicidade do alumínio, além de promoverem a lixiviação para camadas mais profundas do solo (Brasil *et al.*, 2020).

A combinação de matéria orgânica com hidróxido de cálcio e gesso mostrou-se uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade do solo a fim de promover um ambiente mais propício para o cultivo de hortaliças. Silva *et al.* (2021) enfatizam que a incorporação de matéria orgânica não só melhora a estrutura do solo, mas também aumenta a capacidade de retenção de água e nutrientes, além de promover a oxigenação do sistema radicular, fatores críticos para o sucesso da produção agrícola em solos degradados. Além disso, a matéria orgânica apresentou concentrações dentro do intervalo ideal para solos argilosos, variando entre 18 a 30 g/dm<sup>3</sup>, conforme recomendado por Prezotti *et al.* (2013). Observou-se também aumento na concentração de potássio e fósforo após a correção de pH

e matéria orgânica, juntamente com a redução na toxicidade do alumínio que é comumente problemática em solos ácidos.

A limitação do solo estudado em sustentar uma produção adequada de hortaliças é atribuída à baixa fertilidade. Soares *et al.* (2022) enfatizam que a fertirrigação não apenas facilita o manejo de solos pobres, mas também permite a aplicação precisa e controlada de nutrientes, o que otimiza a absorção pelas plantas. Essa prática traduz-se em melhorias significativas na produtividade agrícola, tornando-se uma ferramenta indispensável para o cultivo sustentável em áreas degradadas, em que a fertilidade do solo é limitada.

A análise do efluente confirmou a baixa concentração de nitrogênio, o que levou à implementação do tratamento U, aplicação de efluente ureia, para melhorar a disponibilidade de nitrogênio e, conseqüentemente, o crescimento das hortaliças. Marinho (2022) indica que a combinação de técnicas e a utilização de recursos locais, como o efluente de tilápia, com suplementação adequada, pode oferecer um caminho viável e sustentável para a adubação de solos degradados no Brasil.

Os resultados obtidos com o tratamento combinado indicam que a suplementação de nitrogênio, quando adequadamente manejada, pode melhorar significativamente a produtividade agrícola em solos degradados. Salomão *et al.* (2020) enfatizam que a combinação de técnicas inovadoras e recursos locais podem oferecer soluções viáveis para recuperação de áreas degradadas no Brasil.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que o efluente de piscicultura combinado com ureia na aplicação em solo mostrou-se uma solução promissora para superar as limitações nutricionais, proporcionando crescimento das rúculas equivalente ou superior aos obtidos com o uso de NPK. Essa prática não apenas promoveu desenvolvimento saudável das plantas, mas também se destacou como uma alternativa sustentável e eficiente. Os resultados obtidos fornecem uma base sólida para futuras pesquisas em cultivos de hortaliças, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de produção mais resilientes e sustentáveis. Os resultados alcançados reforçam a viabilidade dessa técnica como um recurso prático para agricultores, oferecendo um caminho para uma agricultura mais equilibrada e produtiva.

Além disso, essa abordagem integra o aproveitamento de resíduos orgânicos com a aplicação de fertilizantes tradicionais, favorecendo um manejo mais harmonioso do solo e práticas agrícolas mais responsáveis do ponto de vista ambiental. A redução da dependência de fertilizantes químicos e a consequente preservação dos recursos naturais destacam-se como importantes vantagens. Assim, a aplicação combinada de efluentes e ureia pode servir de base para futuras pesquisas em hortaliças, auxiliando no desenvolvimento de sistemas de produção mais resilientes e alinhados aos princípios das sustentabilidades.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Professor Dr. Edison Barbieri, pela orientação, paciência e valiosas contribuições. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro concedido, por meio da bolsa de estudos, e por todos que direto e indiretamente contribuíram para a realização deste estudo.

## REFERÊNCIAS

- BAIONI, J. C. *et al.* Efluente de piscicultura na produção consorciada de cebolinha e coentro. **Nucleus Animalium**, v. 9, n. 1, p. 143-150, 2017.
- BELTRAN-PÉÑA, A.; ROSA, L.; D'ODORICO, P. Global food self-sufficiency in the 21st century under sustainable intensification of agriculture. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 9, p. 095004, 2020.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos. 2014.
- BRASIL, E. C. *et al.* Uso de gesso na agricultura. Recomendações de Calagem e Adubação Para o Estado do Pará, 2nd ed.; Brasil, EC, Cravo, MS, Viégas, IJM, Eds, p. 133-146, 2020.
- BRITO R., G.; DA COSTA, C. P.. Cultivo da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede: uma revisão de literatura. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 6, n. 13, p. 783-797, 2023.
- CARVALHO, A. A. M.; DE SOUSA V., C. M. Português Piscicultura uma Revisão Bibliográfica: Avaliação dos Aspectos Ambientais e propostas de mitigação. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 16, n. 1, 2024.
- COUTINHO, H. de L. *et al.* Comparação do desempenho produtivo da tilápia-do-nilo em sistema bioflocos e com filtro biológico. In: **Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica**, 11. Campinas. Anais... Campinas: Instituto Agrônômico, Nº 17407. 2017.
- CECCHERINI, G. J. Biofortificação agrônômica de rúcula (*Eruca sativa* Miller.) com ferro em cultivo hidropônico. 2022.

DA COSTA, A. C. R. *et al.* Efeito de fontes nitrogenadas protegidas e de solução concentrada em adubação de cobertura em milho. **Revista Agrotecnologia-Agrotec**, v. 11, n. 2, p. 36-45, 2020.

DE OLIVEIRA A., M., *et al.* Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e7410716351-e7410716351, 2021.

DE SOUSA, L. F. A.; GIONGO, P. R. Revisão de literatura: Uso do geoprocessamento na avaliação da degradação de pastagens. **Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais** (2238-3565), v. 11, n. 1, p. 1-16, 2022.

DE BRITO, J. M., *et al.* Automação na tilapicultura: revisão de literatura. 2017. Disponível: <https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-422.pdf>.

DE BRITO R., G.; DA COSTA, C. P. Cultivo da tilápia do nilo (*oreochromis niloticus*) em tanques-rede: uma revisão de literatura. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 6, n. 13, p. 783-797, 2023.

JERONIMO, O. Reúso de águas residuais na agricultura: revisão sistemática. 2022. [https://ri.ufs.br/jspui/bitstream/riufs/17149/2/Olivia\\_Jeronimo.pdf](https://ri.ufs.br/jspui/bitstream/riufs/17149/2/Olivia_Jeronimo.pdf).

INSTITUTO AGRONOMICO DE CAMPINAS – IAC. Centro de pesquisa e desenvolvimento de solos e recursos ambientais. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/produtoseseservicos/analisedosolo/interpretacaoanalise.php>. Acesso em: 12 de out de 2024.

KIENER, M., *et al.* Nutritional quality and bioactive compounds of arugula (*Eruca sativa* L.) sprouts and microgreens. **International Journal of Food Science**, 2023.

LIMA, F. R. dos S. Qualidade de água e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em sistema de bioflocos, com restrição de dieta comercial, suplementado com metionina sintética e óleo de soja. 2021.

LIN, L. Y.; HORNG, J. L. Interaction between ammonia excretion and ion regulation. In: **Encyclopedia of Fish Physiology**. Elsevier, p. 839-849, 2023.

LOPES, A. W. P. *et al.* Características agrônômicas de plantas de rabanete (*Raphanus sativus* L.) cultivadas sob diferentes fontes de adubos orgânicos. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 3, p. 2919-2930, 2021.

MARINHO, J. S. F. Integração piscicultura-agricultura como alternativa para o Nordeste: uma revisão de literatura. 2022. Disponível: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/46357>.

MEDEIROS, Rafaella *et al.* Viabilidade econômica da aquaponia de juvenis de tilápia e rúcula em sistema NFT. 2022. Disponível: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/4123>.

PEIXE, B. R. Anuário brasileiro da piscicultura. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura. 2024. <https://www.peixebr.com.br/anuario-2024/>.

OLIVEIRA, D. C. F. *et al.* Aquaponia: a integração entre peixes e plantas: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 3, p. e71372-e71372, 2024.

PEDÓ, T. *et al.* Análise de crescimento de plantas de rabanete submetidas a doses de adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 1-7, 2014.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. M. Guia de interpretações de análise de solo e foliar. 2013. Disponível: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>.

SALOMÃO, P. E. A. *et al.* Recuperação de áreas degradadas por pastagem: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, p. e57922057-e57922057, 2020.

SANTOS, D. F. *et al.* Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **Tecno-Lógica**, v. 25, n. 2, 2021.

SANTOS, M. P. *et al.* Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras: Revisão. **Pubvet**, v. 10, n. 1, p. 001-110, 2016.

SARAIVA, V. S.; DE LIMA P., B. Uso de efluentes da piscicultura na agricultura irrigada. **Observatório de La economía Latinoamericana**, v. 21, n. 12, p. 26505-26518, 2023.

SÁTIRO, T. M.; ZACARDI, D. M.; DE ALMEIDA NETO, O. B. Reutilização do efluente de piscicultura para fertirrigação: uma alternativa ambiental e economicamente rentável. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 16, n. 1, p. 161-180, 2022.

SENAR, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, Brasília, coleção 211, apostila manejo de aquaponia e produção de tilápia. 2022.

SILVA, A. R. da *et al.* Uso de água residuária tratada na agricultura no contexto da economia circular: uma revisão sistemática da literatura. 2022. Disponível: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/26525>.

SILVA, P. H. S. *et al.* Micorrizas arbusculares em hortaliças das famílias Asteraceae, Aliaceae, Apiaceae, Amaranthaceae e Brassicaceae, cultivadas sob manejo orgânico. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 17143-17155, 2021.

SOARES, D. *et al.* Importância a Compostagem no Ciclo de Nutrientes do Solo: Uma Revisão Bibliográfica. 2022.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* Manual de métodos de análise de solo. 2021. Disponível: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194786/1/Pt-5-Cap-1-Micromorfologia-do-solo.pdf>.

URÍAS-SOTOMAYOR, R., & Maeda-Martínez, A. N. La producción de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en México como una alternativa para fortalecer la seguridad alimentaria nacional. Estudios Sociales. **Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional**. 2023. <https://doi.org/10.24836/es.v33i62.1322>.

VIEIRA, F. P. *et al.* Efeitos da adubação foliar de micronutrientes em conjunto com bioestimulantes: uma revisão de literatura. 2021. Disponível: [https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2186/1/tcc\\_Fernando%20Pires%20Vieira.pdf](https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2186/1/tcc_Fernando%20Pires%20Vieira.pdf).

## **INOVAÇÕES DIGITAIS NA AVICULTURA**

Marta dos Santos Baracho  
Universidade de Blumenau (FURB)

Yamilia Barrios Tolon  
Faculdade de Tecnologia de Mococa (Fatec Mococa)

# RESUMO

A avicultura brasileira há anos tem o papel de protagonismo. O Brasil produziu 14,90 milhões de toneladas de carne de frango em 2023 e produzirá até 15,30 milhões de toneladas em 2024. O uso de novas ferramentas é uma solução muito importante para os produtores, já que permite o monitoramento de animais em sistemas intensivos, e fornece uma vantagem competitiva, possibilitando melhores tomadas de decisões. A tecnologia não substitui os seres humanos na tomada de decisões, mas apoia o processo de tomada de decisão. O objetivo desta revisão de literatura foi contextualizar inovações digitais e seu uso na avicultura.

**Palavras-chave:** robô; inteligência artificial; tecnologia da informação.

## INTRODUÇÃO

A agropecuária brasileira está em constante evolução, adequando-se à necessidade social e econômica voltada pelo aumento do consumo de proteínas de origem animal, onde a adoção de melhorias no manejo e produção pecuária se vê necessária. A partir dessa percepção, a utilização de tecnologias que auxiliam na gestão e operação de atividades relacionadas à criação de animais se tornam importante (Araujo *et al.*, 2024).

A pecuária de precisão ou produção animal de precisão, conhecida pela sigla PFL (Precision Livestock Farming) faz parte do termo “agricultura inteligente” juntamente com a agricultura de precisão. Os algoritmos já são responsáveis por todos os processos envolvendo inteligência artificial e processamento de dados em diversos setores das atividades humanas, o que não é diferente no campo (Sevegnani, 2023).

A avicultura brasileira há anos tem o papel de protagonismo e o país é o maior exportador de frango no mundo com 38% de participação no mercado global. A proteína chega a 172 países, 80% das nações do planeta, complementando a alimentação de bilhões de pessoas (Honorato, 2024).

As projeções de produção de carne de frango em 2024 apontam para um volume em torno de 16 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

Os aviários inteligentes são sistemas tecnológicos avançados que monitoram e controlam as condições ambientais dos galpões avícolas, incluindo temperatura, umidade, luminosidade, entre outros fatores importantes para o bem-estar das aves, conhecida na literatura zootécnica como ambiência, o que possibilita uma avaliação mais precisa e confiável das condições de criação (Oliveira, 2023).

O crescente interesse em agricultura de precisão e inteligente levou a diversos estudos sobre a aplicação da Inteligência Artificial (IA) e da robótica em produção agrícola (Usher *et al.*, 2017).

O termo Big Data diz respeito ao conjunto de dados em quantidades gigantes, que se incrementam com o passar do tempo, é uma ferramenta tão grande que as bases de dados tradicionais têm dificuldade de armazená-lo de forma eficientemente, a maioria destas big datas são usadas para controlar dados, sensores e muitos outros caracteres e levá-los para lugar onde estes dados possam ser analisados (Laney, 2012).

As ferramentas, o Big Data e a Inteligência Artificial, tem um grande potencial de utilização, para produtores em empresas das áreas da agricultura e da pecuária, como ferramenta preditiva, de forma a resolver os diferentes problemas e desafios que essas áreas enfrentam (Wolfert, 2017).

Segundo Parajuli (2021) a robótica tem a possibilidade de monitorar as condições ambientais, avaliar o bem-estar das aves e reduzir a mão de obra para trabalhadores e proprietários agrícolas. No entanto, as interações de aves com sistemas robóticos em ambientes de aviários comerciais é amplamente desconhecido.

Os robôs estão emergindo como ferramentas promissoras na avicultura, com potencial para abordar questões de sustentabilidade e, ao mesmo tempo, atender às crescentes necessidades de produção e demanda por bem-estar animal (Ozentürk *et al.*, 2024).

Nesse contexto o objetivo desta revisão de literatura foi contextualizar inovações digitais e seu uso na avicultura.

## **BIG DATA**

Para Massruhá; Leite (2014) a busca pela otimização no uso dos recursos naturais e insumos fará com que a fazenda do futuro seja massivamente monitorada e automatizada. Sensores dispersos por toda a propriedade e interligados a Internet geraram dados em grande volume, variedade e velocidade (Big Data) que necessitarão ser filtrados, armazenados (computação em nuvem) e analisados.

As tecnologias da Agricultura 4.0, ou também conhecida como agricultura digital, se referem ao uso de drones, sensores, big data, análise de dados, agricultura vertical, entre outras tendências que demandam principalmente conectividade no campo, visto que o produtor precisa ao menos de uma conexão via rádio para ter acesso a aplicativos e demais tecnologias (Pereira; Castro, 2022).

Big data e aprendizado de máquina (ML) tornaram-se abordagens inovadoras populares para explorar em muitos estudos e aplicar em uma variedade de campos industriais (Li *et al.*, 2022).

Big data pode ser definido como grandes quantidades de dados com muita variação e estrutura complexa (Yang *et al.*, 2020), que normalmente são coletados por plataformas de alto desempenho que capturam, gerenciam, processam,

armazenam, compartilham e visualizam fluxos de dados de alta velocidade (Singh; Reddy, 2014).

O Big data pode incluir muitas informações significativas, e a aplicação da análise de Big data pode melhorar as decisões, previsões e estratégias baseadas em dados. Big data pode ser descrito pelos 3 'V's (Sagiroglu; Sinanc, 2013): (i) 'Volume': o tamanho dos dados é grande, (ii) 'Variedade': diferentes formatos, como texto, números, áudio e imagens, e (iii) 'Velocidade': dados gerados e coletados em alta velocidade. O aprendizado de máquina pode ser definido como: educar os computadores para executar tarefas específicas sem programá-los explicitamente para fazê-lo (Samuel, 1959).

Como modelos orientados por dados, os modelos de ML são úteis para explorar e aprender informações importantes de Big data e revelar padrões ocultos e correlações em dados para fazer previsões ou clustering. O ML é benéfico para analisar Big data, pois é menos dependente de suposições antes da análise e pode considerar muitas variáveis e suas interações complexas (Bzdok *et al.*, 2018).

Na pecuária, grandes quantidades de dados podem ser geradas monitorando animais dentro de um rebanho ou individualmente com base em uma série de tecnologias de hardware e software, coletivamente chamadas de pecuária de precisão (PLF) (Berckmans, 2017).

Com o uso do Big Data, as informações coletadas diariamente na indústria avícola conseguem ser melhor mensuradas e utilizadas na melhora de tomadas de decisões e no desempenho das aves, trazendo uma enorme vantagem competitiva, uma vez que podemos medir, prever e encontrar relações entre a causa e o efeito com maior assertividade, tomando decisões mais seguras e inteligentes (Avisite, 2016).

## **INTERNET DAS COISAS -IOT**

A Internet das Coisas (IoT, na sigla em inglês), que desponta na atualidade como um dos eixos da Revolução 4.0, vem sendo aplicada ao longo da história, na maioria das vezes, em benefício da sociedade. As conexões e automações promovidas por ela auxiliam na inovação do mercado brasileiro, atendendo a demanda com eficiência e rapidez tecnológica, sobretudo no campo do agro-negócio, contribuindo para a geração e análise de dados, como sucede no caso do controle meteorológico, comandos de máquinas e equipamentos, comando

sensorial, entre outros que se inserem no desenvolvimento de estratégias de aumento de produção e da produtividade, agregando ideias sustentáveis e com menores custos. Por outro lado, considera-se que o Brasil ainda caminha com passos tímidos para a consolidação da IoT no agronegócio, com poucos investimentos quanto aos sistemas estruturais e organizacionais para o desenvolvimento de tal tecnologia (Oliveira *et al.*, 2024).

Os aplicativos de Internet das Coisas (IoT) equipam os produtores rurais com ferramentas de apoio à decisão e soluções automatizadas que aumentam a produtividade, a qualidade e o lucro do agronegócio (Oliveira, 2023).

Estudos indicam a importância e as vantagens do uso da IoT nas atividades agropecuárias, no entanto, tal novidade ainda levanta dúvidas quanto às possibilidades de aplicação dessa tecnologia nas atividades do dia-a-dia e ao impacto dela para a inovação e o desenvolvimento local (Corallo *et al.*, 2018; Jayashankar *et al.*, 2018).

A Internet das Coisas é um sistema de dispositivos conectados que permite que eles sejam monitorados e controlados remotamente através de uma rede de computadores (Buyya; Dastjerdi, 2016). Esses dispositivos incluem desde sensores e atuadores, passando por câmeras, termostatos e outros aparelhos eletrônicos. Eles são equipados com tecnologias de conectividade, como Wi-Fi, Near Field Communication (NFC) e outras, para permitir a troca de dados entre si e com a nuvem. O objetivo da IoT é fornecer uma visão integrada e controlada das coisas no mundo físico, tornando-as mais inteligentes e interativas. Os sistemas IoT comum envolve três tecnologias principais: sistemas, middleware e serviços em nuvem (Oliveira, 2023).

Silva; Espejo *et al.* (2024) realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de destacar as atividades agropecuárias que podem se beneficiar da adoção da Internet das Coisas e encontraram 34 estudos que apresentam algum sistema, aplicativo, plataforma, estrutura ou outro tipo de tecnologia baseada em IoT que visa realizar o monitoramento de variados aspectos da produção agropecuária.

Ainda que o uso de IoT ofereça inúmeros benefícios, a adoção dessas tecnologias também apresenta problemas, como o alto custo inicial de implementação e a exigência de capacitação dos produtores (Baracho; Tolon, 2024).

## INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O termo inteligência artificial (IA) é genérico e abrangente, assim como a inteligência humana, é composta de várias habilidades como aprendizado, percepção e raciocínio, a IA é composta por subcampos que são responsáveis por algumas habilidades humanas específicas. Algumas das principais são: Aprendizagem de Máquina, Redes Neurais Artificiais, Processamento de Linguagem Natural, Visão Computacional e Robótica. A IA pode ser definida como uma simulação da capacidade de pensamento abstrato, criativo, dedutivo, e particularmente da capacidade de aprender, usando a lógica digital e binária dos computadores (Marr, 2019).

Os equipamentos eletrônicos, tais como os computadores, utilizam bancos de dados armazenados de eventos anteriores juntamente com ferramentas estatísticas para a tomada de decisão, este domínio do universo da IA é conhecido como machine learning (ML) ou aprendizado das máquinas (Russell; Norvig, 2013).

Machine Learning (ML) ou Aprendizagem de máquina, é o campo da inteligência artificial responsável pela capacidade de aprendizagem por meio do reconhecimento de padrões. Deep Learning (DL), ou Aprendizagem profunda, é o ramo que utiliza várias camadas de processamento para aprender determinado conceito, trata-se de um conjunto de técnicas de Machine Learning que utilizam redes neurais artificiais profundas, com muitas camadas intermediárias entre a camada de entrada e a de saída (Lecun *et al.*, 2015). É com essas técnicas que a máquina é capaz de aprender sobre determinados conteúdos e assim ser possível tomar decisões.

Visão computacional é o ramo da IA responsável por conceder às máquinas a capacidade de perceber e interpretar imagens, similar a visão humana. Em outras palavras, é possível criar sistemas capazes de obter imagens por meio de sensores ou câmeras, analisar e processá-las para as suas devidas finalidades. A visão consiste em captar imagens, melhorá-las, separar as regiões ou objetos de interesse de uma cena, extrair várias informações dependendo da imagem analisada (Backes; Junior, 2016).

No entanto, com os avanços tecnológicos, especialmente na era contemporânea, a abordagem para garantir condições ideais para os animais evoluiu significativamente. A introdução e integração da inteligência artificial (IA) revolucionaram

a maneira como se projeta e gerencia esses ambientes. A IA possibilita a coleta, análise e interpretação de uma quantidade massiva de dados em tempo real, permitindo ajustes precisos e dinâmicos nas condições do ambiente para atender às necessidades específicas dos animais. Essa transformação permitiu um nível sem precedentes de personalização e adaptação das instalações, levando em consideração não apenas fatores básicos, mas também variáveis complexas, como padrões de comportamento dos animais, interações sociais, níveis ideais de luz, temperatura, umidade e qualidade do ar (Melo *et al.*, 2024).

## ROBÔS

Russell; Norvig (2013) afirmaram que os robôs são agentes físicos que executam tarefas manipulando o mundo físico. Em outras palavras, são equipamentos mecânicos capazes de executar tarefas no mundo real. A robótica, por sua vez, é responsável pelos estudos e evolução dos robôs.

Os robôs encontram aplicação em vários setores agrícolas, incluindo plantio, pecuária, aquicultura e avicultura (Sahoo *et al.*, 2022).

A robótica é uma tecnologia inserida na avicultura que está mudando totalmente a maneira de produzir alimentos, está sendo utilizada nos processos de inspeção de aves, na melhora da ambiência dos galpões se tratando de melhorar a qualidade do ar, atuando na climatização e bem-estar das aves. Os robôs podem atuar desde a inspeção diária dentro das granjas (que atualmente são feitas de forma manual e cansativa), na coleta de ovos e até na identificação de aves mortas utilizando-se processamento de imagens térmicas, trazendo um leque de informações para o produtor e diminuindo seu trabalho manual (Avinews, 2019 citado por Piantkoski; Bertollo, 2019).

No contexto da avicultura, tanto comercial como experimental, robôs foram desenvolvidos para realizar diversas tarefas destinadas a aumentar a produção, reduzindo a força de trabalho, protegendo a saúde animal e melhoria do bem-estar (Park *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2024).

Os robôs provaram ser eficazes na detecção e comercialização de informações e gestão da produção (Astill *et al.*, 2020).

Robôs equipados com tecnologias sensoriais e de tomada de decisão avançadas têm o potencial para executar com eficiência tarefas. Portanto, a

implementação do monitoramento automático e o uso eficaz da tecnologia é imperativo para alcançar o monitoramento eficiente e tomada de decisão (Buijs *et al.*, 2018; Vroegindeweij *et al.*, 2018; Buijs *et al.*, 2020; George, 2024).

Os robôs que interagem com os animais têm um enorme potencial na investigação do comportamento social e da investigação etológica permitindo assim explorar dinâmicas sociais complexas em várias espécies (Krause *et al.*, 2011; Gribovskiy *et al.*, 2018; Romano *et al.*, 2019).

Como um dispositivo inteligente capaz de substituir o trabalho humano, os robôs também estão sendo projetados e aplicados para sensoriamento de informações e gerenciamento da produção na avicultura (Wu *et al.*, 2022).

Uma das técnicas para intensificar a produção de alimentos é a robótica. Nos últimos anos, diversos avanços foram feitos no setor (Hackenhaar *et al.*, 2015).

O Quadro 1 apresenta exemplos de ROBÔS desenvolvidos para avicultura no período de 2018 a 2024.

**Quadro 1 - ROBÔS desenvolvidos no período de 2018 a 2024.**

| ANO  | ROBÔ                 | ANO  | ROBÔ          |
|------|----------------------|------|---------------|
| 2018 | OCTOPUS POULTRY SAFE | 2022 | GROUND ROBOT  |
| 2019 | POULTRY PATROL       | 2023 | CHICKEN BOY   |
| 2019 | ROBOCHICKEN          | 2023 | POULTRYBOT    |
| 2020 | STAC ROBOT           | 2024 | ROBO AVISENSE |
| 2020 | AVESTAC PRO          | 2024 | ROBOFRANGO    |

A Figura 1 apresenta as principais funções desempenhadas pelos robôs como: coletar ovos de chão, treinar aves a se moverem, auxiliar o produtor no manejo diário de seus aviários e a agroindústria na redução de condenação por contaminação causada por problemas no manejo de pré-abate, auxiliar o produtor a revirar a cama e movimentar o lote e monitorar as aves (Mortensen *et al.*, 2016; Bastiaan *et al.*, 2018; Mitkari *et al.*, 2019; Ren *et al.*, 2020; Duarte, 2021; As'ad; Razali, 2021; Li *et al.*, 2022; Marin *et al.*, 2024 e Balhtahzar, 2024).

**Figura 1** - Funções desempenhadas pelos robôs.



## BENEFÍCIOS DO USO DE ROBÔS

As vantagens são muitas, desde melhorar o monitoramento e a performance, como reduzir custos e elevar o próprio bem-estar das aves. A robótica oferece uma maneira de reduzir a dependência de mão de obra e melhorar o monitoramento ambiental dentro dos galpões (Duarte, 2021), Tabela 1.

**Tabela 1** - Benefícios atribuídos ao uso de robôs na avicultura.

| BENEFÍCIOS                           |
|--------------------------------------|
| Melhorar mobilidade animal           |
| Melhorar bem-estar                   |
| Melhorar monitoramento               |
| Melhorar a performance               |
| Reduzir custos                       |
| Aumentar a uniformidade dos lotes    |
| Reduzir a dependência da mão de obra |

## DESAFIOS NO USO DE ROBÔS

Reconhecer aves mortas, representa um desafio, porque as formas das aves mortas são incompletas e parecem muito semelhantes a um frango saudável na posição sentada ou deitada. Essa semelhança pode afetar a precisão da classificação das imagens. No entanto, outro aspecto importante é entender

como os robôs projetados para tarefas que envolvem contato direto com animais afetam sua saúde e bem-estar (Melke *et al.*, 2024).

Embora os robôs possam melhorar o bem-estar animal aumentando a atividade e monitorando a saúde, há preocupações sobre o estresse potencial causado por essas interações, principalmente quando robôs móveis colidem acidentalmente com animais (Parajuli *et al.*, 2020).

Além disso, as tecnologias robóticas atuais exigem infraestrutura específica e investimentos substanciais, o que pode ser uma grande barreira para muitos produtores (Astil; Peters, 2020).

Também é crucial desenvolver robôs capazes de responder proativamente às mudanças nas condições climáticas (Melke *et al.*, 2024).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avicultura envolve várias tarefas que necessitam de acompanhamento constante, como a identificação de animais doentes e mortos, o monitoramento ambiental, condições dentro dos aviários, limpeza, desinfecção de cama e coleta de ovos do chão. Essas tarefas são trabalhosas e repetitivas (Abbas *et al.*, 2022).

De acordo com Baracho; Tolon (2022) o uso de novas ferramentas é uma solução muito importante para os produtores, já que permite o monitoramento de animais em sistemas intensivos, e fornece uma vantagem competitiva, possibilitando melhores tomadas de decisões. A tecnologia não substitui os seres humanos na tomada de decisões, mas apoia o processo de tomada de decisão. A inovação traz efeitos positivos sobre os pontos de vista ambiental, social, econômico, dando resultados positivos, não apenas aos produtores, mas também à indústria e aos consumidores. A adaptação de tecnologia na solução de dúvidas e de situações com eficiência, gera maior produtividade e resultados melhores e sólidos.

A tecnologia está modificando a produção animal, facilitando a tomada de decisão, baseada em uma abordagem dinâmica, que reduz o impacto ambiental e promove o bem-estar animal (Baracho; Tolon, 2024).

Para Araújo *et al.* (2024) é perceptível a importância da automação na pecuária, devido às melhorias garantidas por meio da implantação de tecnologias no manejo alimentar dos animais e consequentemente aumento na produtividade. Entretanto, é notório a escassez de informações e material na literatura brasileira

sobre as tecnologias de automação alimentar na produção, acarretando na falta de conhecimento de pequenos e médios produtores.

Sevegnani (2023) relatou que a Internet das Coisas, o uso de robôs, tecnologias de identificação como microchips, a produção animal de precisão, produção inteligente, biocompatibilidade de sensores, computação em nuvem, aprendizado de máquina e a inteligência artificial e outros dispositivos utilizados têm sido estudados, com todos os seus desafios, benefícios e expectativas para o futuro. Estas tecnologias já vêm sendo utilizadas na produção animal, tanto nos manejos alimentar e reprodutivo quanto na rastreabilidade de produtos e dos processos envolvidos.

A Agricultura Inteligente enfatiza o uso da tecnologia da informação e comunicação no ciclo de gerenciamento e espera-se que novas tecnologias, como a Internet das Coisas e a Computação em Nuvem, introduzam mais robôs e Inteligência Artificial na produção. Isso é englobado pelo fenômeno do Big Data, volumes massivos de dados com uma grande variedade, que podem ser capturados, analisados e usados para a tomada de decisões (Wolfert *et al.*, 2017).

É indispensável investir em tecnologias que colem e interpretem dados para um gerenciamento eficiente de recursos, como água e ração, auxiliando assim para a sustentabilidade ambiental e econômica da produção avícola e por conseguinte redução de custos (Baracho; Tolon, 2024).

O uso de inovações digitais e sistemas robóticos oferecem um caminho promissor para melhorar a produção. Diversos desafios ainda devem ser superados e estudados para contribuir na eficiência e otimização da produção avícola.

## REFERÊNCIAS

ABBAS, G. *et al.* Prospects and challenges of adopting and implementing smart technologies in poultry production. **Pakistan Journal Science**, v. 74, (2). 2022. Disponível em: <https://www.thefreelibrary.com/prospects+and+challenges+of+adopting+and+implementing+smart...-a0724254163>

ARAÚJO, M. V. D. *et al.* Automação no manejo alimentar de animais de produção. **Revista Encontros Científicos**, UniVS| ISSN: 2595-959X|, v. 6, n. 2, 2024.

ASTILL, J. *et al.* Smart poultry management: smart sensors, big data, and the internet of things. **Computer Electronics Agriculture**, v. 170, 105291. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105291>

AVINEWS. Robótica promovendo melhor ambiente e bem-estardas aves. 2019. Disponível em: <https://avicultura.info/pt-br/robotica-producao-de-frangos-e-poedeiras/>>.

AVISITE. Por que o Big Data é importante para a produção de alimentos de origem animal? 2016. Disponível em: <https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/por-big-data-importante-t44826.htm>>

AS'AD, N. F. E.; RAZALI, N. F. Farm feeder helper/Nur Fareena Ezani As' ad and Noor Fadzilah Razali. 2021. Disponível em: <https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/49433>

BALTHAZAR, G. R. Desenvolvimento de um RobôFrango como agente biosensor para coleta de variáveis ambientais para tomadas de decisão na avicultura de corte. 2024. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2024. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-07102024-161748/>.

BASTIAAN A. *et al.* Evaluation of the performance of PoultryBot, an autonomous mobile robotic platform for poultry houses. **Biosystems Engineering**, v. 174, 2018, 295 -315,ISSN 1537-5110. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.07.015>.

BACKES, A. R.; JUNIOR, J. J. M. S. Introdução à Visão Computacional Usando MATLAB. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016. ISBN 978550800233 8550800236

BARACHO, M.S.; TOLON, Y.B. Análise de imagens para avaliação do bem-estar animal. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, v.9, n.17; p. 1. 2022. Disponível em: <https://conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2022a/analise.pdf> doi: 10.18677/Agrarian\_Academy\_2022A1

BARACHO, M.S.; TOLON, Y.B Internet das coisas (IoT) x avicultura. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, v.11, n.21; p. 112. 2024. Disponível em: <https://conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2024B/internet.pdf>

BERCKMANS, D. General Introduction to Precision Livestock Farming. **Animal Frontiers**, p. 6–11. 2017. Disponível em; <https://doi.org/10.2527/af.2017.0102>.

BUIJS, S. *et al.* Behavioural and physiological responses of laying hens to automated monitoring equipment. **Applied Animal Behavior Science**, 199, p. 17–23. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.10.017>

BUIJS, S. *et al.* Light-based monitoring devices to assess range use by laying hens. *Animal*, v. 14, p. 814–823. 2020. Butterworth, A., Arnould, C., Niekerk, T.F., 2009. Assessment protocol for poultry. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731119002830>

BUYA, R.; DASTJERDI, A. V. Internet of Things: Principles and paradigms. [S.l.]: Elsevier, 2016. Disponível em: Cloud.Computing.Principles.and.Paradigms.pdf - Google Drive <https://drive.google.com/file/d/0B-7Rf5kEeDRRNkw0TThJRnBTQjQ/edit?resourcekey=0-LJusu1clUFI5GePUANXLA>

BZDOK, D.; KRZYWINSKI, M.; ALTMAN, N. Machine learning: supervised methods. **Nat Methods**, v. 15, p. 5-6. 2018. DOI: 10.1038/nmeth.4551. Epub 2018 Jan 3. PMID: 30100821; PMCID: PMC6082635.

CONAB 2024. Disponível em: Conab prevê recorde histórico na produção de carne de frango em 2024: 16 milhões de toneladas - Destaque Rural <https://destaquerural.com.br/pecuaria/aves/frango/conab-preve-recorde-historico-na-producao-de-carne-de-frango-em-2024-16-milhoes-de-toneladas/#:~:text=As%20proje%C3%A7%C3%B5es%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20carne%20de%20frango,de%20toneladas%20que%20dever%C3%A3o%20ser%20produzidas%20neste%20ano.>

COPAGRIL. Avicultura 4.0 com novas possibilidades de produção. 2020. Disponível em: <https://www.copagrill.com.br/noticia/3203/avicultura-40-com-novas-possibilidades-de-producao/>>.

CORALLO, A. *et al.* Intelligent monitoring Internet of Things based system for agri-food value chain traceability and transparency: a framework proposed. *In: IEEE WORKSHOP ON ENVIRONMENTAL, ENERGY, AND STRUCTURAL MONITORING SYSTEMS (EESMS)*, edição., Italia, 2018. Anais [...]. Salerno: IEEE, 2018. Disponível em: Intelligent monitoring Internet of Things based system for agri-food value chain traceability and transparency: A framework proposed | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8405814>.

DUARTE, D.A. Robôs já movimentam granjas de aves no Brasil e no mundo 2021. Disponível em: <https://agevolution.canalrural.com.br/robos-invadem-granjas-de-aves-no-brasil-e-no-mundo/>.

FENG, Q. *et al.* Design and Test of Disinfection Robot for Livestock and Poultry House[J]. **Smart Agriculture**, v. 2, n. 4, p. 79-88. 2020. Disponível em: Design and Test of Disinfection Robot for Livestock and Poultry House <https://www.smartag.net.cn/EN/10.12133/j.smartag.2020.2.4.202010-SA005>.

GEORGE, A.S. Humanoid robots as poultry partners: enhancing welfare through collaboration on the farm. *Partners Universal International Research Journal*, v. 3, n.1, 183-199. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10850069>.

GRIBOVSKIY, A.; HALLOY, J.; DENEUBOURG, J.-L.; MONDADA, F. Designing a socially integrated mobile robot for ethological research. **Robotic Autonomous Systems**, v. 103, p.42-55. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2018.02.003>.

HACKENHAAR, G.H.; HACKENHAAR, C.; ABREU, Y.V.A. Robótica na agricultura **Artigos • Interações**, v. 16. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1518-70122015110>.

HONORATO, J. Brasil produz 38% do frango exportado no mundo; proteína vai para 172 países. 2024. **AGRO2**. Disponível em: Brasil produz 38% do frango exportado no mundo; proteína vai para 172 países <https://agro2.com.br/pecuaria/brasil-producao-frango-exportacao/>.

JAYASHANKAR, P. *et al.* IoT adoption in agriculture: the role of trust, perceived value and risk. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 33, n. 6, p. 804-21, 2018 Disponível em: DOI:10.1108/JBIM-01-2018-0023.

KRAUSE, J.; WINFIELD, A.F.; DENEUBOURG, J.-L. Interactive robots in experimental biology. **Trends Ecology Evolution**, v. 26, p. 369-375. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.015>.

LANEY, D. VVVu: others claiming Gartner's construct for big data Gart. Blog. v. 14, p. 1. 2012. Disponível em: Deja VVVu: Others Claiming Gartner's Construct for Big Data » Community | GovLoop.

LI, C.; CHEN, Y.; SHANG. A Review of Industrial Big Data for Decision Making in Intelligent Manufacturing. **Engineering Science and Technology an International Journal**, v. 29, p. 101021. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2021.06.001>.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. *Nature*, 521(7553), p. 436-444. 2015. Disponível em: DOI:10.1038/nature14539 DOI:10.1038/nature14539.

MARIN, R.H.; CALIVA, J.M.; KEMBRO, J. M. Dynamics of changes in broiler spatial distribution induced by a robot with autonomous navigation along the growing cycle. *Poultry Science*, 103, 6. 2024, Article 103710 Disponível em: Dynamics of changes in broiler spatial distribution induced by a robot with autonomous navigation along the growing cycle.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A.; MOURA, M. F. Os novos desafios e oportunidades das tecnologias da informação e da comunicação na agricultura (AgroTIC). Brasília: Embrapa, 2014.

MASSRUHÁ, S. Agricultura 4.0 O mundo digital revoluciona o campo: O campo cada dia mais tecnológico. Prodemge, 2018. Disponível em: [www.prodemge.gov.br](http://www.prodemge.gov.br).

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A. Agricultura Digital. RECoDAF. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 2, n. 1, p. 7288, jan./jun. 2016. ISSN: 24480452.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A. Agricultura Digital. RECoDAF. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 2, n. 1, p. 72-88, jan./jun. 2016. ISSN: 24480452.

MARR, B. 2019 What is AI?. Disponível em: [www.bernardmarr.com/default.asp?contentID=963](http://www.bernardmarr.com/default.asp?contentID=963).

MELKE, M.N.E.; RHOUMA, O.; A. BARKOUTI, A.; SELMI, H. 2024. Impact of Climate Change on Broiler Chicken Productivity and Reproduction. **Agricultural Sciences**, v. 26, 2024. DOI: 10.5772/intechopen.1007447. Disponível em: Impact of Climate Change on Broiler Chicken Productivity and Reproduction | IntechOpen | IntechOpen.

MELO, G. M. P. *et al.* Technological innovation in the ambience of facilities for farm animals: Applications. **Seven Editora**, [S. l.], 2024. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/3692>. Acesso em: 17 dec. 2024.

MITKARI, S. *et al.* IoT based smart poultry farm. **International Research Journal of Engineering and Technology**, p. 2380-2389. 2019. Disponível em: [IRJET-V6I451020190621-49547-5ba92i-libre.pdf](http://IRJET-V6I451020190621-49547-5ba92i-libre.pdf).

MORTENSEN, A. K.; LISOUSKI, P.; AHRENDT, P. Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 123, p. 319-326, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.03.011>.

OLIVEIRA, B. B.; DE, VITA, J. B.; PISSOLATO, S. C. Aspectos jurídicos da Internet das Coisas (IoT) aplicada ao agronegócio no estado de Mato Grosso: em busca do desenvolvimento regional. **Scientia Iuris**, v. 28, n. 1, 76–96. 2024. disponível em: <https://doi.org/10.5433/2178-8189.2024v28n1p76-96>.

OLIVEIRA, F.D. Avaliação de Disponibilidade de Sistemas de Ambiência Agroindustriais Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Ciências da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Computação. 2023. Disponível em: [https://www.modcs.org/wp-content/uploads/thesis/Dissertation-Felipe\\_Dias.pdf](https://www.modcs.org/wp-content/uploads/thesis/Dissertation-Felipe_Dias.pdf)

ÖZENTÜRK, U. *et al.* Robotics for poultry farming: Challenges and opportunities. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 226, p. 109411, 2024.10.13031/AIM.201701103.

PARAJULI, P. *et al.* Comparative evaluation of poultry-human and poultry-robot avoidance distances. *Trans. ASABE* 63, 477–484. 2020. Disponível em: Comparative Evaluation of Poultry-Human and Poultry-Robot Avoidance Distances <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?AID=51219&t=3&dabs=Y&redir=&redirType=>.

PARAJULI, P. Development and evaluation of ground and aerial robotic systems in commercial poultry houses 2021. Mississippi State University ProQuest Dissertations & Theses, 2021.28647957. Disponível em: Development and Evaluation of Ground and Aerial Robotic Systems in Commercial Poultry Houses - ProQuest.

PARK, M. *et al.* Artificial intelligence, sensors, robots, and transportation systems drive an innovative future for poultry broiler and breeder management. **Animal Frontiers**, v. 12, p. 40–48. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/af/vfac001>.

PEREIRA, C. N.; CASTRO, C. N. Expansão Da Produção Agrícola, Novas Tecnologias De Produção, Aumento De Produtividade E O Desnível Tecnológico No Meio Rural. Rio de Janeiro: IPEA, 2022. ISSN 1415. Disponível em: Expansão da produção agrícola, novas tecnologias de produção, aumento de produtividade e o desnível tecnológico no meio rural <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/265284/1/1801718016.pdf>.

PIANTKOSKI, J. E.C.; BERTOLLO, E. C. Avicultura: relações e desafios com a indústria 4.0. **Anais de Agronomia**, v. 1, n. 1, p. 24 – 46. 2020. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/agronomia/article/view/327>>.

ROMANO, D.; DONATI, E.; BENELLI, G.; STEFANINI, C. A review on animal–robot interaction: from bio-hybrid organisms to mixed societies. **Biological Cybernetics**, p.113, 201–225. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00422-018-0787-5>.

REN, G. *et al.* Agricultural robotics research applicable to poultry production: a review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 169, 105216. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105216>.

ROMANO, D. DONATI, E.; BENELLI, G.; STEFANINI, C. A review on animal–robot interaction: from bio-hybrid organisms to mixed societies. **Biological Cybernetics**, v. 113, p. 201–225. 2019. Disponível em: A review on animal–robot interaction: from bio-hybrid organisms to mixed societies | Biological Cybernetics <https://link.springer.com/article/10.1007/s00422-018-0787-5>.

RUSSEL, S. J; NORVIG, P. Inteligência Artificial. 3 ed - Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2013. ISBN 8535251413 9788535251418.

SAHOO, P.K. *et al.* Robotics application in agriculture. *In*: 55 Annual Convention of Indian Society of Agricultural Engineers and International Symposium, p. 60–76. 2022. Disponível em: robotics application in agriculture.

SAMUEL, A. L. Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. **IBM Journal of Research and Development**, v. 3, p. 210–229. 1959. Disponível em: <https://doi.org/10.1147/rd.33.0210>.

SAGIROGLU, S.; SINANC, D. Big Data: A Review. *In* 2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems, 42–47. San Diego: IEEE. 2013. DOI: 10.1109/CTS.2013.6567202.

SEVEGNANI, K. B. **Tecnologia e Inovação na Agricultura: aplicação, produtividade e sustentabilidade em pesquisa** - *In* book: Tecnologia e Inovação na Agricultura: aplicação, produtividade e sustentabilidade em pesquisa (pp.258-271) ISBN 978-65-5360-317-2- v. 1, 2023 - Editora Científica Digital - Disponível em: [www.editoracientifica.com.br](http://www.editoracientifica.com.br) DOI:10.37885/221010479.

SILVA, E. C.; ESPEJO, M. M. DOS S. B. Adoção da Internet das Coisas (IoT) na agropecuária: uma revisão sistemática sobre as possibilidades de adoção no ambiente produtivo rural brasileiro. **Interações**, v. 25, n. 4, e2544024. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.20435/interv.25i4.4024>.

SINGH, D.; REDDY, C.K. A Survey on Platforms for Big Data Analytics." **Journal of Big Data**, 8. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40537-014-0008-6>.

USHER, C.T. *et al.* Robotics for poultry house management. *In*: 2017 ASABE annual international meeting. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2017. p. 1. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=48032>.

VROEGINDEWEIJ, B.A.; BLAAUW, S.K.; IJSSELMUIDEN, J.M.; VAN HENTEN, E.J. Evaluation of the performance of PoultryBot, an autonomous mobile robotic platform for poultry houses. **Biosystems Engineering**, v. 174, p. 295–315. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.07.015>.

YANG, J. *et al.* Brief Introduction of Medical Database and Data Mining Technology in Big Data Era. **Journal of Evidence-Based Medicine**, v.13: p. 57–69. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jebm.12373>.

YANG, D.; CUI, D.; YING, Y. Development and trends of chicken farming robots in chicken farming tasks: a review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 221, 108916 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108916>.

WOLFERT, S.; GE, L.; VERDOUW, C.; BOGAARDT, M. J. Big Data in Smart Farming. A review. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 69–80. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>.

WU, D.; CUI, D.; ZHOU, M.; YING, Y. Information perception in modern poultry farming: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, 199107131. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107131>.

## **INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO EM FÊMEAS BOVINAS: ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DA MORTALIDADE EMBRIONÁRIA**

**Lucas Edinan Viveiros Vieira**  
Instituto de Ciências Agrárias (UFMG)

**Isadora Leite e Lopes**  
Instituto de Ciências Agrárias (UFMG)

**Mário Henrique França Mourthé**  
Instituto de Ciências Agrárias (UFMG)

**Letícia Ferrari Crocromo**  
Instituto de Ciências Agrárias (UFMG)

# RESUMO

A mortalidade embrionária precoce (MEP) ocorre entre os dias 8 a 16 da gestação sendo reconhecida como a principal causa de perda econômica na bovinocultura em virtude da repetição de cio, do maior intervalo entre partos, do aumento dos custos com inseminação artificial e da redução da produção líquida da fazenda. Essa condição é decorrente, em especial, da falha do conceito em sinalizar sua presença no interior do útero através da produção de interferon-tau, garantindo assim, o reconhecimento materno da prenhez com consequente manutenção da viabilidade do corpo lúteo e da produção de progesterona. Evidências indicam que fatores nutricionais, ambientais, fisiológicos e até mesmo genético estão implicados neste contexto. Sendo assim, considerando melhorar os índices de sobrevivência embrionária, algumas estratégias pós-ovulatórias vem sendo propostas com o objetivo de prevenir a luteólise e aumentar a capacidade de produção de progesterona pelo corpo lúteo, garantindo maior crescimento embrionário e, conseqüentemente, aumento da síntese de interferon-tau (INF-t) durante o reconhecimento materno da gestação. Dada a relevância do tema, esta revisão se propõe, portanto, a abordar aspectos da fisiologia do reconhecimento materno da gestação e dos métodos de suplementação hormonal após a inseminação artificial em tempo fixo para redução da mortalidade embrionária precoce visando melhores taxas de prenhez.

**Palavras-chave:** embrião; interferon-tau; progesterona; prenhez.

## INTRODUÇÃO

A prenhez corresponde ao fator mais importante para garantir a produtividade de maneira eficiente na bovinocultura. Entretanto, diversos fatores interferentes, envolvendo desde a condição nutricional, sanitária e de bem-estar da fêmea até alterações fisiológicas no embrião, no útero e no ovário podem resultar no insucesso da gestação (Sheik *et al.*, 2018).

Cerca de 30% das perdas embrionárias ocorrem nos primeiros 45 dias após inseminação artificial (IA). Essa mortalidade embrionária precoce proporciona importante perda econômica em virtude da repetição de cio, aumentando os custos com a inseminação artificial e tratamentos reprodutivos, além de resultar em maior intervalo entre partos e promover redução na renda da fazenda de maneira exponencial (Rani *et al.*, 2018a).

As causas relacionadas à mortalidade embrionária são categorizadas como de origem genética, fisiológica, ambiental ou endócrina. A última, geralmente, está associada à deficiência na secreção de progesterona (P4) pelo corpo lúteo, que é essencial para proporcionar ambiente uterino adequado para a nutrição e fixação do conceito (Rani *et al.*, 2018b) ou à deficiência na secreção de interferon-tau (INF-t) pelo embrião, que consiste numa molécula sinalizadora da prenhez.

Considerando melhorar os índices de sobrevivência embrionária, algumas estratégias pós-ovulatórias têm sido propostas com o objetivo de aumentar a capacidade de produção de P4 pelo corpo lúteo. Neste contexto, é possível destacar o uso de agentes luteotróficos (gonadotrofina coriônica equina – eCG e hormônio liberador de gonadotrofinas – GnRH) a fim de proporcionar formação de corpos lúteos acessórios; ou a suplementação direta de progesterona (dispositivos intravaginais [DIV] de P4 e P4 injetável de longa duração) com intuito de possibilitar aumento da P4 circulante (Machado, 2012; Binelli *et al.*, 2017).

O emprego dessas estratégias pós-ovulatórias para redução da mortalidade embrionária vem sendo discutido por diversos pesquisadores (Bartolomé *et al.*, 2012; Beltran, 2003; Borges *et al.*, 2014; Moura, 2008; Núñez-Olivera (ANO); De Castro *et al.*, 2018; Willard *et al.*, 2003), entretanto, os resultados ainda são muito discrepantes o que fomenta a necessidade de maior exploração do assunto considerando inclusive as condições nas quais os animais estão expostos e os possíveis fatores interferentes.

## DISCUSSÃO

### IATF e eficiência Reprodutiva

O Brasil, em 2023, possuía cerca de 238 milhões de cabeças (IBGE, 2024) e perspectiva para crescimento em 2030 entre 259 milhões e 270 milhões, considerando diversos cenários simulados (Batista *et al.*, 2020). Contudo, apesar da grande ocupação territorial destinada à pastagem (163 milhões de hectares [Abiec, 2022]), a pecuária ainda apresenta baixa eficiência reprodutiva caracterizada por baixas taxas de prenhez, parição, natalidade e desmama (Castro *et al.*, 2018).

Neste cenário, as biotecnologias reprodutivas, como a transferência de embrião (TE), fertilização *in vitro* (FIV), inseminação artificial (IA) e a inseminação artificial em tempo fixo (IATF), associados ao adequado manejo surgem como alternativas para viabilizar melhores resultados (Baruselli *et al.*, 2018).

Em qualquer sistema de criação, a produtividade depende diretamente da eficiência reprodutiva, avaliada, no caso dos bovinos, pelo número de crias produzidas durante o período de vida útil da fêmea (Santos; Ribeiro, 2018). Sendo assim, é desejado que cada vaca em idade reprodutiva produza um bezerro por ano, na tentativa de obtenção do maior índice produtivo (Mello *et al.*, 2016). Este indicador determinará o descarte e reposição de fêmeas visando o progresso genético e a manutenção da produtividade (Pereira *et al.*, 2013).

Os protocolos de IATF são desenvolvidos para estimular a função lútea e folicular da fêmea bovina e permitir a IA sem a necessidade de observação de cio. Quando utilizado de maneira correta, a incorporação de programas de IATF dentro da rotina das propriedades proporciona aumento da produtividade, através do melhoramento genético (Baruselli *et al.*, 2018b; Nonato *et al.*, 2019). Apesar da necessidade de mão-de-obra capacitada, a IATF permite inseminar maior número de animais em menor tempo, além de permitir o planejamento do nascimento das crias e a redução do intervalo entre os partos (Pegoraro *et al.*, 2016).

Em termos de eficiência da IATF, ainda existe muita divergência entre autores a depender do protocolo utilizado, da categoria da fêmea, do escore de condição corporal (ECC), das condições ambientais e condições de manejo. Segundo Coelho *et al.* (2021), a taxa média de prenhez na primeira IATF da estação de monta em gado de corte varia em torno de 50,63%. Estes mesmos autores constataram valores superiores de taxa de prenhez para as multíparas (61,06%),

em comparação com as primíparas (41,18%), novilhas (35,14%) e novilhas precoces (2,17%). Estes resultados foram justificados em decorrência da demanda energética para crescimento corporal de cada categoria, levando em consideração que as múltiparas já atingiram a idade adulta e se sobressaem em relação as demais categorias, que ainda estão em crescimento.

Lima *et al.* (2022), avaliando perdas gestacionais entre 30 e 120 dias de gestação, em vacas de corte submetidas à IATF, constataram taxa de prenhez de 58,52% aos 30 dias, ocorrendo perda gestacional de 3,6% entre o primeiro e o segundo diagnóstico gestacional, sendo um índice de perda aceitável. De acordo com Reese *et al.* (2020), a taxa de perda gestacional após o primeiro mês em bovinos varia em torno de 6% ocorrendo, em sua maioria, por fatores ambientais.

### **Nutrição e a eficiência reprodutiva na bovinocultura**

A disponibilidade de nutrientes e energia nas proporções adequadas são de fundamental importância para a função reprodutiva de fêmeas bovinas, com impacto direto nos níveis hormonais, funcionamento do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal e qualidade oocitária e embrionária (Sartori; Guardiero, 2010).

A estimativa do estado nutricional dos bovinos por meio da avaliação do ECC é uma medida subjetiva, baseada na classificação dos animais em função da cobertura muscular e da massa de gordura (Machado *et al.*, 2008), que reflete o estado metabólico do animal, indicando os indivíduos menos susceptíveis a doenças, mais aptos a reprodução e de melhor rendimento de carcaça (Fernandes *et al.*, 2016). O ECC pode interferir na probabilidade de prenhez em fêmeas bovinas submetidas a IATF (Torres *et al.*, 2015).

Na pontuação de condição corporal de 1 a 5, o 1 indica um animal muito magro, o escore 2 é característico de animal magro, o 3 indica condição corporal ideal, a pontuação 4 é indicativa de animal gordo e o escore 5 indica um animal muito gordo, em estado de obesidade. Animais com escore abaixo de 2 podem estar em condições de produção (lactação) ou restrição nutricional e sua reprodução estará prejudicada; do mesmo modo, fêmeas com escore acima de 4 possuem alto risco de problemas metabólicos e redução da fertilidade (Nazhat *et al.*, 2021) em decorrência das alterações do metabolismo energético relacionados à mobilização de gordura (Sammad *et al.*, 2022).

Em um rebanho de 67 vacas paridas em balanço energético negativo (BEN) com escore 2,5 submetidas a IATF, apenas 20,89% (14 animais) ficaram gestantes (Ouverney *et al.*, 2021). O baixo escore de condição corporal está associado à restrição alimentar e baixos níveis séricos de glicose, resultando, consequentemente, em anestro e redução do tamanho e persistência do folículo dominante (Franco *et al.*, 2016). Padilha e Guerios (2023) ao avaliarem a taxa de prenhez de fêmeas com ECC variado submetidas à IATF, obtiveram taxas de prenhez distintas entre os grupos, sendo 36,3% para ECC abaixo de 2,5; 56,6% para ECC entre 2,5 e 3,0; e 61,7% para ECC entre 3,0 e 3,5. Deste modo, o ECC considerado ideal está entre 3,0 e 3,5, na escala de 1 a 5, o que confere maior probabilidade de prenhez quando comparadas a vacas com escore abaixo ou acima desta amplitude (Pfeifer *et al.*, 2021).

Em novilhas, o peso corporal ao desmame e o ganho de peso médio diário (GMD) após o desmame, determinam a idade e o peso corporal na puberdade e a subsequente fertilidade ao longo da vida (Vaz *et al.*, 2012). Em vacas, o ECC no parto é o fator mais importante que determina o período da concepção pós-parto (Campos *et al.*, 2005).

A nutrição é responsável por regular a atividade dos neurônios secretores de GnRH no hipotálamo, a partir da sinalização realizada pelos hormônios metabólicos como leptina, IGF1 e grelina. A liberação de GnRH e, consequentemente, de LH e FSH é determinada pelo equilíbrio de sinais positivos (IGF1, leptina) e sinais negativos (grelina) nos neurônios secretores de GnRH (D'Occhio; Baruselli; Campanile, 2019).

Durante o crescimento das novilhas pré-púberes, ocorre deposição de tecido adiposo com consequente aumento da concentração sérica de leptina, que irá estimular a liberação do neuropeptídeo kisspeptina e promover a supressão do neuropeptídeo KY (NY), implicado na maturação do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, com consequente secreção de GnRH (Catunda *et al.*, 2014). Em mulheres, essa via leptina-kisspeptina-GnRH é responsável pela relação do peso corporal (relação gordura-músculo) com a puberdade (D'Occhio; Baruselli; Campanile, 2019).

O hormônio grelina, secretado pelo trato gastrointestinal (intestino), tem papel importante na regulação alimentar, atuando juntamente com a leptina como sinalizador metabólico para ingestão de alimentos e balanço energético. As concentrações plasmáticas de grelina são elevadas, principalmente, antes

da alimentação e no BEN, o que leva ao estímulo do consumo alimentar. A grelina possui função antagonista à leptina, agindo na estimulação dos NY e implicando na supressão da secreção de GnRH (Kowalski *et al.*, 2014).

O momento compreendido entre as três últimas semanas de gestação e as três primeiras semanas pós-parto, é denominado período de transição, onde ocorrem diversas modificações nos animais. Neste período, a ingestão de alimento pode não ser suficiente para suprir a demanda nutricional de manutenção e produção. A partir daí, ocorre elevada metabolização das reservas corporais, caracterizando o balanço energético negativo (BEN) (Fianco *et al.*, 2018).

O BEN começa antes do parto e tem o seu ponto crítico nas duas primeiras semanas de lactação da vaca. A ovulação do folículo dominante, nesta fase, é diretamente dependente do restabelecimento das secreções pulsáteis do hormônio luteinizante. A reduzida disponibilidade de energia durante o BEN interfere na secreção pulsátil de LH, bem como na responsividade ovariana ao LH, impedindo a ovulação (Alves *et al.*, 2009).

Vacas de corte entram em BEN pela incapacidade de consumir energia suficiente para atender suas necessidades de manutenção e lactação e, no caso de primíparas e novilhas, atender também os requisitos para o crescimento. Períodos prolongados de BEN podem esgotar as reservas de energia materna, culminando em diminuição da produção de leite, que irá refletir no ganho de peso da prole, bem como irá interferir negativamente na retomada do cio, causando atraso na concepção (Waterman; Butler, 2010).

Além da questão nutricional, no Brasil, boa parte do rebanho bovino sofre por longos períodos de estresse térmico calórico (ETC), por se encontrarem em região tropical, com temperaturas médias anuais acima da zona de termoneutralidade (Fialho *et al.*, 2018). Em vacas leiteiras sob estresse térmico, Negrón-Pérez *et al.* (2019), relataram inúmeros efeitos negativos na reprodução com menor taxa de prenhez, menor expressão do cio, tamanho reduzido do folículo ovariano, composição alterada do fluido folicular combinada com concentrações anormais de esteroides ovarianos; localização, morfologia e função de algumas organelas alteradas em oócitos; diminuição da concentração e motilidade dos espermatozoides além do aumento das anormalidades morfológicas e; morte embrionária precoce.

O estresse térmico promove alterações homeostáticas que afetam o status reprodutivo da fêmea bovina. As alterações ocorrem em decorrência da redistribuição do fluxo sanguíneo do centro do corpo para a periferia, com o objetivo de aumentar a perda de calor (Costa *et al.*, 2016). Além disso, o estresse térmico promove alterações no eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal em três níveis: no hipotálamo, por meio do hormônio liberador de corticotrofina, que inibe a secreção de GnRH e, conseqüentemente, na hipófise anterior, diminuindo a liberação de LH e FSH, alterando nas gônadas o efeito estimulatório das gonadotrofinas (Rocha *et al.*, 2012).

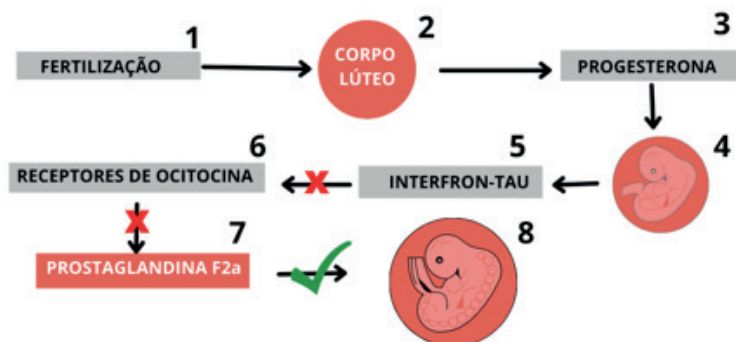
Além da nutrição, ECC e estresse térmico, vale ressaltar que as condições de manejo, condições ambientais e sanitárias assim com o próprio bem-estar do animal também interferem em termos produtivos e reprodutivos.

### **Reconhecimento materno e perda gestacional precoce em bovinos**

Em fêmeas bovinas, cerca de 40% das perdas gestacionais ocorrem durante a fase de peri-implantação da gestação, entre os dias 8 e 16, caracterizada por morte embrionária precoce (MEP) (Binelli *et al.*, 2017). A MEP pode acontecer devido a deficiência na qualidade do oócito, deficiência na ativação do genoma embrionário e/ou no desenvolvimento inicial do embrião, atribuídas à falha do conceito em sinalizar o reconhecimento materno da gravidez (Lonergan *et al.*, 2016).

O processo fisiológico pelo qual o conceito sinaliza sua presença no interior do útero caracteriza o reconhecimento materno da gestação (RMG), que ocorre entre os dias 16 e 21 após a fecundação, impedindo assim, o início dos mecanismos moleculares que levam a regressão do corpo lúteo (CL). O principal agente envolvido nesse reconhecimento, nos bovinos, é o Interferon-tau (IFNT) que possui efeito inibidor sobre a secreção pulsátil da prostaglandina (PGF2 $\alpha$ ) pelo endométrio uterino, garantindo, assim, a manutenção dos níveis circulantes de progesterona (Lonergan *et al.*, 2016) conforme demonstrado na Figura 2.

**Figura 2** - Ação da progesterona no reconhecimento materno da gestação - Após a fertilização (1), o corpo lúteo (2) secreta P4 (3) irá garantir a viabilidade do embrião, ainda em fase de blastocisto (4) proporcionando alongamento e secreção do IFNT (5). O IFNT irá agir nos receptores de ocitocina (6) impedindo a secreção da PGF2 $\alpha$  pelo endométrio (7), resultando no reconhecimento materno da gestação.



Fonte: Adaptado pelo autor de FERREIRA, 2010.

A regressão do corpo lúteo em animais não gestantes ocorre entre os dias 16 e 25 após a ovulação (luteólise). Em vacas prenhes com condições fisiológicas normais, durante o mesmo período, o CL não sofre regressão devido às ações do IFNT que é secretado pelo embrião em alongamento, próximo ao momento em que ocorreria a luteólise (em fêmeas não gestantes). Dessa forma, a perda gestacional precoce pode ser vista sob duas perspectivas, pelo embrião defeituoso, ou pela regressão do CL de forma inadequada, associado às baixas concentrações de progesterona (P4) circulante (Wiltbank *et al.*, 2018).

A P4 é fundamental no estabelecimento e manutenção da gestação, uma vez que é responsável por propiciar um ambiente uterino ideal no qual o embrião pode se desenvolver, através das suas ações no endométrio uterino, bem como por seu efeito histotrófico no embrião em desenvolvimento (Lonergan, 2011). Garrett *et al.* (1988) constataram maior desenvolvimento do conceito em vacas de corte que receberam P4 exógena nos dias 1, 2, 3 e 4 da gestação em comparação ao grupo controle, sugerindo que a progesterona materna está associada ao crescimento e desenvolvimento inicial do conceito.

Quando em concentrações insuficientes (<2ng/ml) na circulação sanguínea, após a ovulação, a P4 está associada ao desenvolvimento embrionário deficiente, redução da produção de IFNT e menores taxas de prenhez (Mann; Lamming, 1.999). Em contraste, elevadas concentrações de P4 têm sido associadas ao

alongamento do conceito, aumento da produção de IFNT, e consequentemente, maiores taxas de prenhez (Kerbler *et al.*, 1997; Sánchez *et al.*, 2019).

### **Estratégias para redução da perda embrionária**

Duas premissas básicas são utilizadas para aumentar os índices do reconhecimento materno gestacional e a consequente sobrevivência embrionária, sendo elas, prevenir a luteólise e assegurar o crescimento ótimo do conceito. Dessa forma, as estratégias propostas por vários autores têm por objetivo aumentar a capacidade de produção de progesterona, seja por indução da formação de corpo lúteo acessório (suplementação com GnRH, eCG e hCG) ou por meio da suplementação exógena (Dispositivo intravaginal de P4 ou P4 injetável) (Beltran, 2003; Willard *et al.*, 2003; Bartolomé *et al.*, 2012; Borges *et al.*, 2014; Moura, 2008; Núñez-Olivera; De Castro *et al.*, 2018). O incremento da progesterona, por sua vez, irá propiciar maior crescimento embrionário e, consequentemente, aumento da síntese de IFNT (Machado, 2012).

Ocorre relação inversa entre a mortalidade embrionária e a concentração circulante de progesterona. A suplementação de P4 aumenta a taxa de crescimento embrionário e, consequentemente, sua capacidade de produzir IFNT (Machado, 2012). Em um estudo de meta-análise, Yan *et al.* (2016) relataram que, quando o tratamento com P4 foi realizado entre o terceiro e o sétimo dia após IATF houve aumento nas taxas de gestação, enquanto que, após o dia sete, não resultou em nenhuma mudança significativa, confirmando que a suplementação de P4 após IATF, num período específico, está relacionado ao aumento na taxa de prenhez.

A P4 tem como função preparar o endométrio para gestação de maneira que permita o desenvolvimento do conceito, promovendo alterações uterinas (Cerezetti *et al.*, 2019). Ao suplementar novilhas de corte mestiças do terceiro ao sexto dia e do quarto ao oitavo dia após a IATF, com CIDR de 1.9g, Beltman *et al.* (2009) observaram aumento da concentração sérica de progesterona, que resultou em associação positiva com a taxa de sobrevivência embrionária. Larson e Currie (2007) obtiveram aumento na taxa de prenhez de 13% (de 35% para 48%) em vacas Holandesas lactantes ao usar o CIDR de 1.9g por 7 dias (do terceiro ao décimo dia após IATF). Em contrapartida Sala *et al.* (2014), ao usar o implante de P4 do quinto dia após IATF até o vigésimo primeiro dia, não obtiveram aumento na taxa de prenhez; assim como Shams-Esfanabadi e Shirazi (2006),

cuja diferença numérica observada com a suplementação de progesterona do quinto ao décimo nono dia após IATF com CIDR de 1.9g não foi significativa.

O uso de progesterona injetável (150 mg) de longa ação cinco dias após a IATF em fêmeas Nelore aumentou a taxa de prenhez em 8% (47% no grupo tratado em comparação a 39% no grupo controle) (Couto *et al.*, 2019), e melhorou a fertilidade em vacas de corte em anestro pós parto (Pugliesi *et al.*, 2016). Por outro lado, Moreira *et al.* (2020) não observaram diferença na taxa de concepção ao suplementar novilhas Nelores com 150 mg intramuscular (IM) quatro dias após IATF, corroborando com o encontrado por Alves *et al.* (2009) em pesquisa semelhante utilizando novilhas de corte mestiças.

Outro protocolo de tratamento hormonal, cujo objetivo se baseia em modular a função ovariana de modo a aumentar a secreção de progesterona produzida pelo corpo lúteo da fêmea inseminada, baseia-se na aplicação de hormônios luteotróficos (eCG, GnRH) no momento pré-ovulatório. O objetivo desta aplicação consiste no estímulo do crescimento do folículo pré-ovulatório, de modo que ele se torne um folículo ovulatório de maior qualidade e, consequentemente, um CL com maior produção de P4 (Machado *et al.*, 2010).

A gonadotrofina coriônica equina (eCG) é uma glicoproteína, com atividades semelhantes ao FSH e LH em espécies não equinas (Murphy, 2012). O eCG é utilizado em bovinos com intuito de estimular o crescimento de folículos em programas de superovulação, incrementar a ovulação nos protocolos de sincronização do estro e para ressincronização de vacas não gestantes, além de aumentar o diâmetro do CL e sua produção de progesterona.

Núñez *et al.* (2010) constataram que o eCG utilizado 14 dias após a IATF em vacas de corte promoveu elevação na taxa de prenhez e foi relacionado com o aumento da atividade luteal e melhor desenvolvimento placentário, enquanto, em vacas leiteiras, promoveu crescimento folicular, aumento de tamanho do CL e elevação nas concentrações séricas de progesterona. De acordo com Wecker *et al.* (2012), os resultados citados são decorrentes da formação de CL acessórios por estímulo do eCG.

Do mesmo modo, Núñez-Oliveira *et al.* (2018) ao administrarem 400 UI de eCG IM, quatorze dias após a IATF em vacas multíparas lactantes da raça Hartford, observaram aumento na taxa de prenhez de 7%. Enquanto Bartolomé *et al.* (2012), ao avaliar vacas holandesas em lactação com baixo ECC suplementadas

também com 400 UI de eCG, mas vinte e dois dias após IATF, tiveram aumento de 22,7% na taxa de prenhez.

O GnRH e seus agonistas são capazes de causar a ovulação ou a luteinização de folículos dominantes, a formação de corpo lúteo acessório e o aumento da concentração plasmática de progesterona (Machado, 2012). Quando aplicado no quinto dia após IATF, foi constatado aumento na taxa de prenhez de vacas holandesas lactantes (Willard *et al.*, 2003). Mendonça *et al.* (2017) ao administrarem 100 µg de Cloridrato de gonadorelina no momento da IA e, cinco dias após IATF, em vacas Holandesas em lactação, observaram que vacas de terceira lactação obtiveram maior taxa de prenhez nos tratamentos mencionados (28,6% e 25,3%, respectivamente) em comparação ao grupo controle (17,3%).

A base farmacológica para o uso terapêutico do GnRH deriva do seu efeito fisiológico de estimular a liberação de LH e FSH pela glândula pituitária anterior. A eficácia dos tratamentos com GnRH tem sido revisada em relação à prevenção da mortalidade embrionária, controle do desenvolvimento folicular em programas de sincronização, indução da ovulação no anestro pós-parto e na doença cística ovariana bovina (Peters, 2005, Peixoto *et al.*, 2021).

## CONCLUSÃO

Apesar de se tratar de uma ferramenta vantajosa para pecuária, a eficiência da IATF ainda é muito variável, a depender das condições fisiológicas, nutricionais e ambientais as quais as fêmeas bovinas estão expostas. Neste contexto, o estudo de estratégias após a IATF, em termos de manejo ou tratamento hormonal, e até mesmo adequações nos protocolos de IATF é importante a fim de possibilitar melhores taxas de prenhez e maior retorno econômico aos produtores.

## REFERÊNCIAS

ABIEC. Beef Report. Perfil da Pecuária no Brasil 2022. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. ABIEC. São Paulo, SP: ABIEC. 1: 72 p. 2022.

ALVES, N. G.; PEREIRA, M. N.; COELHO, R. M. Nutrição e reprodução em vacas leiteiras. *Rev Bras Anim Supl*, Belo Horizonte, n. 6, p. 118-124, 2019.

BARTOLOME, J. A.; WALLACE, S. P.; DE LA SOTA, R. L.; THATCHER, W. W. The effect of administering equine chorionic gonadotropin (eCG) and human chorionic gonadotropin (hCG) post artificial insemination on fertility of lactating dairy cows. **Theriogenology**, 78, n. 5, p. 1110-1116, 2012.

BARUSELLI, P. S.; FERREIRA, R. M.; COLLI, M. H. A.; ELLIFF, F. M.; SÁ FILHO, M. F.; VIEIRA, L.; DE FREITAS, B. G. Timed artificial insemination: current challenges and recent advances in reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. **Animal Reproduction** (AR), 14, n. 3, p. 558-571, 2018.

BARUSELLI, P. S.; SALES, J.; SALA, R. V.; VIEIRA, L.; SÁ FILHO, M. F. d. History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. **Animal Reproduction** (AR), 9, n. 3, p. 139-152, 2018.

BATISTA, E. d. S.; SOARES FILHO, B.; RAJÃO, R.; BARBOSA, F.; COSTA, M. Cenários para intensificação da bovinocultura de corte brasileira. Belo Horizonte: **Editora IGC/UFGM**, 2020. 66 p.

BELTMAN, M.E.; LONERGAN, P.; DISKIN, M.G.; ROCHE, J.F.; CROWE, M.A. Effect of progesterone supplementation in the first week post conception on embryo survival in beef heifers. **Theriogenology**, v. 71, p. 1173-1179, 2009.

BELTRAN, M. P. Efeito do tratamento com GnRH ou hCG no dia 5 pós inseminação artificial sobre a concentração sérica de progesterona e a taxa de concepção em vacas holandesas lactantes durante o verão. 2003. 73 f. - **Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu**, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

BINELLI, M.; PUGLIESI, G.; BATISTA, E. d. O. S.; MARTINS, T.; LOPES, E.; SPONCHIADO, M.; DIAZA, A.; OLIVEIRA, M.; FRANÇA, M. R.; CARDOSO, B. d. O. Programação da receptividade uterina e fertilidade em vacas de corte. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, 41, n. 1, p. 121-129, 2017.

BORGES, J. B. S.; THEDY, D. X.; DIAS, M. M.; DE AZEVEDO VELHO, F.; DE ALMEIDA, M. R. Administração de Gonadotrofina Coriônica Humana para estimulação da função luteal em vacas de corte lactantes. **Acta Scientiae Veterinariae**, 42, n. 1, p. 1-8, 2014.

CAMPOS, W. E.; SAURESSIG, M. C.; SATURNINO, H. M.; SOUZA, B. M.; AMARAL, T. B.; FERREIRA, F. Manejo reprodutivo em gado de corte. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, DF, 134, 54 p., mar. 2005.

CASTRO, F. C.; FERNANDES, H.; LEAL, C. L. V. Sistemas de manejo para maximização da eficiência reprodutiva em bovinos de corte nos trópicos. **Veterinária e Zootecnia**, 25, n. 1, p. 41-61, 2018.

CATUNDA, A. G. V.; LIMA, F. R. G.; LIMA, I. C. S.; MACHADO, A. A. C.; GADELHA, C. R. F.; PEREIRA, E. S.; MARTINS, G. A. L.; CAMPOS, A. C. N. O papel da leptina na reprodução dos ruminantes. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, Belo Horizonte, v. 38, n.1, p. 3-9, jan.-mar. 2014.

CEREZETTI, M. B.; BERGAMO, L. Z.; COSTA, C. B.; SILVA, C. B.; SENEDA, M. M. Alternativas para substituição do uso de implantes vaginais de progesterona na inseminação artificial em tempo fixo em bovinos. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, v.6, n. 2, p. 416-433, 2019.

COLEHO, M. R.; CORREIA, I. A.; MOTA, D. A.; LOBO JÚNIOR, A. R.; ALCEBIANES, W. J.; SIQUEIRA, J. B. Fatores que influenciam a taxa de gestação em fêmeas da raça nelore submetidas ao protocolo de IATF. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 46901-46915, maio 2021.

COSTA, A. N. L.; ARAÚJO, A. A.; ARAÚJO, E. P. Efeitos do estresse térmico na reprodução de fêmeas bovinas. **Rev. Bras. Reprod. Anim**, Belo Horizonte, v. 40, n. 4, p. 123-125, out.-dez. 2016.

COSTA, M. G.; ARAÚJO, A. C. C.; NONATO, M. S.; MURTA, D. C. R. X.; MURTA, D. V. F.; RUFINO, C. A.; SANTOS, J. M. L.; CALDAS, L. A. F. Influência do Escore de Condição Corporal sobre a taxa de prenhez de vacas Nelore submetidas ao programa de IATF no norte de Minas Gerais. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 24724-24728, nov. 2019.

COUTO, S. R.B.; GUERSON, Y. B.; FERREIRA, J. E.; SILVA, O. R.; SILENCIATO, L. N.; BARBERO, R. P.; MELLO, M. R. B. Impact of supplementation with long-acting progesterone on gestational loss in Nelore females submitted to TAI. **Theriogenology**, v.125, p. 168-172, 2019.

D'OCCHIO, M. J.; BARUSELLI, P. S.; CAMPANILE, G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. **Theriogenology**, v. 125, p. 277 a 284, 2019.

FERREIRA, A. M. **Reprodução da fêmea bovina: fisiologia aplicada e problemas mais comuns** (causas e tratamentos). Juiz de Fora, MG: Edição do Autor, 2010.

FERNANDES, A. F. A.; OLIVEIRA, J. A.; QUEIROZ, S. A. Escores de condição corporal em ruminantes. **ARS veterinária**, Jaboticabal, SP, n. 1, p. 055-066, 2016.

FIALHO, A. L. L.; SOUZA-CÁCERES, M. B.; SILVA, W. A. L.; ARRUDA, E. D. S.; KISCHEL, H.; RIBEIRO-FERREIRA, M.G.C.; MEDEIROS, C. F.; SILVA, J. R.; OLIVEIRA, M. V. M.; FERRAZ, A. L. J.; MELO-STERZA, F.A. Efeito do estresse térmico calórico agudo e crônico sobre a qualidade oocitária de bovinos de raças adaptadas. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 70, n. 1, p. 64-72, 2018.

FIANCO, B.; NEUMANN, M.; BONATO, D. V.; GHIZZI, L. G.; LINK, A.; WROBE, F. L.; UENO, R. K.; POCZYNEK, M.; CARNEIRO, M. K.; TEIXEIRA, P. P. M. Balanço energético no período de transição da vaca leiteira. **Investigação**, v. 17, n. 5, p. 24-31, 2018.

FIRMINO, A. A. F.; CHAGAS, J. C. C. Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) em bovinos de corte na Fazenda Alfredo de Maya no município de Cacimbinhas/AL. **Diversitas Journal**, 6, n. 4, p. 4159-4170, 2021.

FRANCO, G. L.; FARIA, F. J. C.; D'OLIVEIRA, M. C. Interação entre nutrição e reprodução em vacas de corte. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 37, n. 292, p. 36-53, 2016.

GARRETT, J. E.; GEISERT, R. D.; ZAVY, M. T.; MORGAN, G. L. Evidence for maternal regulation of early conceptus growth and development in beef cattle. **Journal of reproduction and fertility**, v. 84, n. 2, 437-446, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rebanho de bovinos**. IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/br>. Acesso em: 16 out. 2024.

KERBLER, T. L.; BUHR, M. M.; JORDAN, L. T.; LESLIE, K. E.; WALTON, J. S. Relationship between maternal plasma progesterone concentration and interferon-tau synthesis by the conceptus in cattle. **Theriogenology**, v. 47, p. 703-714, 1997.

KOWALSKI, L. H.; FREITAS, J. A.; FERNANDES, S. R.; R. JÚNIOR, P.; FERNANDES, J. I. M.; SILVA, M. G. B. Leptina e grelina na produção de ruminantes. **Revista de ciências agrárias**, v. 37, n. 4, p. 375-383, 2014.

LARSON, S. F.; BUTLER, W. R.; CURRIE, W. B. Pregnancy rates in lactating Dairy cattle following supplemnetation of progesterone after artificial insemination. **Animal Reproduction Science**, 102, p. 172-179, 2007.

LIMA, A. E. A.; CARNEIRO, Y. F.; BELTRÃO, L. C. F.; DE ABREU, D. A. C.; DE ALMEIDA RABELLO, D.; BRANDSTETTER, E. V.; DOS SANTOS, F. C.; DE SOUZA, W. J. Progesterona injetável em vacas nelores submetidas a protocolos de inseminação artificial em tempo fixo. **Brazilian Journal of Development**, 6, n. 3, p. 14903-14908, 2020.

LONERGAN, P. Influence of progesterone on oocyte quality and embryo development in cows. **Theriogenology**, 76, p. 1549-1601, 2011.

LONERGAN, P.; FAIR, T.; FORDE, N.; RIZOS, D. Embryo development in dairy cattle. **Theriogenology**, 86, n. 1, p. 270-277, 2016.

MACHADO, R. Protocolos para otimizar a fertilidade de vacas de corte e leite. **Circular Técnica**, 79, n. 1, p. 1-7, 2012. Disponível em: Acesso em: 08 mai. 2023.

MACHADO, R. Protocolos para otimizar a fertilidade de vacas de corte e de leite. **Circular Técnica**, São Carlos, 70, p. 1-7, 2012.

MACHADO, R.; CORRÊA, R. F.; BARBOSA, R. T.; BERGAMASCHI, M. A. C. M. Escore da condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes. **Embrapa**, São Carlos, [s. d.], dez., 2008.

MANN, G. E.; LAMMING, G. E. The influences of Progesterone During Early Pregnancy in Cattle. **Reprod. Dom. Anim.**, 34, 1999.

MELLO, R. R. C.; FERREIRA, J. E.; SOUSA, S. L. G. d.; MELLO, M. R. B. d.; PALHANO, H. B. Parâmetros genéticos de características reprodutivas em bovinos de corte e leite. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, 40, n. 2, p. 65-72, 2016.

MENDONÇA, K. G. D.; NANTELO, F. M.; STEVENSON, J. S. Fertility of lactating dairy cows treated with gonadotropin-releasing hormone at AI, 5 days after AI, or both, during summer heat stress. **Theriogenology**, v. 91, p. 9-16, 2017.

MOREIRA, F. S.; DE OLIVEIRA, R. O. R. G.; RODRIGUES, M. H. D.; FIORAVANTE, F. C. R. C.; SOUZA, A. B. B.; DE SOUSA RODRIGUES, V.; GARCIA, J. A. S.; FERREIRA, J. L. Efeito de estratégias anti-luteolíticas sobre a fertilidade de novilhas de corte. **Brazilian Journal of Development**, 6, n. 10, p. 75839-75851, 2020.

MOURA, G. S. Uso de análogo de GnRH após inseminação convencional e com protocolo de IATF em gado mestiço. 2008. (Mestrado) - Zootecnia, **Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa.

MURPHY, B. D. Equine chorionic gonadotropin: na enigmatic but essential tool. **Anim. Reprod.**, v. 9, n. 3, p. 223-230, jul.-set. 2012.

NAZHAT, S. A.; AZIZ, A.; ZABULLI, J.; RAHMATI, S. Importance of Body Condition Scoring in Reproductive Performance of Dairy Cows: a review. **Open Journal of Veterinary Medicine**, 11, p. 272-288, 2021.

NEGRÓN-PÉREZ, V. M.; FAUSNACHT, D. W.; RHOADS, M. L. Invited review: Management strategies capable of improving the reproductive performance of heat-stressed dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 12, p. 10695-10710, 2019.

NONATO, M. S.; COSTA, M. G.; BEZERRA, A. R. A.; MURTA, D. C. R. X.; MURTA, D. V. F.; SANTOS, J. M. L.; BARBOSA, L. K. G.; DE ARAUJO RUFINO, C. Programa de IATF em novilhas puberes e prepubes. **Brazilian Journal of Development**, 5, n. 11, p. 24707-24712, 2019.

NÚÑEZ, R.; DE CASTRO, T.; CUTAIA, L.; BÓ, G.; MENCHACA, A. 116 Pregnancy rates after administration of equine chorionic gonadotropin (eCG) at progesterone intravaginal device removal and 14 days after fixed-time AI in beef cattle. **Reproduction, Fertility and Development**, 23, n. 1, p. 163-163, 2010.

NÚÑEZ-OLIVERA, R.; DE CASTRO, T.; BÓ, G.; PIAGGIO, J.; MENCHACA, A. Equine chorionic gonadotropin administration after insemination affects luteal function and pregnancy establishment in postpartum anestrous beef cows. **Domestic Animal Endocrinology**, 62, p. 24-31, 2018.

OUVERNEY, B. R.; FERRER, D. M. V.; VASCONCELLOS, F. S.; BOBÁNY, D. M.; LEITE, D. K. V. H. Correlação taxa de prenhez em vacas Nelore (bos taurus indicus) com baixo escore de condição corporal submetidas a iatf. **Revista da medicina veterinária do unifeso**, v. 2, n. 1, p. 92-100, 2021.

OUVERNEY, R. B.; FERRER, D. M. V.; VASCONCELLOS, F. S.; BOBÁNY, D. M.; LEITE, D. K. V. H. CORRELAÇÃO TAXA DE PRENHEZ EM VACAS NELORE (BOS TAURUS INDICUS) COM BAIXO ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL SUBMETIDAS A IATF. **Revista da medicina veterinária do Unifeso**, v. 2, n.1, 2021.

PADILHA, H. L. Z.; GUEIROS, E. M. A. Escore de condição corporal (ECC) relacionado a taxa de prenhez em fêmeas bovinas submetidas a procedimento de inseminação artificial em tempo fixo (IATF). **Arquivos brasileiros de medicina veterinária FAG**, v. 6, n. 1, p. 46-55, jan.-jun. 2023.

PEGORARO, L. M. C.; SAALFELD, M. H.; PRADIEÉ, J. Inseminação Artificial em Bovinos. Pelotas, RS: **Embrapa**, 2016. v. Documentos 412).

PEIXOTO, H. C. G.; SOUZA, P. H.; VIEIRA, P. O. M. D.; CUNHA, A. T. M. Aplicação de análogo de GnRH no momento da inseminação artificial como alternativa para otimizar a taxa de concepção em gado de leite. **Singular: meio ambiente e agrárias**, Palmas, TO, ano 2, v.1, n.2, jan./jul., 2021.

PEREIRA, P.; FERREIRA, A.; CARVALHO, L.; VERNEQUE, R.; HENRY, M.; LEITE, R. Comparação dos índices de eficiência reprodutiva por diferentes métodos em rebanhos bovinos leiteiros. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 65, n. 5, p. 1383-1388, 2013.

PETERS, A. R. Veterinary clinical application of GnRH—questions of efficacy. **Animal Reproduction Science**, 88, p. 155-167, 2005.

PFEIFER, L. F. M.; SILVA, S. A. S.; RODRUGUES, W. B.; NOGUEIRA, E. Índice de condição corporal de vacas de corte: relação entre ECC e fertilidade de vacas submetidas a protocolos de IATF. **Comunicado Técnico**, Porto Velho, RO, 418, dez. 2021.

PUGLES, G.; SANTOS, F. B.; LOPES, E.; NOGUEIRA, E.; MAIO, J. R. G.; BINELLI, M. Improved fertility in suckled beef cows ovulating large follicles or supplemented with long-acting progesterone after timed-AI. **Theriogenology**, v. 85, p. 1239-1248, 2016.

REESE, S. T.; FRANCO, G. A.; POOLE, R. K.; HOOD, R.; FERNANDEZ MONTERO, L.; OLIVERA FILHO, R. V.; POHLER, K. G. Pregnancy loss in beef cattle: A meta-analysis. **Animal Reproduction Science**, v. 22, jan. 2020.

RANI, P.; CHANDOLIA, R.; DUTT, R.; SONI, N.; DHAKA, S.; KUMAR, S.; PANDEY, A.; SINGH, G. Ultrasonographic assessment of embryonic mortality in cows. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 7, n. 6, p. 387-399, 2018.

ROCHA, D. R.; SALLES, M. G. F.; MOURA, A. A. A. N.; ARAÚJO, A. A. Impacto do estresse térmico na reprodução da fêmea bovina. **Ver. Bras. Reprod. Anim.**, Belo Horizonte, v. 36, n. 1, p. 18-24, jan.-mar. 2021.

ROCHA, J. M.; RABELO, M. C.; SANTOS, M. H. B.; CHAVES, R. M.; MACHADO, P. P.; FEITAS NETO, L. M.; OLIVEIRA, M. A. L. Eficiência reprodutiva de vacas Nelore submetidas a diferentes manejos na Região Agreste do Estado do Rio Grande do Norte. **Medicina Veterinária**, Recife, v.1, n.1, p.58-61, jan-jun, 2007.

SALA, P. C.; ROSA, V.; OTUTUMI, L. K.; BOSACARATO, A. G.; LEAL, L. S. Suplementação de progesterona para aumentar os índices de gestação em vacas de corte submetidas à inseminação artificial em tempo fixo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 1715-1726, 2014.

SAMMAD, A.; KHAN, M. Z.; ABBAS, Z.; HU, L.; ULLAH, Q.; WANG, Y.; ZHU, H.; WANG, Y. Major Nutritional Metabolic Alterations Influencing the Reproductive System of Postpartum Dairy Cows. **Metabolites**, n. 12, v. 60, p. 1 – 21, 2012.

SAMMAD, A.; KHAN, M. Z.; ABBAS, Z.; HU, L.; ULLAH, Q.; WANG, Y.; ZHU, H.; WANG, Y. Major Nutritional Metabolic Alterations Influencing the Reproductive System of Postpartum Dairy Cows. **Metabolites**, 12, 60, 2022.

SÁNCHEZ, J. M.; SIMINTIRAS, C. A.; LONERGAN, P. Aspects of embryo-maternal communication in establishment of pregnancy in cattle. **Animal Reproduction**, 16, n. 3, p. 376-385, 2019.

SANTOS, J.; RIBEIRO, E. Impact of animal health on reproduction of dairy cows. **Animal Reproduction**, 11, n. 3, p. 254-269, 2018.

SARTORI, R.; GUARDIEIRO, M. M. Fatores nutricionais associados à reprodução da fêmea bovina. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, p. 422-432, 2010.

SHAMS-ESFANABADI, N.; SHIRAZI, A. Effects of supplementation of repeat-breeder dairy cows with CIDR from 5-19 post-insemination on pregnancy rate. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 9, n. 11, p. 2173-2176, 2006.

TORRES, H. A. L.; TINEO, J. S. A.; RAIDAN, F. S. S. Influência do escore de condição corporal na probabilidade de prenhez em bovinos de corte. **Arch. Zootec.**, v. 64, n. 247, p. 255-260, 2015.

TORRES, H.A.L.; TINEO, J.S.A.; RAIDAN, F.S.S. Influência do escore de condição corporal na probabilidade de prenhez em bovinos de corte. **Archivos de zootecnia**, v. 64, n. 247, p. 255 – 259, 2015.

VAZ, R. Z.; RESTLE, J.; PACHECO, P. S.; VAZ, F. N.; PASCOAL, L. L.; VAZ, M. B. Ganho de peso pré e pós-desmame no desempenho reprodutivo de novilhas de corte aos quatorze meses de idade. **Ci. Anim. Bras.**, Goiânia, v. 13, n. 3, p. 272-281, jul./set. 2012.

WATERMAN, R. C.; BUTLER, W. R. Metabolic signals of the beef cow in negative energy balance. *In*: 4th grazing livestock nutrition conference, 4, 2010, **Estes Park, Anais [...]**. Colorado, EUA: [s. i.], 2010, p. 93 – 103.

WECKER, F.; THEDY, D. X.; GONSIOROSKI, A. V.; BORGES, J. B. S. Efeito da aplicação de eCG ou hCG 7 dias após a IATF no desenvolvimento das estruturas ovarianas e nas taxas de prenhez de vacas de corte. **Acta Scientiae Veterinariae**, 40, n. 4, p. 1-8, 2012.

WILLARD, S.; GANDY, S.; BOWERS, S.; GRAVES, K.; ELIAS, A.; WHISNANT, C. The effects of GnRH administration postinsemination on serum concentrations of progesterone and pregnancy rates in dairy cattle exposed to mild summer heat stress. **Theriogenology**, 59, n. 8, p. 1799-1810, 2003.

WILTBANK, M.; MEZERA, M.; ZUCATO TOLEDO, M.; DRUM, J.; BAEZ, G.; GARCIA GUERRA, A.; SARTORI, R. Physiological mechanisms involved in maintaining the corpus luteum during the first two months of pregnancy. **Animal Reproduction**, 15, n. 1, p. 805-821, 2018.

YAN, L.; ROBINSON, R.; SHI, Z.; MANN, G. Efficacy of progesterone supplementation during early pregnancy in cows: A meta-analysis. **Theriogenology**, 85, n. 8, p. 1390-1398. e1391, 2016.

## **O PAPEL DO CÂNHAMO COMO CULTURA ESTRATÉGICA PARA A SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS ALIMENTARES**

Débora Muriel Carrasquinho Paulino  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)

# RESUMO

O presente estudo tem como objetivo analisar o papel do cânhamo como cultura para a promoção da sustentabilidade em sistemas alimentares, destacando as suas propriedades e benefícios. A pesquisa visa explorar como o cânhamo pode ser integrado em sistemas alimentares modernos de forma a promover a sustentabilidade. Foi realizada uma revisão narrativa da literatura que identificou três áreas principais de resultados: benefícios ambientais, nutricionais e socioeconómicos. A nível ambiental, o cânhamo demonstrou potencial para o sequestro de carbono e a melhoria da qualidade do solo. No âmbito nutricional, as sementes de cânhamo destacaram-se pelo seu perfil nutricional completo. Socioeconomicamente, a cultura de cânhamo revelou potencial para o desenvolvimento rural, criação de emprego e diversificação económica. Concluindo-se que o cânhamo é uma cultura versátil e sustentável, com um potencial significativo para contribuir para o meio ambiente, segurança nutricional e desenvolvimento socioeconómico. A sua integração em sistemas alimentares modernos poderá desempenhar um papel fundamental no avanço dos objetivos de sustentabilidade, sendo recomendada a realização de mais investigação e o apoio político para maximizar os seus benefícios.

**Palavras-chave:** cânhamo industrial; cultivo e produção de cânhamo; sustentabilidade alimentar; agricultura sustentável.

## INTRODUÇÃO

Num cenário global marcado pela exaustão de recursos naturais, pelas alterações climáticas e pela crescente necessidade de segurança alimentar e nutricional, a procura por sistemas verdadeiramente sustentáveis tornou-se uma prioridade inadiável (Blay-Palmer, 2016; Feenstra, 2002; Godfray *et al.*, 2010). A sustentabilidade dos sistemas alimentares tem emergido como uma das principais preocupações do século XXI, face aos vários desafios que enfrentamos (Blay-Palmer, 2016; Feenstra, 2002; Godfray *et al.*, 2010; Nguyen, 2018). O cenário atual exige uma transformação sistémica que não se limita à reestruturação das práticas agrícolas, mas que também envolve a integração de tecnologias inovadoras e o cultivo de espécies ambientalmente responsáveis, socialmente inclusivas e economicamente viáveis (Blay-Palmer, 2016; Feenstra, 2002; Godfray *et al.*, 2010).

Para que esta transformação seja eficaz, é imperativo repensar a forma como os sistemas alimentares são estruturados, integrando práticas e culturas que favoreçam a sustentabilidade em todas as suas dimensões (Eakin *et al.*, 2017; Feenstra, 2002; Godfray *et al.*, 2010; Nguyen, 2018). Tal necessidade, materializa-se na visão expressa pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), que define um sistema alimentar sustentável como aquele que garante a segurança alimentar e a nutrição para todos, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades (Nguyen, 2018).

No entanto, para alcançar esta visão, é necessário explorar o potencial de culturas que ofereçam soluções multifacetadas para os desafios que os sistemas alimentares enfrentam (Ali; Bhattacharjee, 2023; Baldermann *et al.*, 2016; Cloete; Idsardi, 2013; Hunter *et al.*, 2019; Knez; Ranić; Gurinović, 2024). Entre as diversas opções, o cânhamo (*Cannabis sativa* L.) destaca-se como uma cultura com potencial transformador, dada a sua versatilidade (Ahmed *et al.*, 2022; Kaur; Kander, 2023; Martins, 2022). O cânhamo, é uma das plantas cultivadas há mais tempo pela humanidade, tem uma história rica e multifacetada, sendo utilizado ao longo dos séculos para fins têxteis, medicinais, alimentares e industriais (Martins, 2022; Schroeder, 2019; Young, 2005). Porém, o seu potencial tem sido limitado por questões legais e estigmas associados a outras variedades da mesma espécie (Martins, 2022; Riboulet-Zemouli *et al.*, 2019; Yano; Fu, 2023). Nas últimas décadas,

contudo, o cânhamo tem vindo a ser reavaliado como uma cultura de elevado valor ecológico e económico (Ahmed *et al.*, 2022; Kaur; Kander, 2023; Yano; Fu, 2023).

Neste contexto, a presente investigação tem como objetivo analisar o papel do cânhamo industrial como cultura estratégica para a sustentabilidade, explorando os seus benefícios ambientais, económicos e sociais. Através de uma revisão narrativa da literatura científica, serão examinadas as propriedades do cânhamo e as suas potenciais aplicações em sistemas alimentares modernos. A investigação visa, assim, contribuir para o debate sobre o potencial do cânhamo na construção de sistemas alimentares sustentáveis, apresentando evidências científicas e identificando oportunidades para a sua integração em sistemas produtivos. Este estudo procura, em última análise, defender o uso do cânhamo como cultura para a promoção da sustentabilidade.

## **O CÂNHAMO INDUSTRIAL COMO CULTURA PARA A SUSTENTABILIDADE**

O cânhamo é uma variedade anual da espécie *Cannabis sativa* L., caracterizada pela sua morfologia complexa e versatilidade genética, sendo cultivada especificamente para fins industriais (Ahmed *et al.*, 2022; Enarevba; Haapala, 2024; Martins, 2022).

Trata-se de uma planta nativa da Ásia Oriental que tem sido cultivada em diversas regiões e utilizada por várias culturas como fonte de alimentação, vestuário, papel, alimento para animais e medicamento (Schroeder, 2019; Young, 2005). O seu crescimento rápido e características agronómicas destacam o cânhamo como uma cultura promissora para práticas de cultivo sustentável (Ahmed *et al.*, 2022; Martins, 2022; Yano; Fu, 2023). A planta demonstra elevada resistência a pragas, o que permite o seu cultivo sem a utilização de pesticidas e herbicidas ou com uma quantidade significativamente reduzida destes produtos (Ahmed *et al.*, 2022; Kaur; Kander, 2023; Yano; Fu, 2023). Esta resistência, aliada à sua capacidade de se desenvolver numa variedade de solos e climas, torna o cânhamo uma alternativa viável a culturas que exigem mais recursos agrícolas, como é o caso da soja (Ahmed *et al.*, 2022; Kaur; Kander, 2023; Yano; Fu, 2023).

Atualmente, o cânhamo possui uma multiplicidade de aplicações, encontrando lugar em diversas indústrias. As fibras de cânhamo, por exemplo, são utilizadas para fabricar têxteis, papel e cordas, enquanto as sementes de cânhamo

podem ser transformadas em alimentos (Ahmed *et al.*, 2022; Yano; Fu, 2023; Young, 2005). Os extratos das flores de cânhamo, como o óleo de CBD, são amplamente utilizados nas indústrias farmacêutica e de suplementos alimentares devido aos seus benefícios terapêuticos (Kaur; Kander, 2023; Martins, 2022; Riboulet-Zemouli *et al.*, 2019; Yano; Fu, 2023). Outrossim, o cânhamo pode ser transformado em biocombustíveis, oferecendo uma fonte de energia renovável que reduz a dependência de combustíveis fósseis, e os seus caules são utilizados para produzir betão de cânhamo, um material de construção sustentável (Ahmed *et al.*, 2022; Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Yano; Fu, 2023; Young, 2005). O cânhamo também permite a produção de biochar, uma substância rica em carbono que contribui para a melhoria da qualidade do solo e, simultaneamente, auxilia na captura de carbono (Ahmed *et al.*, 2022; Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Young, 2005). Os bioplásticos feitos de cânhamo surgem como uma alternativa viável aos plásticos convencionais (Ahmed *et al.*, 2022; Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023).

Além disto, toda a planta pode ser aproveitada para a fabricação de produtos sustentáveis em diversas indústrias, incluindo a indústria alimentícia. O aproveitamento integral da planta do cânhamo está alinhado com os princípios da economia circular, reduzindo o desperdício e maximizando a eficiência dos recursos naturais (Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Martins, 2022; Riboulet-Zemouli *et al.*, 2019). Esta abordagem contribui diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, promovendo uma produção alimentar mais equilibrada (Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023, 2023; Riboulet-Zemouli *et al.*, 2019; Yano; Fu, 2023).

## **O lugar do cânhamo nos sistemas alimentares**

Nos últimos anos, tem-se observado uma crescente mudança nos padrões alimentares impulsionada por fatores como a preocupação com a saúde, o bem-estar animal e a sustentabilidade ambiental (Blay-Palmer, 2016; Eakin *et al.*, 2017; Feenstra, 2002; Godfray *et al.*, 2010). A procura por dietas baseadas em plantas tem vindo a aumentar, promovendo alternativas alimentares mais saudáveis (Baldermann *et al.*, 2016; Godfray *et al.*, 2010; Kortetmäki, 2023; Mazur-Włodarczyk; Gruszecka-Kosowska, 2024; Rizzo; Storz; Calapai, 2023). O cânhamo, com o seu perfil nutricional rico e a sua capacidade de ser cultivado de forma sustentável,

posiciona-se como um recurso estratégico para atender a estas novas demandas (Cerino *et al.*, 2021; Raihan; Bijoy, 2023; Rizzo; Storz; Calapai, 2023; Yano; Fu, 2023).

Na produção de alimentos, o cânhamo pode ser transformado em vários produtos, incluindo sementes, óleo, proteína, leite, farinha, chá, emulsionante, carne à base de plantas, entre outros (Cerino *et al.*, 2021; Rizzo; Storz; Calapai, 2023; Yano; Fu, 2023). Cada um destes produtos oferece aplicações diversas na alimentação diária, que vão desde receitas culinárias à base de plantas até suplementos nutricionais (Cerino *et al.*, 2021; Rizzo; Storz; Calapai, 2023; Yano; Fu, 2023). As sementes de cânhamo, por exemplo, são reconhecidas pelo seu elevado valor nutricional. Ricas em proteína completa, fornecem todos os nove aminoácidos essenciais, tornando-se uma excelente alternativa proteica para veganos e vegetarianos (Leonard *et al.*, 2020; Potin; Saurel, 2020; Rizzo; Storz; Calapai, 2023; Yano; Fu, 2023). Para além disto, contêm uma proporção equilibrada de ácidos gordos ómega-3 e ómega-6, fundamentais para a saúde cardiovascular e cerebral (Aloo *et al.*, 2024; Cerino *et al.*, 2021; Rizzo; Storz; Calapai, 2023; Yano; Fu, 2023). A farinha de cânhamo, obtida a partir da moagem das sementes, é uma opção nutritiva e sem glúten, ideal para a confeção de pães, bolos e massas alimentícias (Leonard *et al.*, 2020; Potin; Saurel, 2020; Rizzo; Storz; Calapai, 2023; Yano; Fu, 2023). O leite de cânhamo é outra alternativa popular ao leite animal. Feito a partir da mistura de sementes de cânhamo com água, é uma alternativa ao leite animal, valorizado pelas suas propriedades nutricionais e pela ausência de lactose (Leonard *et al.*, 2020; Tănase Apetroaei *et al.*, 2024; Yano; Fu, 2023). Assim, este produto é particularmente relevante para indivíduos com intolerâncias alimentares.

O óleo de cânhamo, extraído das sementes, é valorizado pelo seu sabor suave e pela riqueza em ácidos gordos essenciais (Aloo *et al.*, 2024; Leonard *et al.*, 2020; Potin; Saurel, 2020; Tănase Apetroaei *et al.*, 2024; Yano; Fu, 2023). Pode ser utilizado como tempero em saladas ou ingrediente em molhos e pratos cozinhados, contribuindo para uma alimentação equilibrada (Leonard *et al.*, 2020; Tănase Apetroaei *et al.*, 2024; Yano; Fu, 2023). O cânhamo também é usado na produção de emulsionantes naturais, aditivos alimentares e bebidas funcionais, ampliando ainda mais a sua relevância nos sistemas alimentares modernos (Aloo *et al.*, 2024; Burton *et al.*, 2022; Potin; Saurel, 2020).

## O cânhamo e a sustentabilidade ambiental

A crescente procura por alternativas vegetais reflete uma mudança significativa nos hábitos de consumo, impulsionada pela conscientização sobre saúde, bem-estar e sustentabilidade (Baldermann *et al.*, 2016; Kortetmäki, 2023; Rizzo; Storz; Calapai, 2023; Yano; Fu, 2023). Neste cenário, o cânhamo destaca-se como uma cultura versátil e sustentável, com benefícios nutricionais e ambientais (Ahmed *et al.*, 2022; Kaur; Kander, 2023; Riboulet-Zemouli *et al.*, 2019). A sua capacidade de crescer em diversos climas e solos, aliada à baixa necessidade de pesticidas e herbicidas, reforça o seu potencial como uma solução de baixo impacto ambiental (Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Young, 2005). Outrossim, o cânhamo contribui para a melhoria da saúde do solo através da fitorremediação e do sequestro de carbono, alinhando-se com os princípios da agricultura regenerativa (Ahmed *et al.*, 2022; Duque Schumacher; Pequito; Pazour, 2020; Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023).

O cânhamo é uma das culturas mais eficazes na absorção de CO<sub>2</sub>. Durante o seu crescimento, a planta absorve grandes quantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera, ajudando a mitigar as alterações climáticas. Este potencial faz do cânhamo uma ferramenta valiosa para a redução das emissões de gases com efeito de estufa, especialmente quando integrado em sistemas agrícolas sustentáveis (Kaur; Kander, 2023; Schroeder, 2019; Yano; Fu, 2023; Young, 2005). A cultura do cânhamo também promove a biodiversidade, uma vez que as suas flores atraem polinizadores, como abelhas, que são essenciais para a saúde dos ecossistemas agrícolas (Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Roulac, 1997; Schroeder, 2019; Young, 2005). Ao contrário de monoculturas intensivas, que podem levar à degradação ambiental, o cultivo de cânhamo pode ser integrado em sistemas agrícolas diversificados, promovendo práticas mais harmoniosas com a natureza (Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Martins, 2022).

No contexto da economia circular, o cânhamo destaca-se por permitir o aproveitamento integral da planta (Martins, 2022). As fibras são utilizadas na produção de têxteis, papel e materiais de construção, como o betão de cânhamo, que é mais leve e tem uma pegada de carbono significativamente menor do que o betão tradicional (Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Muhit; Omairey; Pashakolaie, 2024; Young, 2005). As sementes são transformadas em alimentos

nutritivos, enquanto os caules e folhas podem ser utilizados para produzir bioplásticos, que são biodegradáveis e menos prejudiciais ao ambiente do que os plásticos convencionais (Enarevba; Haapala, 2024; Muhit; Omairey; Pashakolaie, 2024; Roulac, 1997; Tsaliki *et al.*, 2021; Young, 2005).

## **O cânhamo e a sustentabilidade socioeconómica**

Uma das principais contribuições do cânhamo para a sustentabilidade socioeconómica é a sua capacidade de criar oportunidades de emprego e rendimento, especialmente em comunidades rurais (Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Riboulet-Zemouli *et al.*, 2019). O cultivo e processamento do cânhamo exigem mão-de-obra em diversas etapas, desde o plantio e colheita até à transformação em produtos finais, como têxteis, alimentos, materiais de construção e biocombustíveis. Esta cadeia de valor diversificada pode revitalizar economias locais, proporcionando novas fontes de rendimento para agricultores e pequenos produtores (Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Riboulet-Zemouli *et al.*, 2019). Em regiões onde a agricultura tradicional enfrenta desafios como a degradação do solo ou a redução da rentabilidade, o cânhamo oferece uma alternativa viável e lucrativa (Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Raihan; Bijoy, 2023; Young, 2005).

A nível macroeconómico, o cânhamo pode contribuir para a diversificação das economias nacionais, reduzindo a dependência de culturas intensivas em recursos ou de indústrias poluentes (Ceyhan *et al.*, 2022; Duque Schumacher; Pequito; Pazour, 2020; Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Roulac, 1997; Young, 2005). Países que investem no desenvolvimento da cadeia de valor do cânhamo podem beneficiar de novas exportações, como fibras têxteis, sementes, óleos e produtos farmacêuticos, gerando receitas significativas e fortalecendo a sua posição no mercado global (Ceyhan *et al.*, 2022; Manaia; Manaia; Rodrigues, 2019; Schroeder, 2019; Young, 2005).

A nível social, o cultivo de cânhamo pode fortalecer os laços sociais e promover a cooperação entre agricultores, empresas e instituições de investigação (Ahmed *et al.*, 2022; Kaur; Kander, 2023; Raihan; Bijoy, 2023; Riboulet-Zemouli *et al.*, 2019). Programas de formação e capacitação em técnicas de cultivo e processamento de cânhamo podem melhorar as competências dos trabalhadores rurais, aumentando a sua produtividade e rendimento. Paralelamente, a criação

de cooperativas e associações de produtores pode facilitar o acesso a mercados e recursos, fortalecendo a posição dos pequenos agricultores na cadeia de valor. Por outro lado, a regulamentação e integração do cânhamo em políticas de desenvolvimento sustentável têm o potencial de fortalecer economias locais e promover sistemas produtivos equilibrados (Riboulet-Zemouli *et al.*, 2019).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cânhamo revela-se como uma cultura versátil, capaz de desempenhar um papel transformador nos sistemas alimentares. Ao longo deste trabalho, foi possível constatar que o cânhamo não é apenas uma alternativa viável a culturas intensivas em recursos, como o algodão ou a soja, mas também uma solução multifacetada para muitos dos desafios que o planeta enfrenta hoje.

No contexto dos sistemas alimentares, o cânhamo oferece soluções nutricionais inovadoras, com destaque para as suas sementes ricas em proteínas, ácidos gordos essenciais e fibras. A produção de alimentos à base de cânhamo, como leite vegetal, farinha e proteína em pó, responde à crescente procura por dietas saudáveis e sustentáveis, ao mesmo tempo que reduz o impacto ambiental associado à produção de alimentos tradicionais.

Os resultados desta revisão sugerem que a integração do cânhamo nos sistemas produtivos pode trazer benefícios tanto para produtores quanto para consumidores (Ceyhan *et al.*, 2022; Kaur; Kander, 2023; Leonard *et al.*, 2020; Manaia; Manaia; Rodrigues, 2019; Riboulet-Zemouli *et al.*, 2019; Young, 2005).

O potencial do cânhamo para gerar empregos, fortalecer economias locais e substituir materiais poluentes é um fator determinante para a transição para modelos de produção mais sustentáveis. Para maximizar esses impactos, é fundamental que haja políticas públicas que incentivem o cultivo e a utilização do cânhamo, bem como iniciativas de conscientização sobre suas vantagens económicas e ambientais. Os resultados reforçam o potencial do cânhamo como uma cultura sustentável, capaz de gerar benefícios económicos e sociais enquanto contribui para a redução do impacto ambiental (Ahmed *et al.*, 2022; Ceyhan *et al.*, 2022; Enarevba; Haapala, 2024; Kaur; Kander, 2023; Leonard *et al.*, 2020; Muhit; Omairey; Pashakolaie, 2024; Tsaliki *et al.*, 2021; Young, 2005, 2005). A sua

versatilidade e ampla gama de aplicações tornam-no um recurso estratégico para a promoção da sustentabilidade.

Embora existam evidências promissoras sobre o impacto socioeconômico do cânhamo, ainda há lacunas no conhecimento sobre a eficácia das políticas de incentivo ao seu cultivo e sobre a viabilidade econômica a longo prazo de diferentes modelos de produção e processamento. Estudos futuros devem focar em análises quantitativas que avaliem os impactos financeiros e sociais da expansão da indústria do cânhamo. Recomenda-se a implementação de políticas que incentivem o cultivo do cânhamo e o desenvolvimento de cadeias produtivas sustentáveis. Desta forma, o cânhamo pode-se consolidar como uma solução viável para a construção de um sistema alimentar mais sustentável. Desta forma, o cânhamo poderá consolidar-se como um pilar estratégico para a construção de sistemas alimentares alinhados com os princípios da sustentabilidade global.

## REFERÊNCIAS

AHMED, A. T. M. F. *et al.* Hemp as a potential raw material toward a sustainable world: A review. **Heliyon**, v. 8, n. 1, p. e08753, 1 jan. 2022.

ALI, A.; BHATTACHARJEE, B. Nutrition security, constraints, and agro-diversification strategies of neglected and underutilized crops to fight global hidden hunger. **Frontiers in Nutrition**, v. 10, p. 1144439, 22 jun. 2023.

ALOO, S. O. *et al.* Uncovering the secrets of industrial hemp in food and nutrition: The trends, challenges, and new-age perspectives. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 64, n. 15, p. 5093–5112, 10 jun. 2024.

BALDERMANN, S. *et al.* Are Neglected Plants the Food for the Future? **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 35, n. 2, p. 106–119, 3 mar. 2016.

BLAY-PALMER, A. (ED.). **Imagining sustainable food systems: theory and practice**. London New York: Routledge, 2016.

BURTON, R. A. *et al.* Industrial hemp seed: from the field to value-added food ingredients. **Journal of Cannabis Research**, v. 4, n. 1, p. 45, dez. 2022.

CERINO, P. *et al.* A Review of Hemp as Food and Nutritional Supplement. **Cannabis and Cannabinoid Research**, v. 6, n. 1, p. 19–27, 1 fev. 2021.

CEYHAN, V. *et al.* Economic viability of industrial hemp production in Turkey. **Industrial Crops and Products**, v. 176, p. 114354, fev. 2022.

CLOETE, P. C.; IDSARDI, E. F. Consumption of Indigenous and Traditional Food Crops: Perceptions and Realities from South Africa. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 37, n. 8, p. 902–914, 14 set. 2013.

DUQUE SCHUMACHER, A. G.; PEQUITO, S.; PAZOUR, J. Industrial hemp fiber: A sustainable and economical alternative to cotton. **Journal of Cleaner Production**, v. 268, p. 122180, set. 2020.

EAKIN, H. *et al.* Identifying attributes of food system sustainability: emerging themes and consensus. **Agriculture and Human Values**, v. 34, n. 3, p. 757–773, set. 2017.

ENAREVBA, D. R.; HAAPALA, K. R. The Emerging Hemp Industry: A Review of Industrial Hemp Materials and Product Manufacturing. **AgriEngineering**, v. 6, n. 3, p. 2891–2925, 14 ago. 2024.

FEENSTRA, G. Creating space for sustainable food systems: Lessons from the field. **Agriculture and Human Values**, v. 19, n. 2, p. 99–106, 2002.

GODFRAY, H. C. J. *et al.* The future of the global food system. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1554, p. 2769–2777, 27 set. 2010.

HUNTER, D. *et al.* The potential of neglected and underutilized species for improving diets and nutrition. **Planta**, v. 250, n. 3, p. 709–729, set. 2019.

KAUR, G.; KANDER, R. The Sustainability of Industrial Hemp: A Literature Review of Its Economic, Environmental, and Social Sustainability. **Sustainability**, v. 15, n. 8, p. 6457, 11 abr. 2023.

KNEZ, M.; RANIĆ, M.; GURINOVIĆ, M. Underutilized plants increase biodiversity, improve food and nutrition security, reduce malnutrition, and enhance human health and well-being. Let's put them back on the plate! **Nutrition Reviews**, v. 82, n. 8, p. 1111–1124, 1 ago. 2024.

KORTETMÄKI, T. Why do local plant proteins not take off? **The International Journal of Sociology of Agriculture and Food**, p. 25– 43 Pages, 30 abr. 2023.

LEONARD, W. *et al.* Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 1, p. 282–308, jan. 2020.

MANAIA, J. P.; MANAIA, A. T.; RODRIGES, L. Industrial Hemp Fibers: An Overview. **Fibers**, v. 7, n. 12, p. 106, 2 dez. 2019.

MARTINS, F. X. G. O Papel do Cânhamo Industrial numa Economia Circular. 2022.

MAZUR-WŁODARCZYK, K.; GRUSZECKA-KOSOWSKA, A. Sustainable Consumption and Production of Edible Plants in the Context of Reaching the EU Climate Neutrality by 2050: A Literature Review. **Sustainability**, v. 16, n. 24, p. 10822, 10 dez. 2024.

MUHIT, I. B.; OMAIREY, E. L.; PASHAKOLAIE, V. G. A holistic sustainability overview of hemp as building and highway construction materials. **Building and Environment**, v. 256, p. 111470, maio 2024.

NGUYEN, H. Sustainable food systems: Concept and framework. **FAO**, 2018.

POTIN, F.; SAUREL, R. Hemp Seed as a Source of Food Proteins. Em: CRINI, G.; LICHTFOUSE, E. (Eds.). **Sustainable Agriculture Reviews 42**. Sustainable Agriculture Reviews. Cham: Springer International Publishing, 2020. v. 42p. 265–294.

RAIHAN, A.; BIJOY, T. R. A review of the industrial use and global sustainability of Cannabis sativa. **Global Sustainability Research**, v. 2, n. 4, p. 1–29, 2 out. 2023.

RIBOULET-ZEMOULI, K. *et al.* **Cannabis & Sustainable Development (2019 working report)**. [s.l.] FAAAT editions, 2019.

RIZZO, G.; STORZ, M. A.; CALAPAI, G. The Role of Hemp (*Cannabis sativa* L.) as a Functional Food in Vegetarian Nutrition. **Foods**, v. 12, n. 18, p. 3505, 20 set. 2023.

ROULAC, J. **Hemp horizons: the comeback of the world's most promising plant**. White River Junction, Vt: Chelsea Green Pub, 1997.

SCHROEDER, M. The history of European hemp cultivation. 2019.

TĂŢASE APETROAEI, V. *et al.* Hemp Seeds (*Cannabis sativa* L.) as a Valuable Source of Natural Ingredients for Functional Foods—A Review. **Molecules**, v. 29, n. 9, p. 2097, 1 maio 2024.

TSALIKI, E. *et al.* Fibre and Seed Productivity of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Varieties under Mediterranean Conditions. **Agronomy**, v. 11, n. 1, p. 171, jan. 2021.

YANO, H.; FU, W. Hemp: A Sustainable Plant with High Industrial Value in Food Processing. **Foods**, v. 12, n. 3, p. 651, 2 fev. 2023.

YOUNG, E. M. **Revival of Industrial Hemp: A systematic analysis of the current global industry to determine limitations and identify future potentials within the concept of sustainability**. [s.l.] Lund University, 2005.

## **PORTABLE VS BENCHTOP NIR SPECTROMETERS FOR RAPID CHEMICAL ANALYSIS: A STUDY WITH DIFFERENT SAMPLES**

Felipe Augusto Bueno Rossi

Larissa Macedo dos Santos Tonial

# ABSTRACT

Near-infrared (NIR) spectroscopy offers numerous advantages in analytical chemistry with wide-ranging applications in various fields. In this study, spectra were collected from 33 different samples using both portable and benchtop NIR spectrometers. The chemical composition of the samples, specifically oxygen-hydrogen (O-H), nitrogen-hydrogen (N-H), and carbon-hydrogen (C-H) bonds, was determined through spectral analysis. Principal component analysis (PCA) was employed to aid in interpreting the spectral results and in comparing the performance of the two spectrometers, benchtop and portable. The results showed that the benchtop NIR instrument provides more detailed spectral data than portable instrument, since the benchtop NIR presents a longer wavenumber (12,482 to 3,996  $\text{cm}^{-1}$ ) than the portable instrument (11,104 to 5,881  $\text{cm}^{-1}$ ). At the same time, the portable NIR spectrometer presents a viable alternative for fast, easy, and cost-effective analysis. In summary, both instruments can provide significant analytical insights, with the portable NIR being particularly useful for its practicality and cost.

**keywords:** near-infrared; nondestructive analysis; spectra; spectroscopy.

## INTRODUCTION

The infrared region in the electromagnetic spectrum is located between visible light and microwaves and is divided into three sub-regions: NIR, mid-infrared (MIR), and far-infrared (FIR).<sup>1</sup>

The NIR, usually defined between 700 and about 2500 nm (14,286 to 4,000  $\text{cm}^{-1}$ ),<sup>1</sup> was discovered by the German-British scientist Friedrich-Wilhelm in 1800.<sup>2</sup> This region has received enhanced attention recently from analytical chemistry since NIR spectroscopy presents advantages over conventional chemical analysis. It is rapid analysis, non-destructive, requires minimal or no sample preparation, thus reducing manual labor, reagents, and the volume of residues, and has high reproducibility.<sup>3-5</sup>

In this sense, NIR spectroscopy associated with machine learning methods can be an alternative for the characterization of different samples (e.g., leaves, oat, sugar, etc.), 6-8 as presented in Section 2.

Various NIR spectrometer equipment, both benchtop and portable, are commercially available for spectral data collection. This study aims to characterize different samples using a portable NIR spectrometer and a benchtop NIR spectrometer. Through statistical analysis of the spectral data, the goal is to determine the viability of using the portable instrument for building accurate characterization models.

However, the construction of good models requires, in addition to the analytical results obtained through traditional methodologies, the use of machine learning to make the technique promising shortly, among the most used, partial least squares regression (PLS), support vector machines (SVM), artificial neural networks (ANN),<sup>9-11</sup> among others machine learning.<sup>12-13</sup>

This study analyzed different samples using two NIR spectrometers. These are, on the one hand portable NIR equipment in the area of the spectrum from 11,104 to 5,881  $\text{cm}^{-1}$  nm, and on the other benchtop NIR equipment with the area of the spectrum from 12,482 to 3,996  $\text{cm}^{-1}$ .

## RELATED WORKS

The infrared regions have distinct properties and applications, and they are widely used in various areas. In medicine, it has aided in obtaining diagnoses;<sup>10,14-15</sup>

in chemistry, in the characterization of molecules;<sup>16-19</sup> in technology, in the manufacturing of devices, and detectors.<sup>9,20-21</sup>

As a result, its use has been expanded to various fields of industry, as well as pharmacy, biomedicine, textiles, among others, with agriculture being an expanding factor.<sup>22-26</sup> Soon, the miniaturization of equipment became a reality, taking data acquisition beyond the physical limits of the laboratory.<sup>24</sup>

In Prananto *et al.*<sup>6</sup> NIR spectroscopy is used to provide rapid and real-time cotton plant nutrient analysis. In this work, macronutrients were predicted with higher accuracy by NIR, whereas Ca, Mg, K, and micronutrients that exist dominantly in inorganic form were measured through their association with organic compounds or indirectly through correlation with organic compounds.

Menesatti *et al.*<sup>27</sup> used PLS method to predict the chemical properties, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, and Mn, of orange leaves from NIR spectroscopy. The best model was obtained for K and high efficiency was obtained for N determination.

Johnson<sup>28</sup> investigated the use of NIR for the rapid prediction of the gravimetric leaf water content in eucalypt leaves. The results indicate that the handheld NIR instrument could predict the leaf water content with a high level of accuracy, and it suggests that handheld NIR instruments may be helpful to for in-field screening of leaf water content and leaf thickness in eucalypt.

Yang *et al.*<sup>7</sup> demonstrate the effectiveness of NIR spectroscopy combined with various preprocessing methods for determining  $\beta$ -glucan content in oat grains.

The use of NIR for the prediction of moisture content in the tapioca was evaluated by Phetpan and Sirisomboon,<sup>29</sup> Quelal-Vásconez *et al.*,<sup>30</sup> and Oliveira *et al.*<sup>31</sup> assess the use of NIR spectroscopy combined with multivariate analysis to fast detect cocoa shell content in cocoa powders. These studies are practical examples of the potential application of NIR by the food industry.

Studies involving sugar (sugar factories) and NIR spectroscopy were conducted by Otsuka *et al.*<sup>8</sup> and Ramírez-Morales *et al.*<sup>32</sup>. Otsuka *et al.*<sup>8</sup> present an important proposal for monitoring quality parameters such as °Brix and sucrose in sugar. Ramírez-Morales *et al.*<sup>32</sup> evaluated the fragility of sugar crystals in the sugar obtain process.

Inácio *et al.*<sup>33</sup> proposes a methodology for the classification and determination of total protein in milk powder using NIR and PCR; PLS, and MLR-SPA. The combination of NIR mutual information-based feature selection and PLS can

successfully classify different milk brands and quantify the protein concentration. This methodology is a promising alternative to time-consuming, expensive, and laborious chemical analysis methods for milk powder quality control.<sup>34</sup>

The organic sugar samples have chemical composition differences, which are detected by NIR spectroscopy coupled to the PLS-DA. In this study De Oliveira *et al.*,<sup>35</sup> evaluated by portable NIR coupled with PLS-DA, organic and conventional sugars (crystal, demerara, and brown). The proposed methodology can potentially be used in monitoring the production of organic sugars in industry, contributing to the rapid authentication of organic sugars.

Calibration models obtained by NIR and iPLS were successfully used to estimate the ash and moisture in wheat flour.<sup>36</sup> Chen *et al.*<sup>37</sup> evaluate different handheld NIR spectrometers for the rapid quantitative on-site determination of the essential wheat flour parameters (protein, wet gluten, moisture, ash, and sedimentation).

Models developed by NIR and orthogonal partial least squares–discriminant analysis (OPLS-DA) are capable of detecting adulteration in unknown garlic samples and can be used to help protect the spice industry from fraud.<sup>38</sup>

NIR spectroscopy has been applied to physical, chemical, and biochemical soil characterization. Some determinations in soil using NIR include sand, clay content, pH, C, N, P, K, Zn, C/N, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, SB, Al<sup>3+</sup>, CEC, ECEC, GSB, GSA.<sup>39–41</sup> Finally, Table 1 summarizes some works involving the NIR spectroscopy.

**Table 1** - Reviews on NIR spectroscopy published in the last years and classified according to regression method, equipment, and sample analyzed.

| Regression Method*     | Equipment             | Sample         | Parameter                                         | Reference |
|------------------------|-----------------------|----------------|---------------------------------------------------|-----------|
| CRT                    | Portable              | Leaves         | N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Mo, B, Cl, and Na | 6         |
| PLS                    | Portable              |                | N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, and Mn.                  | 27        |
| PLS                    | Portable              |                | Leaf water content                                | 28        |
| SPA-MLR, PLSR, and SVR | Benchtop              | Oat            | β-glucan                                          | 7         |
| PLS                    | Benchtop              | Tapioca starch | Moisture content                                  | 29        |
| PLS-DA and PLS         | Benchtop              | Cocoa          | Cocoa shell content                               | 30        |
| PLSR                   | Benchtop and Portable |                | Cocoa shell content                               | 31        |
| PLSR                   | Benchtop              | Sugar          | Loss of sample weight                             | 8         |
| SVM                    | Benchtop              |                | °Brix and sucrose                                 | 32        |

| Regression Method*        | Equipment | Sample         | Parameter                                                                                                                                                                  | Reference |
|---------------------------|-----------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| PCR, PLS, and MLR-SPA     | Benchtop  | Milk Powder    | Total protein                                                                                                                                                              | 33        |
| PLS-DA                    | Benchtop  |                |                                                                                                                                                                            | 34        |
| PLS-DA                    | Portable  | Sugar          | authenticate organic sugar (crystal, demerara, and brown)                                                                                                                  | 35        |
| iPLS                      | Benchtop  | Flour          | Ash and moisture                                                                                                                                                           | 36        |
| PLS                       | Portable  |                | Protein, wet gluten, moisture, ash, and sedimentation                                                                                                                      | 37        |
| OPLS and OPLS-DA          | Benchtop  | Seasoning      | Adulterants                                                                                                                                                                | 38        |
| PLS                       | Benchtop  | Starch         | <i>in vitro</i> hydrolysis                                                                                                                                                 | 42        |
| PLS                       | Benchtop  | Cement         | raw meal composition content (CaO, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )                                                    | 43        |
| PLS-DA, BP-NN, and LS-SVM | Benchtop  | Washing powder | classification of brands                                                                                                                                                   | 44        |
| PLS                       | Benchtop  |                | quality                                                                                                                                                                    | 45        |
| PLSR                      | Benchtop  | Soil           | sand and clay content                                                                                                                                                      | 41        |
| PLSR and SVMR             | Portable  |                | pH, OC, N, P, K, Zn, Sand, Silt, Clay                                                                                                                                      | 40        |
| PLS and PLS-DA            | Benchtop  |                | pH (H <sub>2</sub> O), pH (KCl), C, N, C/N, P, K, C/N, Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , SB, Al <sup>3+</sup> , CEC, ECEC, GSB, GSA | 39        |

\*BP-NN = Back propagation-neural network; CRT = cubist regression tree; iPLS = interval partial least squares; LS-SVM = least square-support vector machine; MLR-SPA = multiple linear regression-successive projections algorithm; OPLS = orthogonal partial least squares; OPLS-DA = orthogonal partial least squares-discriminant analysis; PCR = Principal component regression; PLS = partial least squares; PLS-DA = partial least squares-discriminant analysis; PLSR = partial least squares regression; SPA-MLR = successive projections algorithm-multiple linear regression; SVM = Support vector machines; SVR = support vector machine regression ; SVMR = support vector machine regression model.

## MATERIALS AND METHODS

### Samples

In this study 33 different samples were analyzed leaves: cotton (*Gossypium hirsutum*), corn (*Zea mays* L.), taioba (*Xanthosoma sagittifolium*), brachiaria (*Brachiaria brizantha*), bamboo (*Gradua angustifolia*), acerola (*Malpighia emarginata*), orange (*Citrus sinensis* L Osb), bean (*Phaseolus vulgaris* L.), eucalyptus (*Eucalyptus grandis*), foxtail (*Setaria parviflora*), sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench), buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), rubber tree (*Hevea brasiliensis*), and yerba mate (*Ilex paraguariensis*). Among the food samples, rolled oats, tapioca, cocoa, sugar, powdered milk, brown sugar, paçoca flour, bacon farofa, seasoning, starch, kibbeh,

and beef liver were analyzed. In addition, cement, grout, lime and fine sand, soil, sandy soil, and cleaning washing powder are also used.

## Data acquisition

The spectral acquisition of samples was performed using two NIR instruments, a portable device (MyNIR model, Spectral Solutions, China), and a benchtop spectrometer (FTNIR MPA model, Bruker Optics, Germany). In both instruments, the NIR spectra from dried and sieved samples (20 cm<sup>3</sup>) on a Petri dish were collected in duplicate.

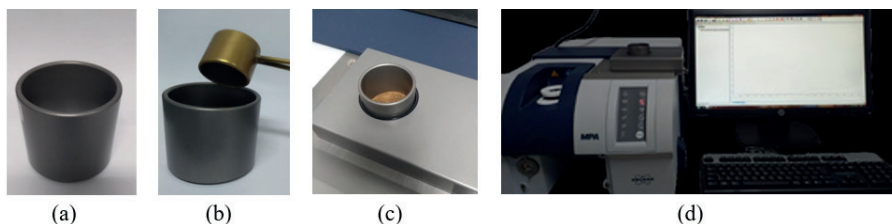
In the MyNIR spectrometer, the spectra were acquired in the reflectance mode less rotation over the range from 11,104 to 5,881 cm<sup>-1</sup> using Spectral Solutions software (Spectral Solutions, China). Each spectrum had an average of 150 scans. This system consists of a portable NIR that connects to a desktop computer via a USB cable. A schematic view of the measurement system used in this study is shown in Figure 1.

**Figure 1** - Illustrative representation of the NIR spectra acquisition using a portable instrument. In portable instruments, (a) Petri dish, (b) Petri dish containing 20 cm<sup>3</sup> of sample, (c) MyNIR spectrometer, and (d) spectrum obtained by software.



Regarding the Bruker MPA FT-NIR spectrometer, NIR spectra were recorded in diffuse reflectance mode with the integrating sphere and sampling rotator. The data were recorded from 12,482 to 3,996 cm<sup>-1</sup> at a resolution of 16 cm<sup>-1</sup>, and 64 scans per spectrum. The system was operated using Spectral Acquisition and Processing Software (OPUS 7.2, Bruker Optics, Germany). A schematic view of the measurement system used in this study is shown in Figure 2.

**Figure 2** - Illustrative representation of the NIR spectra acquisition using a benchtop instrument. In benchtop instruments, (a) Bruker NIR cup, (b) NIR cup containing 20 cm<sup>3</sup> of sample, (c) NIR cup and sample at the MPA FT-NIR spectrometer, and (d) acquisition of spectrum by software.



## Qualitative Data Interpretation

NIR spectra can provide a wealth of information about the chemical composition and physical properties of a sample. The wavelengths of the O-H, N-H, and C-H signals in NIR spectroscopy fall within the range of 14,285 to 4,000 cm<sup>-1</sup> (700 to 2500 nm). These signals are primarily the result of overtones and combinations of the fundamental molecular vibrations of these groups, which occur in the infrared region at longer wavelengths.<sup>46</sup> The identification of functional groups present in the spectra was realized according to Table 2.

**Table 2** - The approximate wavelengths of some common functional groups in NIR spectra.

| Wavenumber (cm <sup>-1</sup> ) | Function Group                             | Reference |
|--------------------------------|--------------------------------------------|-----------|
| 10,870 – 10,582                | O-H second and third overtone              | 47        |
| 10,526 – 10,000                | H <sub>2</sub> O second and third overtone |           |
| 9,000 – 7,450                  | C-H second overtone                        | 46        |
|                                | C=O stretch fourth overtone                |           |
|                                | C-H combination                            |           |
| 6,900 – 6,770                  | O-H stretch first overtone                 | 48        |
|                                | C=O stretch third overtone                 |           |
|                                | N-H stretch first overtone                 |           |
| 6,770 – 6,030                  | N-H stretch first overtone                 | 46        |
| 6,030 – 5,500                  | C-H stretch first overtone                 | 46        |
| 5,300 – 4,950                  | O-H stretch first overtone                 | 46        |
|                                | O-H stretch/HOH deformation combination    |           |
|                                | O-H bend second overtone                   |           |
|                                | O-H stretch/O-H bend combination           |           |
| 4,950 – 4,600                  | N-H/N-H in-plane bend                      | 46        |
|                                | N-H in-plane bend or combination           |           |
|                                | N-H bend second overtone                   |           |
|                                | N-H bend/N-H stretch combination           |           |
|                                | N-H deformation overtone                   |           |

| Wavenumber (cm <sup>-1</sup> ) | Function Group                                      | Reference |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------|
| 4,500 – 3,850                  | C-H stretch/C=O stretch combination                 | 46        |
|                                | C-H stretch/CH <sub>2</sub> deformation             |           |
|                                | C-H bend second overtone                            |           |
|                                | C-H stretch/CH <sub>2</sub> deformation combination |           |
|                                | C-H stretch/C-H deformation                         |           |
|                                | CH <sub>2</sub> bend second overtone                |           |
|                                | C-H stretch/C-C stretch combination                 |           |
|                                | C-H combination                                     |           |

### Statistical Analysis

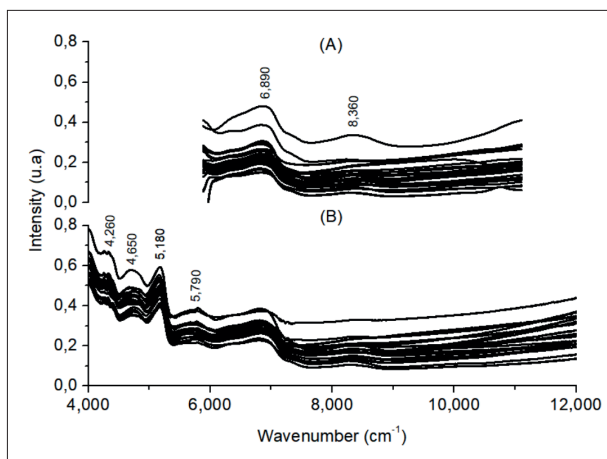
All NIR spectra of the samples were analyzed using the PCA in the Pirouette® (Chemometrics soft wear, Ver. 4.5, Infometrix, Woodenville, WA). The PCA is a preliminary exploratory analysis, and it was performed to reduce the dimensionality of spectral data.

### RESULTS AND DISCUSSION

The spectra of leaves from portable and benchtop instruments are presented in Figures 3A and 3B, respectively. The substantial difference was the region spectral of the two instruments; the benchtop NIR has a longer wavenumber (12,482 to 3,996 cm<sup>-1</sup>) than the portable instrument (11,104 to 5,881 cm<sup>-1</sup>).

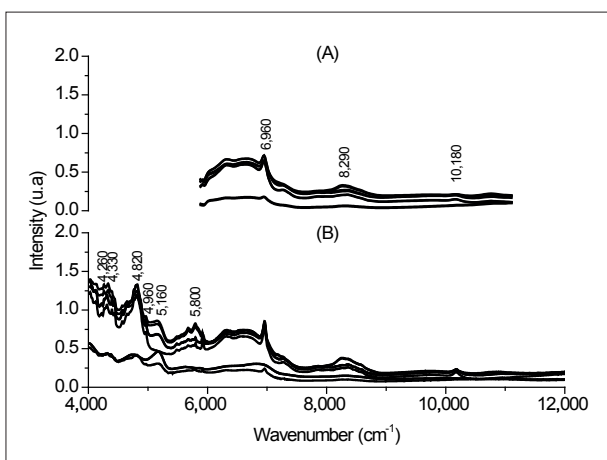
In general, the leaves spectra (cotton, corn, taioba, brachiaria, bamboo, acerola, orange, bean, eucalyptus, foxtail, sorghum, buckwheat, rubber tree, and yerba mate) obtained by portable and benchtop instrument present similar signals at approximately 6,890 and 8,360 cm<sup>-1</sup>. The signal at approximately 6,890 cm<sup>-1</sup> is related to the O–H stretch first overtone and C=O stretch third overtone, and the signal at 8,360 cm<sup>-1</sup> is related to C-H stretch second overtone.<sup>46,48</sup> In addition to these, the spectra obtained using the NIR benchtop also showed signals at: 4,260; 4,650; 5,180 and 5,790 cm<sup>-1</sup>, which correspond to C-H, C-H/C=O, O-H, and C-H, respectively <sup>46,48</sup>. These results indicate that despite being restricted to the portable NIR region compared to the benchtop, this spectrometer presents potential as a quick, easy, and low-cost analytical approach to leaves analysis.

**Figure 3** - NIR spectra for leaves samples (A) spectral range for portable instrument, and (B) spectral range for benchtop instrument.



When we analyzed the samples: cacao, sugar, brown sugar, and paçoca flour, it was detected by both spectrometers, signals in 6,960; 8,290 and 10,180  $\text{cm}^{-1}$ . As illustrated in Figure 4.

**Figure 4** - NIR spectra for cacao, sugar, brown sugar, and paçoca flour samples (A) spectral range for portable instrument, and (B) spectral range for benchtop instrument.



Other signals were also detected by the benchtop instrument, such as 4,260; 4,330; 4,820; 4,960; 5,160 and 5,800  $\text{cm}^{-1}$ , because the working range of this equipment is superior to the portable equipment. The signals among 3,850 to 4,500 and 5,500 to 6,030  $\text{cm}^{-1}$  are related to C-H, among to 4,600 to 4,950  $\text{cm}^{-1}$  is

related to N-H, and among 4,960 to 5,300  $\text{cm}^{-1}$  are related to O-H.<sup>46</sup> Furthermore, the signal identified at approximately 10,180  $\text{cm}^{-1}$  is related to the water molecule.<sup>47</sup>

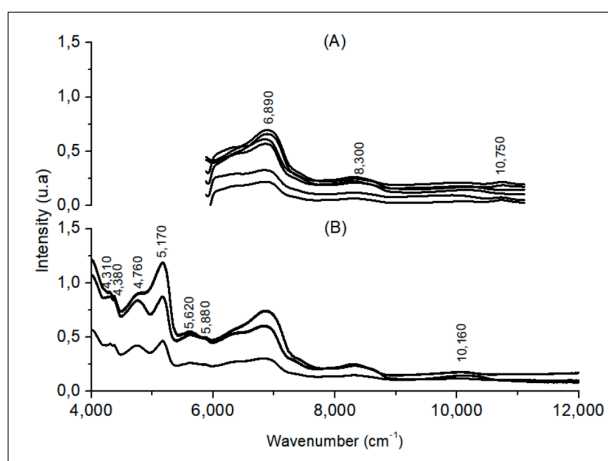
The tapioca, bacon farofa, and starch samples presented similar signals at approximately 6,890 and 8,300  $\text{cm}^{-1}$  by portable and benchtop instruments (Figure 5). Similar to those observed in the leaves spectra (Figure 3).

In addition to the signals mentioned above, the spectra obtained with the benchtop instrument also showed signals in 4,310; 4,380; 4760; 5,170; 5,620; 5,880 and 10,160  $\text{cm}^{-1}$ . Similar to those observed in other samples (Figures 3 and 4). Finally, the signals at approximately 10,160 and 10,760  $\text{cm}^{-1}$ , the latter being provided by the portable NIR, corresponds to the O-H bond.<sup>8,47</sup>

The wavenumber between 3,996 to 5,881  $\text{cm}^{-1}$  can provide more detailed information about the C-H, N-H, and O-H.<sup>46</sup> Consequently, the benchtop NIR system is expected to provide better prediction results than the portable NIR,<sup>31,49</sup> because it captures more informative spectral data,<sup>50-51</sup> and offers higher robustness and sophistication.<sup>31</sup>

However, the portable NIR spectrometer can be considered an efficient, cost-effective alternative that offers easy operation as well as on-site use, as it is a compact device with fast delivery of results.<sup>31,52-53</sup>

**Figure 5** - NIR spectra for tapioca, bacon farofa, and starch samples (A) spectral range for portable instrument, and (B) spectral range for benchtop instrument.



In the literature, chemometric methods coupled with portable NIR spectra have been used to determine the chemical composition of cotton leaves, orange

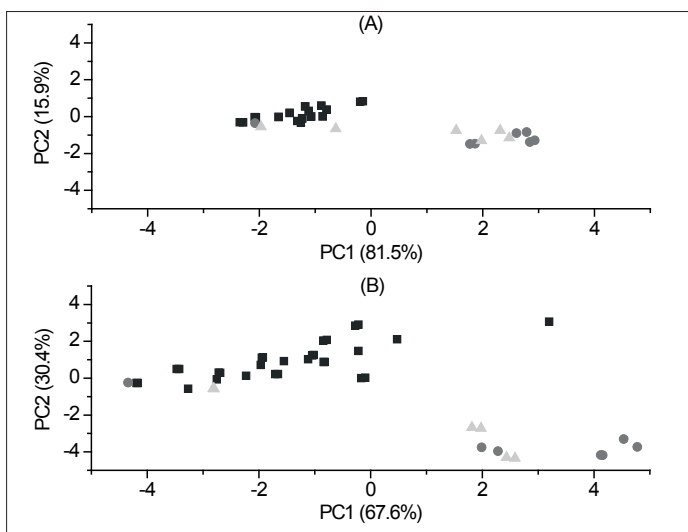
leaves, wheat flour, adulterants in oregano, butter cheese, and quinoa flour; and on-site monitoring of cheese, milk, and tapioca.<sup>6, 27, 37, 54-60</sup>

In this study, all the samples presented signals (C-H and O-H) in the portable NIR spectra (Figures 3, 4, and 5). This suggests the potential of the equipment in characterizing these samples.

The portable and benchtop NIR data were subjected to PCA (Figure 6). This study used PCA as an exploratory method to identify similarities among spectral data obtained by portable and benchtop NIR spectrometers. PCA is a commonly used method to reduce the number of variables in a dataset while retaining as much relevant information as possible. Additionally, PCA can be used for data visualization, enabling more efficient analysis. It projects data onto a lower dimensional space to visualize the data in a way that captures most of its variability.<sup>61-64</sup>

PCA is an algorithm that changes related variables to a set of linearly uncorrelated variables named principal components (PCs) by the orthogonal transformation.<sup>12</sup> In this study, the score plot of the two first PCs is shown in Figure 6.

**Figure 6** - PCA score for the NIR spectra samples (A) spectral range for portable instrument, and (B) spectral range for benchtop instrument. Where the symbol ■, ● and ▲, represent the spectral data presented in figures 3, 4, and 5, respectively.



In the PCA, a total of 97.4 and 98% of variance are explained by the two first PCs for portable (PC1 = 81.5% and PC2 = 15.9%) and benchtop PC1 = 67.6% and PC2 = 30.4%). In general, very similar behavior was observed for the PCA plots (Figures 6A and 6B). Leaves samples (cotton, corn, taioba, brachiaria, bamboo, acerola, orange, bean, eucalyptus, foxtail, sorghum, buckwheat, rubber tree, and yerba mate) were separated from the other samples (cacao, sugar, brown sugar, paçoca flour, tapioca, bacon farofa, and starch).

However, greater dispersion between samples was observed in PCA with benchtop NIR spectra (Figure 6B). This result suggests that both spectrometers are capable of providing significant information on the samples analyzed; however, probably due to the smaller spectral range of the portable NIR,<sup>24</sup> a greater number of samples, and a greater diversity of samples are necessary to build good calibration and validation models using statistical tools.

## CONCLUSIONS

(1) The portable and benchtop NIR instruments demonstrate the capability to analyze different samples; leaves (cotton, corn, taioba, brachiaria, bamboo, acerola, orange, bean, eucalyptus, foxtail, sorghum, buckwheat, rubber tree, and yerba mate), rolled oats, tapioca, cocoa, sugar, powdered milk, brown sugar, paçoca flour, bacon farofa, seasoning, starch, kibbeh, beef liver, cement, grout, lime and fine sand, soil, sandy soil, and cleaning washing powder.

(2) The benchtop NIR instrument covers a longer wavenumber range compared to the portable instrument. This difference allows the benchtop NIR to detect more detailed spectral information additional signals in the range of 3,996 to 5,881  $\text{cm}^{-1}$ , providing more detailed chemical bond information.

(3) The portable NIR instrument has the potential to be a fast, ultra-compact, easy operation, and cost-effective characterization. Also, the portable NIR could be a potential alternative for *in-situ* analysis.

(4) The PCA revealed that both portable and benchtop NIR instruments provide significant information about the analyzed samples. However, the results suggest a more detailed differentiation capability of NIR benchtop instrument due to its broader spectral range.

## Acknowledgments

The authors thank the Fundação Araucária (Edital 09/2021, grant number PBA2022011000259) for the financial support and Rossi, F.A.B. tanks Fundação Araucária for the scholarship. We would also like to thank UTFPR (Laboratório de Solos and Central de Análises), *campus* Pato Branco, for the analyses carried out and the infrastructure provided for the development of the study.

## Conflict of interest

The authors of this work declare that they have no conflict of interest.

## Abbreviations and notation

NIR, near-infrared; MIR, mid-infrared; FIR, far-infrared; PLS, partial least squares regression; SVM, support vector machines; ANN, artificial neural networks; Ca, calcium; Mg, magnesium; K, potassium; N, nitrogen; P, phosphorus; Fe, iron; Zn, zinc; Mn, manganese, PCR, Principal component regression; MLR-SPA, multiple linear regression-successive projections algorithm; PLS-DA, partial least squares-discriminant analysis; iPLS, interval partial least squares; OPLS-DA, orthogonal partial least squares-discriminant analysis; pH, hydrogen potential; C, carbon; C/N, carbon/nitrogen ratio;  $\text{Ca}^{2+}$ , calcium cation;  $\text{Mg}^{2+}$ , magnesium cation;  $\text{Na}^+$ , sodium cation; SB, exchangeable cations;  $\text{Al}^{3+}$ , aluminum cation; CEC, cation exchange capacity; ECEC, effective cation exchange capacity; GSB, The Ca-Mg-Na-K saturation degree; GSA, Al saturation degree; CRT, cubist regression tree; S, sulfur; Cu, copper; Mo, molybdenum; B, boron; Cl, chlorine; Na, sodium; SPA-MLR, successive projections algorithm-multiple linear regression; PLSR, partial least squares regression; SVR, support vector machine regression; OPLS, orthogonal partial least squares; CaO, Calcium monoxide;  $\text{SiO}_2$ , silicon dioxide;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , aluminum oxide;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , iron oxide (III); BP-NN, back propagation-neural network; LS-SVM, least square-support vector machine; SVMR, support vector machine regression model; OC, soil organic carbon;  $\text{H}_2\text{O}$ , water; KCl, potassium chloride; L., Linnaeus's name; FTNIR, Fourier transform near-infrared; MPA, multipurpose analyzer; PCA, Principal Component Analysis; WA, Washington; U.A, arbitrary units; PCs, principal components; PC1, first principal component; PC2, second principal component; PBA, Program of Applied Basic Research.

## REFERENCES

1. Fakhlaei, R.; Babadi, A. A.; Sun, C.; Ariffin, N. M.; Khatib, A.; Selamat, J.; Xiaobo, Z. Application, challenges and future prospects of recent nondestructive techniques based on the electromagnetic spectrum in food quality and safety. **Food Chem.**, 2024, 441, 138402. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.138402
2. Ring, E. F. J. The discovery of infrared radiation in 1800. **Imaging Sci. J.**, 2000, 48, 1. DOI: 10.1080/13682199.2000.11784339
3. Biswas, A.; Chaudhari, S. R. Exploring the role of NIR spectroscopy in quantifying and verifying honey authenticity: A review. **Food Chem.**, 2024, 445, 138712. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.138712
4. Leoni, E.; Mancini, M.; Picchi, G.; Toscano, G. Performance evaluation of NIR spectrophotometer simulating in-line acquisition for moisture content prediction of woodchips and comparison with hand-held NIR spectrophotometer. **Fuel**, 2024, 357, 130015. DOI: 10.1016/j.fuel.2023.130015
5. Xia, H.; Chen, W.; Hu, D.; Miao, A.; Qiao, X.; Qiu, G.; Liang, J.; Guo, W.; Ma, C.. Rapid discrimination of quality grade of black tea based on near-infrared spectroscopy (NIRS), electronic nose (E-nose) and data fusion. **Food Chem.**, 2024, 440, 138242. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.138242
6. Prananto, J. A.; Minasny, B.; Weaver, T. Rapid and cost-effective nutrient content analysis of cotton leaves using near-infrared spectroscopy (NIRS). **Peer J.**, 2021, 9, e11042. DOI: 10.7717/peerj.11042
7. Yang, Z.; Cheng, Z.; Su, P.; Wang, C.; Qin, M.; Song, X.; Xiao, L.; Yang, W.; Feng, M.; Zhang, M. J. A model for the detection of  $\beta$ -glucan content in oat grain based on near infrared spectroscopy. **Food Compos. Anal.**, 2024, 129, 106105. DOI: 10.1016/j.jfca.2024.106105
8. Otsuka, M.; Hayashi, Y.; Miyazaki, K.; Mizu, M.; Okuno, M.; Sasaki, T. Quality evaluation of white sugar crystals using the friability test and their non-destructive prediction using near-infrared spectroscopy. *J. Drug Deliv. Sci. Technol.*, **2023**, 82, 104390. DOI: 10.1016/j.jddst.2023.104390
9. Drago, A.; Pace, E.; Bini, S.; Guidi, M. C.; Curceanu, C.; Marcelli, A.; Bocci, V. Ultra-fast infrared detector for astronomy. **Nuclear Instrum. Methods Phys. Res., Section A.**, 2023, 1048, 167936. DOI: 10.1016/j.nima.2022.167936
10. Phukan, P.; Hatimuria, M.; Bag, S.; Pabbathi, A.; Das, J. Advances in Red/Near infrared carbon dots in bioimaging, sensing, and phototherapeutic applications. **Inorg. Chem. Commun.**, 2024, 163, 112389. DOI: 10.1016/j.inoche.2024.112389
11. Ng, W.; Minasny, B.; McBratney, A. Convolutional neural network for soil microplastic contamination screening using infrared spectroscopy. **Sci. Total Environ.**, 2020, 702, 134723. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134723
12. Liu, H.; Wei, Z.; Lu, M.; Gao, P.; Li, J.; Zhao, J.; Hu, J. A Vis/NIR device for detecting moldy apple cores using spectral shape features. **Comput. Electron. Agr.**, 2024, 220, 108898. DOI: 10.1016/j.compag.2024.108898
13. Robert, G.; Gosselin, R. Evaluating the impact of NIR pre-processing methods via multiblock partial least-squares. **Anal. Chim. Acta** 2022, 1189, 339255. DOI: 10.1016/j.aca.2021.339255
14. Fernández-Cuevas, I.; Marins, J. C. B.; Lastras, J. A.; Carmona, P. M. G.; Cano, S. P.; García-Concepción, M. Á.; Sillero-Quintana, M. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. **Infrared Phys. Technol.**, 2015, 71, 28-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.02.007>

15. Luo, H.; Gao, S. Recent advances in fluorescence imaging-guided photothermal therapy and photodynamic therapy for cancer: From near-infrared-I to near-infrared-II. **J. Controlled Release**, 2023, 362, 425-445. DOI: 10.1016/j.jconrel.2023.08.056
16. Campanale, C.; Savino, I.; Massarelli, C.; Uricchio, V. F. Fourier Transform Infrared Spectroscopy to Assess the Degree of Alteration of Artificially Aged and Environmentally Weathered Microplastics. **Polymers**, 2023, 15, 911-927. DOI: 10.3390/polym15040911
17. Chen, P. R.; Chu, L. K. Infrared characterization of hydrated products of glyoxal in aqueous solution. **Spectrochim. Acta - Part A**, 2024, 306, 123571. DOI: 10.1016/j.saa.2023.123571
18. Smith, B. C. Fundamentals of Fourier transform infrared spectroscopy, 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, NY, 2011; pp 175.
19. Zhu, Z.; Zhai, Y.; Li, Z.; Zhu, P.; Mao, S.; Zhu, C.; Du, D.; Belfiore, L. A.; Tang, J.; Lin, Y. Red carbon dots: Optical property regulations and applications. **Mater. Today**, 2019, 30, 52-79. DOI: 10.1016/j.mattod.2019.05.003
20. Liu, Y.; Deng, S.; Li, Y.; Zhang, Y.; Zhang, G.; Yan, H. Fast identification of the BmNPV infected silkworms by portable NIR spectroscopy and chemometrics. **Spectrochim. Acta - Part A**, 2024, 314, 124158. DOI: 10.1016/j.saa.2024.124158
21. Ragazzo, H.; Prost, D.; Issac, F.; Faure, S.; Carrey, J.; Bobo, J. F. (2019) In *International Symposium on Electromagnetic Compatibility-EMC EUROPE*, Barcelona, Spain, p. 257. DOI: 10.1109/EMCEurope.2019.8871884
22. Becker, A.; Datko, A.; Kroell, N.; Küppers, B.; Greiff, K.; Gries, T. Near-infrared-based sortability of polyester-containing textile waste. **Resources, Conserv. Recycl.** 2024, 206, 107577. DOI: 10.1016/j.resconrec.2024.107577
23. Jiang, Y.; Zhao, T.; Xu, W.; Peng, Z. Red/NIR C-dots: A perspective from carbon precursors, photoluminescence tuning and bioapplications. **Carbon**, 2024, 219, 118838. DOI: 10.1016/j.carbon.2024.118838
24. Pu, Y.; Pérez-Marín, D.; O'Shea, N.; Garrido-Varo, A. Recent Advances in Portable and Handheld NIR Spectrometers and Applications in Milk, Cheese and Dairy Powders. **Foods**, 2021, 10, 2377. DOI: 10.3390/foods10102377
25. Tian, W.; Li, Y.; Guzman, C.; Ibba, M. I.; Tilley, M.; Wang, D.; He, Z. Quantification of food bioactives by NIR spectroscopy: Current insights, long-lasting challenges, and future trends. **J. Food Compos. Anal.**, 2023, 124, 105708. DOI: 10.1016/j.jfca.2023.105708
26. Wu, S.; Jia, C.; Wang, L.; Ye, C.; Li, Z.; Li, W. Rapid characterization of physical properties for the pharmaceutical pellet cores based on NIR spectroscopy and ensemble learning. **Eur. J. Pharm. Biopharm.**, 2024, 197, 114214. DOI: 10.1016/j.ejpb.2024.114214
27. Menesatti, P.; Antonucci, F.; Pallottino, F.; Roccuzzo, G.; Allegra, M.; Stagno, F.; Intrigliolo, F. Estimation of plant nutritional status by Vis-NIR spectrophotometric analysis on orange leaves *Citrus sinensis* (L) Osbeck cv Tarocco. **Biosyst. Eng.**, 2010, 105, 448-454. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2010.01.003
28. Johnson, J. B. Rapid Prediction of Leaf Water Content in Eucalypt Leaves Using a Handheld NIRS Instrument. **Eng.**, 2023, 4, 1198-1209. DOI: 10.3390/eng4020070
29. Phetpan, K.; Sirisomboon, P. Evaluation of the moisture content of tapioca starch using near-infrared spectroscopy. **J. Innov. Opt. Health Sci.**, 2015, 8, 1550014. DOI: 10.1142/S1793545815500145

30. Quelal-Vásconez, M. A.; Lerma-García, M. J.; Pérez-Esteve, É.; Arnau-Bonachera, A.; Barat, J. M.; Talens, P. Fast detection of cocoa shell in cocoa powders by near infrared spectroscopy and multivariate analysis. **Food Control**, 2019, 99, 68-72. DOI: 10.1016/j.foodcont.2018.12.028.
31. Oliveira, M. M.; Badaró, A. T.; Esquerre, C. A.; Kamruzzaman, M.; Barbin, D. F. H. Handheld and benchtop vis/NIR spectrometer combined with PLS regression for fast prediction of cocoa shell in cocoa powder. **Spectrochim. Acta - Part A**, 2023, 298, 122807. DOI: 10.1016/j.saa.2023.122807.
32. Ramírez-Morales, I.; Rivero, D.; Fernández-Blanco, E.; Pazos, A. Optimization of NIR calibration models for multiple processes in the sugar industry. **Chemom. Intell. Lab. Syst.**, 2016, 159, 45-57. DOI: 10.1016/j.chemolab.2016.10.003.
33. Inácio, M. R. C.; De Moura, M. D. F. V.; De Lima, K. M. G. Classification and determination of total protein in milk powder using near infrared reflectance spectrometry and the successive projections algorithm for variable selection. **Vib. Spectrosc.**, 2011, 57, 342-345. DOI: 10.1016/j.vibspec.2011.07.002.
34. Chen, H.; Tan, C.; Lin, Z.; Wu, T. Classification and quantitation of milk powder by near-infrared spectroscopy and mutual information-based variable selection and partial least squares. **Spectrochim. Acta - Part A**, 2018, 189, 183-189. DOI: 10.1016/j.saa.2017.08.034.
35. De Oliveira, V. M. A. T.; Baqueta, M. R.; Março, P. H.; Valderrama, P. Authentication of organic sugars by NIR spectroscopy and partial least squares with discriminant analysis. **Anal. Methods**, 2020, 12, 701-705. DOI: 10.1039/c9ay02025j.
36. Dong, X.; Sun, X. A case study of characteristic bands selection in near-infrared spectroscopy: nondestructive detection of ash and moisture in wheat flour. **J. Food Meas. Charact.**, 2013, 7, 141-148. DOI: 10.1007/s11694-013-9149-0
37. Chen, X.; Siesler, H. W.; Yan, H. Rapid analysis of wheat flour by different handheld near-infrared spectrometers: A discussion of calibration model maintenance and performance comparison. **Spectrochim. Acta - Part A**, 2021, 252, 119504. DOI: 10.1016/j.saa.2021.119504.
38. Galvin-King, P.; Haughey, S. A.; Elliott, C. T. Garlic adulteration detection using NIR and FTIR spectroscopy and chemometrics. **J. Food Compos. Anal.**, 2021, 96, 103757. DOI: 10.1016/j.jfca.2020.103757.
39. Machado, S.; Barreiros, L.; Graça, A. R.; Madeira, M.; Páscoa, R. N. M. J.; Segundo, M. A.; Lopes, J. A. Assessing the differences of two vineyards soils' by NIR spectroscopy and chemometrics. **Heliyon**, 2023, 9, e23000. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e23000.
40. Singha, C.; Swain, K. C.; Sahoo, S.; Govind, A. Prediction of soil nutrients through PLSR and SVMR models by VIs-NIR reflectance spectroscopy. **Egypt J. Remote Sens. Space Sci.**, 2023, 26, 901-918. DOI: 10.1016/j.ejrs.2023.10.005.
41. Tümsavaş, Z.; Tekin, Y.; Ulusoy, Y.; Mouazen, A. M. Prediction and mapping of soil clay and sand contents using visible and near-infrared spectroscopy. **Biosyst. Eng.**, 2019, 177, 90-100. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2018.06.008.
42. Visnupriyan, R.; Flanagan, B. M.; Harper, K. J.; Cozzolino, D. Near infrared spectroscopy combined with chemometrics as tool to monitor starch hydrolysis. **Carbohydr. Polym.**, 2024, 324, 121469. DOI: 10.1016/j.carbpol.2023.121469.

43. Yang, Z.; Xiao, H.; Zhang, L.; Feng, D.; Zhang, F.; Jiang, M.; Sui, Q.; Jia, L. Fast determination of oxides content in cement raw meal using NIR spectroscopy combined with synergy interval partial least square and different preprocessing methods. **Meas.**, 2020, 149, 106990. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.106990>
44. Zhang, H.; Yang, Q.; Lu, J. Classification of washing powder brands using near-infrared spectroscopy combined with chemometric calibrations. **Spectrochim. Acta - Part A.**, 2014, 120, 625–629. DOI: 10.1016/j.saa.2013.11.057
45. Bittner, L. K.; Schönbichler, S. A.; Schmutzler, M.; Lutz, O. M. D.; Huck, C. W. Vibrational spectroscopic methods for the overall quality analysis of washing powders. **Talanta**, 2016, 148, 329–335. DOI: 10.1016/j.talanta.2015.10.071
46. Eldin, A. B. Near Infra Red Spectroscopy. wide spectra of quality control. In **Tech, Rijeka**, Croatia, 2021, p. 237–248.
47. Sundaram, J.; Kandala, C. V.; Butts, C. L. Application of near infrared spectroscopy to peanut grading and quality analysis: overview. *Sensing Instrum.* **Food Qual. Saf.**, 2009, 3, 156–164. DOI: 10.1007/s11694-009-9081-5
48. Ciurczak, E.W.; Igne, B.; Workman Jr, J.; Burns, D. A. Handbook of near-infrared analysis; CRC Press: Boca Raton, FL, 2021, p. 907.
49. Ouyang, Q.; Liu, L.; Wang, L.; Zareef, M.; Wang, Z.; Li, H.; Yin, J.; Chen, Q. Rapid determination of free amino acids and caffeine in matcha using near-infrared spectroscopy: A comparison of portable and benchtop systems. **J. Food Compos. Anal.**, 2023, 115, 104868. DOI: 10.1016/j.jfca.2022.104868
50. Lanza, I.; Conficoni, D.; Balzan, S.; Cullere, M.; Fasolato, L.; Serva, L.; Contiero, B.; Trocino, A.; Marchesini, G.; Xiccato, G.; Novelli, E.; Segato, S. Assessment of chicken breast shelf life based on benchtop and portable near-infrared spectroscopy tools coupled with chemometrics. **Food Qual. Saf.**, 2021, 5, 1–11. DOI: 10.1093/fqsafe/fyaa032
51. Malegori, C.; Marques, E. J. N.; de Freitas, S. T.; Pimentel, M. F.; Pasquini, C.; Casiraghi, E. Comparing the analytical performances of Micro-NIR and FT-NIR spectrometers in the evaluation of acerola fruit quality, using PLS and SVM regression algorithms. **Talanta**, 2017, 165, 112–116. DOI: 10.1016/j.talanta.2016.12.035
52. Dixit, Y.; Pham, H. Q.; Realini, C. E.; Agnew, M. P.; Craigie, C. R.; Reis, M. M. Evaluating the performance of a miniaturized NIR spectrophotometer for predicting intramuscular fat in lamb: A comparison with benchtop and hand-held Vis-NIR spectrophotometers. **Meat Sci.**, 2020, 162, 108026. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.108026
53. Ribeiro, M. R.; Simeone, M. L. F.; Trindade, R. S.; Dias, L. A. S.; Guimarães, L. J. M.; Tibola, C. S.; de Azevedo, T. C. Near infrared spectroscopy (NIR) and chemometrics methods to identification of haploids in maize. **Microchem. J.**, 2023, 190, 108604. DOI: 10.1016/j.microc.2023.108604
54. McGrath, T. F.; Haughey, S. A.; Islam, M.; Elliott, C. T. The potential of handheld near infrared spectroscopy to detect food adulteration: Results of a global, multi-instrument inter-laboratory study. **Food Chem.**, 2021, 353, 128718. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128718
55. Medeiros, M. L. da S.; Freitas Lima, A.; Correia Gonçalves, M.; Teixeira Godoy, H.; Fernandes Barbin, D. Portable near-infrared (NIR) spectrometer and chemometrics for rapid identification of butter cheese adulteration. **Food Chem.**, 2023, 425, 136461. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.136461

56. Wang, Z.; Wu, Q.; Kamruzzaman, M. Portable NIR spectroscopy and PLS based variable selection for adulteration detection in quinoa flour. **Food Control**, 2022, 138, 108970. DOI: 10.1016/j.foodcont.2022.108970
57. Eskildsen, C. E.; Sanden, K. W.; Wubshet, S. G.; Andersen, P. V.; Øyaas, J.; Wold, J. P. Estimating dry matter and fat content in blocks of Swiss cheese during production using on-line near infrared spectroscopy. **J. Near Infrared Spectrosc.**, 2019, 27, 293-301. DOI: 10.1177/0967033519855436
58. Marinoni, L.; Stroppa, A.; Barzaghi, S.; Cremonesi, K.; Pricca, N.; Meucci, A.; Pedrolini, G.; Galli, A.; Cabassi, G. (2017) On site monitoring of Grana Padano cheese production using portable spectrometers. In **Proceedings of the 18th International Conference on Near Infrared Spectroscopy**, Copenhagen, Denmark, 11-15.
59. de la Roza-Delgado; B., Garrido-Varo, A.; Soldado, A.; González Arrojo, A.; Cuevas Valdés, M.; Maroto, F.; Pérez-Marín, D. Matching portable NIRS instruments for in situ monitoring indicators of milk composition. **Food Control**, 2017, 76, 74-81. DOI: 10.1016/j.foodcont.2017.01.004
60. Phetpan, K.; Udompetaikul, V.; Sirisomboon, P. In-line near infrared spectroscopy for the prediction of moisture content in the tapioca starch drying process. **Powder Technol.**, 2019, 345, 608-615. DOI: 10.1016/j.powtec.2019.01.050
61. Dankowska, A.; Kowalewski, W. Tea types classification with data fusion of UV-Vis, synchronous fluorescence and NIR spectroscopies and chemometric analysis. **Spectrochim. Acta - Part A.**, 2019, 211, 195-202. DOI: 10.1016/j.saa.2018.11.063
62. Kucharska-Ambrożej, K.; Karpinska, J. The application of spectroscopic techniques in combination with chemometrics for detection adulteration of some herbs and spices. **Microchem. J.**, 2020, 153, 104278. DOI: 10.1016/j.microc.2019.104278
63. Salem, N.; Hussein, S. Data dimensional reduction and principal components analysis. **Procedia Comp. Sci.**, 2019, 163, 292-299. DOI: 10.1016/j.procs.2019.12.111
64. Wilde, A. S.; Haughey, S. A.; Galvin-King, P.; Elliott, C. T. The feasibility of applying NIR and FT-IR fingerprinting to detect adulteration in black pepper. **Food Control**, 2019, 100, 1-7. DOI: 10.1016/j.foodcont.2018.12.039

## **RELATO DE EXPERIÊNCIA: DIA DE CAMPO EM CULTIVO DE PIMENTÃO COM PRODUTORES FAMILIARES, VINCULADOS A COOPERATIVA**

**Samilly Araújo de Oliveira**

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

**Manuele Barbosa da Silva**

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

**Antônio Gabriel Lima Resque**

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

**Luciana da Silva Borges**

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

# RESUMO

O Dia de Campo é um método eficaz para apresentar tecnologias e práticas sustentáveis ao meio rural, utilizado no Brasil desde 1948. Facilita a compreensão e aplicação das técnicas apresentadas, promovendo a interação entre técnicos, pesquisadores e agricultores. Além disso, motiva os participantes a adotarem novas práticas, contribuindo para a modernização do setor agrícola e a sustentabilidade ambiental. Diante disso, foi realizado em uma propriedade rural, de um agricultor familiar e cooperado da COOPERURIAM, a produção no campo de Pimentão. No planejamento do dia de campo, foi realizada reuniões entre a equipe executora do dia campo, implantação do plantio de pimentão em ambiente protegido na propriedade, convites para agricultores familiares e agricultores cooperados de cooperativa para participarem do evento. Este capítulo aborda as práticas realizadas no cultivo específico de hortaliças, com ênfase nas técnicas de manejo adotadas e nas medidas que podem ser implementadas para otimizar a produção. Durante o Dia de Campo, os participantes discutiram práticas como a produção de mudas, tratamentos culturais e os benefícios da rastreabilidade conforme a Instrução Normativa 02/2018. A troca de conhecimentos permitiu um diálogo sobre as melhores práticas e impactos positivos na qualidade e sustentabilidade da produção agrícola. Foi apresentado o benefício da utilização do caderno de campo, garantindo a segurança alimentar através da INC02/2018, que obriga seu uso pelos agricultores. Assim, pode-se inferir que o Dia de Campo, como uma ação extensionista, contribuiu para o aprimoramento técnico e profissional, além de fortalecer a integração com as inovações científicas no campo.

**Palavras-chave:** cooperativismo; sustentabilidade; agricultura familiar.

## INTRODUÇÃO

Na percepção de EMATER-RJ (1996), o Dia de Campo é um eficiente método de apresentação de tecnologias e práticas sustentáveis voltadas para o meio rural. Vem sendo usado, no Brasil, desde que o serviço de extensão rural foi implementado em 1948. É uma metodologia de comunicação que possibilita uma demonstração prática da experiência visitada. Este método permite a troca de conhecimento, desperta e motiva nos participantes o interesse em adotar novas práticas (EMATER-MG, 2006). Nessa perspectiva foi pensado em grupo de produtores, vinculados a agricultura familiar.

A agricultura familiar cria oportunidades de trabalho local, reduz o êxodo rural, diversifica os sistemas de produção, possibilita uma atividade econômica em maior harmonia com o meio ambiente e contribui para o desenvolvimento dos municípios de pequeno e médio porte. (Maciel *et al.*, 2023). No entanto o agronegócio familiar apresenta algumas limitações que impedem que esses resultados sejam ainda melhores. São eles: a insuficiência de terras, as dificuldades creditícias, a falta de equipamentos, maquinários e a fragilidade de assistência técnica (Lima *et al.*, 2019). Diante disso, que o público desse evento foram agricultores familiares associados da cooperativa COO-PERURAIM e demais agricultores de diferentes comunidades de Paragominas. Com interesse em aprender técnicas para produção de hortaliças fruto, no caso o pimentão.

Na visão de Borges *et al.* (2022a) a produção de pimentão no Pará, é realizada pela agricultura familiar, porém muitos produtores, que já realizam o cultivo dessa hortaliça-fruto, relatam dificuldades de manejo, às vezes, atrelado da falta de conhecimento sobre os tratos culturais das espécies, juntamente com características de solo e clima da região, geram dificuldade para agricultor avançar na produção do pimentão na região. O que dificulta a produção de hortaliças avançar no Estado, deixando assim o Estado a margem da produção de hortaliças no Brasil.

É importante destacar que o cultivo de hortaliças no Brasil possui grande relevância no cenário do agronegócio. Visto que a maioria das propriedades agrícolas é de base familiar, evidenciando a importância desse setor na economia e no desenvolvimento rural (Lima *et al.*, 2019). A diversificação da produção comercial é estratégica para o agricultor familiar, especialmente quando combinada com o escalonamento, pois isso possibilita uma variedade maior de opções de cultivo ao longo do ano, reduzindo assim os riscos de prejuízos (De Souza *et al.*, 2020).

Com base no exposto, este capítulo tem como objetivo relatar o dia de campo voltado para a agricultura familiar no município de Paragominas, no Estado do Pará. O evento destacou a cultura do pimentão e a produção de mudas de outras culturas, demonstrando na prática técnicas de manejo utilizadas com o intuito de capacitar os produtores familiares. Além disso, buscou-se evidenciar os benefícios dessas práticas para a melhoria da produção e a sustentabilidade econômica das famílias envolvidas.

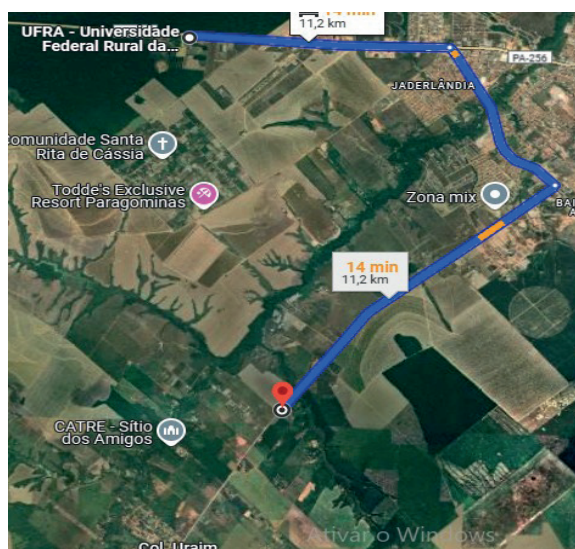
## DETALHAMENTO DA EXPERIÊNCIA

### Caracterização do local

O dia de campo aconteceu na propriedade do produtor familiar Sérgio, no sítio São João (figura 1), localizado próximo à comunidade Uraim, na região de Paragominas. Além disto, vale destacar que o cooperado Sérgio Soares atua atualmente no setor de produção de hortaliças, Bixa orellana, urucum, assim tendo uma produção “diversificada”.

Segundo a classificação climática de Köppen, a região apresenta um clima quente e úmido, sendo classificada como Aw1. No qual a mesma apresenta uma temperatura média de 26,3°C, com umidade do ar variando entre 75% e 85%, e precipitação média anual em torno de 1800 mm.

**Figura 1** - Localização da propriedade na Colônia do Uraim. Paragominas - 2024.



**Fonte:** google maps (2025).

## Produção de mudas

Inicialmente, antes do dia de campo os membros do grupo de pesquisa pimentão (HORTIZON), deram início ao preparo das mudas que seriam usadas para demonstração no dia de campo, onde eles realizaram toda a parte de preparo do substrato e logo em seguida realizaram a semeadura da cultura do pimentão.

Logo mais, realizou-se o plantio das mudas de pimentão (Figura 2), marcando o começo do processo produtivo. Para garantir o sucesso dessa atividade, foram realizadas visitas prévias para a preparação da área destinada ao transplante, que ocorreu em 20 de setembro de 2024, com a presença do produtor (Figura 3). Durante todo o desenvolvimento das plantas, o produtor recebeu assistência técnica contínua dos bolsistas, que ofereceram suporte essencial em várias etapas do cultivo.

**Figura 2** - Produção de mudas de pimentão. Paragominas- 2024.



**Fonte:** Samilly Araújo (2024).

**Figura 3** - Transplante de mudas de pimentão. Paragominas - 2024.



**Fonte:** Samilly Araújo (2024).

Além disso, todas as práticas de tratos culturais realizadas na área experimental da UFRA foram também aplicadas na área do produtor. As mesmas medidas foram adotadas para todos os produtos, incluindo NPK, ureia, óleo de neem, entre outros. Essas práticas garantiram uniformidade no tratamento das plantas, tanto na área experimental quanto na área do produtor. Durante a visita, os produtores puderam observar que o cultivo de pimentões no município de Paragominas-PA é viável, ao constatarem que as plantas de pimentão na área experimental do sítio São João estavam bem desenvolvidas (Figura 4), demonstrando capacidade de se desenvolver adequadamente e produzir frutos.

**Figura 4** - Área experimental para cultivo de pimentões. Paragominas - 2024.



**Fonte:** Samilly Araújo (2024).

Após o transplante das mudas de pimentão, elas continuaram recebendo todos os cuidados e manejos necessários para garantir seu desenvolvimento adequado. As práticas de manejo adotadas incluíram irrigação regular, adubação balanceada, controle de pragas e doenças, além de monitoramento contínuo das plantas.

No mais, cabe salientar que o desenvolvimento das plantas de pimentão foi notório após a realização desses manejos, visto que após aproximadamente 55 dias as mesmas **já continham frutos** produzidos (Figura 5).

**Figura 5** - Cultivo experimental de pimentões com frutos. Paragominas - 2024.



**Fonte:** Samilly Araújo (2024)

Logo após foi realizada a semeadura de várias hortaliças para serem utilizadas no dia de campo como demonstração para os produtores. Inicialmente, foi preparado o substrato para a produção das mudas, utilizando terra preta, calcário, NPK e palha de arroz. Após o preparo do substrato, as mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido com 128 células cada. Foram inseridas três sementes por célula em cada bandeja, após a emergência foi realizado o desbaste, deixando uma plântula por célula. Após o processo de semeadura, as bandejas foram irrigadas e levadas para o viveiro.

### **Dia de Campo**

A metodologia empregada foi baseada no método de França, (1993) que consiste em agrupar pessoas na sua característica específica, neste caso os agricultores familiares. Segundo o autor, a opção por este método deverá ser feita quando se deseja mostrar a várias pessoas em um único dia, uma ou mais práticas e ou tecnologias referentes a um tema, em determinada unidade familiar ou estação experimental, onde estão sendo obtidos bons resultados e que merecem ser conhecidos, possibilitando aos participantes a observação, discussão e análise das questões tecnológicas, econômicas, sociais e ambientais passíveis de implementação.

O dia de campo para os produtores ocorreu em 2024, na propriedade do agricultor Sérgio, que gentilmente cedeu sua área para a instalação do experimento de pimentões e para a realização do evento. Durante o dia de campo, vários produtores foram convidados a visitar a propriedade de Sérgio, onde puderam conhecer a sistema produtivo do pimentão.

Após a visita geral, o foco foi direcionado para a área destinada ao cultivo de pimentões (Figura 6 e 7), onde os bolsistas do grupo de pesquisa HORIZON explicaram aspectos cruciais do experimento, desde a semeadura até os tratos culturais realizados antes e depois do transplante. Todo o processo de semeadura das hortaliças foi demonstrado aos produtores, com o objetivo de capacitá-los e promover a troca de saberes entre os agricultores familiares.

**Figura 6** - Produtores na área experimental de cultivo de pimentões. Paragominas - 2024.



Fonte: Samilly Araújo (2024).

**Figura 7** - Participação dos produtores no experimento com pimentão. Paragominas - 2024.



Fonte: Samilly Araújo (2024).

Durante a visita ao Sítio São João, foram discutidos temas de suma importância, destacando-se alguns objetivos referentes aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que são de suma importância, como a fome zero e da agricultura sustentável, a educação de qualidade e o consumo e produção responsáveis. Esses temas foram interligados e abordados ao longo das conversas, sendo detalhados no contexto das explicações sobre técnicas de manejo e outras práticas agrícolas. A interação entre esses assuntos essenciais contribuiu para uma compreensão mais profunda e integrada das práticas agrícolas e suas implicações para o desenvolvimento sustentável e a segurança alimentar.

No mais, vale salientar que este evento contou com cerca de 25 participantes, onde foi possível realizar a troca de saberes entre professores da Universidade Federal Rural da Amazônia, *Campus* Paragominas, representantes da OCB, representantes das cooperativas COAFRA e COOPERURAIM, alunos e agricultores familiares que até o momento não eram vinculados a nenhuma cooperativa. Com o intuito de tentar diminuir as desigualdades esse curso fortalece alguns Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (OSD), tais como: Objetivo 2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável; Objetivo 8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todas e todos; Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis e o Objetivo 17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Portanto, para uma melhor compreensão de alguns temas destacados anteriormente, é importante fazer uma breve descrição dos mesmos a seguir.

A busca por Fome Zero e a promoção da agricultura sustentável são objetivos cruciais para garantir a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável. A Fome Zero visa erradicar a fome e a desnutrição, assegurando que todas as pessoas tenham acesso a alimentos nutritivos e suficientes ao longo do ano. Para atingir essa meta, é essencial integrar práticas agrícolas que preservem o meio ambiente e aumentem a produtividade de maneira sustentável.

A agricultura sustentável envolve métodos de cultivo que mantêm a saúde do solo, reduzem o uso de insumos químicos e preservam os recursos naturais, garantindo a viabilidade das práticas agrícolas a longo prazo. Técnicas como

rotação de culturas, uso de fertilizantes orgânicos e manejo integrado de pragas são exemplos de práticas sustentáveis que podem ser adotadas.

A educação de qualidade e o consumo e produção responsáveis são pilares fundamentais para o desenvolvimento sustentável e a construção de uma sociedade mais justa e equilibrada. A educação de qualidade visa fornecer a todos os indivíduos o acesso ao conhecimento, habilidades e valores necessários para alcançar seu pleno potencial. Isso inclui a promoção de um ambiente de aprendizado inclusivo, equitativo e de alta qualidade, que estimule o pensamento crítico dos mesmos.

O consumo e a produção responsáveis, por sua vez, envolvem a adoção de práticas que minimizem os impactos negativos ao meio ambiente e à sociedade. Isso inclui a utilização eficiente dos recursos naturais, a redução de resíduos e a promoção de padrões de consumo sustentáveis.

## **DISCUSSÃO**

O dia de campo abordou todas as práticas realizadas, desde a produção de mudas até a fase em que algumas dessas mudas foram transferidas para o campo. Destacou-se a explicação clara e objetiva sobre o cultivo, que permitiu o esclarecimento das dúvidas dos produtores durante a apresentação.

Além disso, a participação ativa dos agricultores familiares e cooperados da COOPERURIAM foi notável, com eles elaborando perguntas e relatando suas experiências realizadas ou planejadas em suas propriedades. Segundo Silva e Silva (2013) a experiência se enquadra na categoria de trabalhos exitosos, ou seja, com excelentes resultados para agricultura familiar. A tecnologia ou prática é adequada a agricultura familiar e inclui (sempre que possível) ações sustentáveis no âmbito social, econômico e ambiental. Neste caso, o dia campo apresentado aos agricultores familiares e o caderno de campo.

Durante o dia de campo, foi destacado aos produtores a importância de adotar o uso do caderno de campo (Figura 8), pois ele auxilia no controle detalhado do cultivo, das aplicações de insumos, do controle de gastos, entre outros aspectos essenciais para a gestão agrícola eficiente.

**Figura 8** - Destacando a importância do caderno de campo. Paragominas - 2024.



**Fonte:** Samilly Araújo (2024).

O caderno de campo atua como um registro detalhado das atividades realizadas no campo. Com o auxílio dessa ferramenta, o produtor pode registrar todas as atividades realizadas na propriedade, como plantio, irrigação, aplicação de insumos, podas e colheitas, facilitando o acompanhamento e a avaliação de cada etapa do processo produtivo. Com os registros no caderno de campo, o produtor pode identificar padrões e possíveis problemas que possam estar afetando a produção, o que facilita a tomada de decisões e a implementação de medidas corretivas.

Além disso, o caderno de campo ajuda o produtor a planejar melhor as atividades futuras, como o momento ideal para realizar a semeadura ou a colheita, baseado nos registros anteriores. Ele também permite uma melhor organização das tarefas diárias, pois ao registrar os dados de produção e manejo, o produtor pode analisar os resultados obtidos e identificar quais práticas foram mais eficientes, possibilitando a melhoria contínua dos processos e técnicas utilizadas na propriedade.

Outrossim, enfatizamos para os produtores que manter os registros detalhados é essencial para atender às exigências legais do setor agrícola, facilitando a comprovação das práticas adotadas e a conformidade com normas que regem a rastreabilidade. Além disso, ajuda a avaliar custos de produção e rentabilidade das culturas, permitindo decisões mais informadas sobre a gestão da propriedade. Assim, o caderno de campo é uma ferramenta indispensável para produtores que buscam melhorar a eficiência, a qualidade e a sustentabilidade

de sua produção agrícola, resultando em uma gestão mais eficaz da propriedade e melhores resultados.

Na sequência, durante a visita ao campo, os produtores receberam uma explicação minuciosa sobre todas as etapas do manejo do pimentão. Foram abordados aspectos fundamentais, como o preparo do substrato, a escolha dos materiais e suas funções na composição (Figura 9). O substrato foi preparado com uma mistura criteriosa de terra preta, palha de arroz, calcário e NPK, garantindo um solo nutritivo e adequado para o crescimento saudável das plantas.

**Figura 9** - Descrição no manejo na produção de mudas de hortaliças. Paragominas - 2024.



**Fonte:** Samilly Araújo (2024).

Os responsáveis pela atividade compartilharam as técnicas de manejo empregadas, destacando a importância de cada componente na formação do substrato e seu impacto direto na produção e qualidade do pimentão. Essa abordagem prática permitiu aos produtores compreenderem melhor os processos envolvidos e trocar experiências sobre suas próprias práticas agrícolas.

Ao apresentar aos produtores as técnicas de manejo adotadas e os resultados da produção de pimentão, o dia de campo visa aumentar o conhecimento e a conscientização sobre práticas agrícolas eficientes. Os participantes poderão observar na prática os benefícios do manejo adequado, como a melhoria na qualidade da produção, o aumento da produtividade e a redução de custos. Para Borges *et al.* (2022b) o cultivo de pimentões é viável levando em consideração as condições edafoclimáticas de um ambiente tropical, no entanto é necessário que o produtor se atente quanto aos possíveis entraves que as plantas podem ser acometidas durante o cultivo com aparecimento de pragas como ácaro branco

e doenças como murcha-bacteriana, levando então a se pensar em maneiras de remediação preventiva, como uso de calda bordalesa, manejo adequado da adubação, e escolha de cultivares ou híbridos de qualidade.

Espera-se que essa experiência incentive os produtores a adotarem novas técnicas em suas próprias propriedades, promovendo um aprimoramento nas práticas agrícolas locais. Além disso, a troca de experiências entre os produtores pode gerar um ambiente colaborativo que favoreça a inovação e o fortalecimento da agricultura familiar na região de Paragominas no Pará.

O Pará carece de muitas informações técnicas sobre a produção de hortaliças e cultivares adaptadas às condições de produção na região amazônica. Vale destacar que a produção de hortaliças tem grande participação na vida alimentar da população paraense, além da movimentação econômica, pois muitos agricultores familiares, tem esse ramo do agronegócio como provedor da renda familiar, uma vez que a produção de hortaliças representa no mercado um grande potencial para a geração de renda e de emprego (Borges *et al.*, 2022b).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O dia campo é uma ferramenta de prática de extensão que possibilita realizar a troca de conhecimento científico de professores, alunos e técnicos de ATES, com o conhecimento popular dos agricultores familiares e produtores cooperados da COOPERURIM. Essa ação foi através das visitas técnicas, apresentando as práticas de manejo para a produção de pimentão no campo na propriedade do produtor possibilitando a interação entre o meio acadêmico e a comunidade.

Durante o dia de campo os participantes tiveram a oportunidade de discutir várias práticas realizadas no campo, como a produção de mudas, os tratamentos culturais e os benefícios da adoção de medidas como a obtenção do selo de rastreabilidade pelos produtores em conformidade com a Instrução Normativa 02/2018. Essa troca de conhecimentos permitiu um diálogo enriquecedor sobre as melhores práticas e os impactos positivos dessas medidas na qualidade e na sustentabilidade da produção agrícola de olerícola na região, viabilizando o avanço na produção de hortaliças fruto, por exemplo o pimentão e ainda apresentado o benefício a utilização do caderno de campo pelos produtores, garantindo assim

a segurança alimentar, através da INC02/2018, que obriga o uso do caderno de campo pelos agricultores.

Dessa forma, que podemos inferir que o dia campo como uma ação extensionista, contribuiu para o aprimoramento técnico e profissional, além de fortalecer a integração com as inovações científicas no campo.

## Agradecimentos

Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Serviço Nacional de Aprendizagem do Cooperativismo (SESCOOP) pelo apoio financeiro sob Processo nº: 404201/2022-9, através da Chamada CNPq/SESCOOP Nº 11/2022. A Universidade Federal Rural da Amazônia, *Campus* Paragominas. A cooperativa dos cooperados da Cooperativa dos Pequenos Produtores do Uraim e Condomínio Rural de Paragominas (COOPE-RURAIM). Ao Grupo de Pesquisa em Horticultura da Amazônia (HORTIZON). Agradecemos também à Organização das Cooperativas do Brasil (OCB) pelo apoio e pela oportunidade de aprendizado proporcionada.

## REFERÊNCIAS

BORGES, L. S. *et al.* Agronegócio das hortaliças, seus desafios e tendências no Estado Pará. *In*: MELO, J. O. F. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**. Editora Científica Digital, v. 4, n. 1, p. 393-411, 2022a.

BORGES, L. S. *et al.* Relato de experiência: práticas de manejo de cultivo de pimentão nas condições edafoclimáticas Paraense. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**. Editora Científica Digital, v. 4, p. 246-262, 2022b.

BOSONA, T. *et al.* Rastreabilidade de alimentos como parte integrante da gestão logística em alimentos e agricultura. **Food Control**, v. 33, n. 1, p. 32-48, 2013.

CORALLO, A. *et al.* Uma revisão sistemática da literatura para explorar a relação entre rastreabilidade e ciclo de vida. **International Journal of Production**, v. 58, n. 15, p. 4789-4807, 2020.

DE SOUZA, M. S. O. *et al.* Diversificação de culturas na agricultura familiar correlacionada com a restrição hídrica. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

EMATER- MG- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Metodologia participativa de extensão 37 rural para o desenvolvimento sustentável. Minas Gerais, 2006.

EMATER- RJ- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro. Guia de metodologia de extensão rural. Rio de Janeiro, 1996.

FRANÇA, A. P. de. Metodologia de extensão rural: dia de campo. Recife: EMATER-PE/DECOM, 1993. (EMATER-PE. Comunicação e Metodologia de Extensão Rural, 2).

LIMA, A. F. *et al.* Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. **Retratos de Assentamentos**, v. 22, n. 1, p. 50-68, 2019.

MACIEL, M. D. A. *et al.* Inovação e sustentabilidade: As práticas da agricultura familiar agroecológica em Santana do Livramento/RS. **Revista Grifos**, v. 32, n. 60, p. 3-4, 2023.

SILVA, A. P. G da. *et al.* Planejando e executando o Dia de Campo – Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA, p. 38, 2013.

## **RELATO DE EXPERIÊNCIA: CAPACITAÇÃO EM GESTÃO DE COOPERATIVISMO PARA AGRICULTURA FAMILIAR**

**Manuele Barbosa da Silva**

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

**Luciana da Silva Borges**

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

**Carlos Douglas de Sousa Oliveira**

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

# RESUMO

As cooperativas surgiram na Europa no século XIX para combater desigualdades sociais, unindo trabalhadores e pequenos empreendedores. A agricultura familiar, que utiliza a mão de obra da própria família e busca diversificação, se beneficia de organizações estruturadas com gestão eficiente. O capítulo descreve um curso de gestão de cooperativismo em Paragominas, Pará, capacitando agricultores sobre os princípios do cooperativismo e incentivando sua participação em cooperativas. Integrado ao projeto de Fortalecimento da comercialização dos produtos vegetais da Agricultura Familiar, o curso foi oferecido gratuitamente, com certificados gerados pelo sistema SIGAA-UFRA. A metodologia incluiu aulas expositivas e rodas de conversa, abordando temas como gestão, tipos de cooperativas e análise estratégica utilizando a Matriz SWOT. O curso de gestão e cooperativismo em Paragominas destacou a importância da capacitação e fortalecimento da organização coletiva entre agricultores familiares. Abordando aspectos legais, direitos e deveres dos cooperados, além das normas para a constituição de cooperativas. Os princípios de solidariedade, democracia e participação foram ressaltados, mostrando que o sucesso depende do trabalho em equipe. Os conhecimentos adquiridos são essenciais para garantir a eficácia e sustentabilidade das cooperativas no Pará, preparando os agricultores para enfrentar desafios e contribuir para um futuro mais próspero.

**Palavras-chave:** agricultores; cooperativismo; matriz SWOT.

## INTRODUÇÃO

As cooperativas surgiram formalmente na Europa em meados do século XIX, como uma forma de combater as desigualdades sociais e promover a justiça econômica. As primeiras cooperativas foram geralmente formadas por grupos sociais com diferentes origens políticas e sociais, reunindo trabalhadores, consumidores das classes mais humildes e médias da população, além de pequenos empreendedores (Namorado, 2013). Essa união visava fortalecer a colaboração entre esses indivíduos e promover o desenvolvimento mútuo.

Aos poucos, o movimento cooperativo se expandiu por todos os continentes, agrupando cooperativas em torno de um conjunto de valores, princípios, identidade e uma marca comum (Bancel, 2022).

A agricultura familiar se caracteriza principalmente pela utilização da mão de obra dos próprios membros da família que detém a propriedade. A contratação de trabalhadores externos ocorre apenas quando há um excesso de trabalho a ser realizado. O planejamento e a organização do processo produtivo são realizados pelo proprietário e sua família, que também buscam diversificar a produção para otimizar a exploração da área. Além disso, há um cuidado especial com a preservação dos recursos naturais e, em particular, com a proteção do meio ambiente, que é fundamental para as atividades e o desenvolvimento da família (Schneider, 2003).

As organizações, quando estruturadas, possuem diversas áreas ou setores que desempenham determinadas funções a fim de atingir seus objetivos. Na busca pela eficácia organizacional, tais áreas ou setores procuraram o melhor método de lidar com as diversas situações internas ou externas às organizações (Schulz, 2016). As práticas de gestão têm como finalidade desenvolver meios nos quais a força de trabalho será direcionada para realização de determinadas atividades a fim de atingir os objetivos organizacionais (Davel *et al.*, 2005). A gestão rural proporciona ao produtor uma maximização dos seus recursos e redução de custos, e resultados econômico-financeiros satisfatórios.

A partir do exposto, este capítulo tem como objetivo relatar como ocorreu o curso de gestão de cooperativismo para agricultura familiar no município de Paragominas, no Estado do Pará. Possibilitando através de curso aos horticultores conhecimento dos princípios do cooperativismo e claro fomentar a participação de outros agricultores familiares em cooperativas.

## DETALHAMENTO DA EXPERIÊNCIA

### Caracterização do local

O curso foi realizado em parceria entre a Universidade Federal Da Amazônia e a Universidade do Estado do Pará, no *campus* de Paragominas, localizado no centro da cidade, na PA-125, S/N, bairro Angelim. Com apoio do CNPq e SESCOOP.

Proporcionando um ambiente acadêmico rico e colaborativo para os agricultores vinculados a cooperativa COOPERURAIM e para os outros produtores não vinculados a cooperativa. Onde ocorreu a troca de experiência entre os participantes e membros da cooperativa COAFRA.

A COAFRA é uma cooperativa de produtores tendo como maioria agricultores familiares, fundada em 25 de julho de 2021 por 65 agricultores com objetivo de buscar alternativas de comercialização de seus produtos, assim como realizar compras coletivas de insumos possibilitando baratear o custo de produção, possibilitando melhor qualidade de vida para os agricultores cooperados.

A promoção do cooperativismo na agricultura familiar é uma estratégia essencial para o desenvolvimento sustentável do setor. Nesse contexto, foi realizado um curso (figura1) intitulado “Gestão de Cooperativismo da Agricultura Familiar”, em parceria com a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB), com o objetivo de capacitar os agricultores vinculados a cooperativa COOPERURAIM nas práticas de gestão cooperativa e fortalecer as iniciativas coletivas na região de Paragominas. Além de produtores não vinculados a cooperativa, porém, que tenham o interesse em aprender e sobre a temática com intuito de vincular ou criar uma cooperativa na sua comunidade.

**Figura 1** - Início do curso de gestão de Cooperativismo da Agricultura Familiar. Paragominas 2024.



**Fonte:** Manuele Barbosa (2024).

No curso foi destacado os elementos fundamentais do Cooperativismo, iniciando pela síntese do seu contexto histórico de surgimento no mundo e no Brasil, e avançando para as suas definições e as suas características centrais. Com o intuito de apresentar ao agricultor familiar o cooperativismo, fazendo uma jornada por sua história, por seus valores e princípios – tão importantes para sua sustentação ao longo dos anos – bem como entender a organização e a estruturação do cooperativismo no mundo e no Brasil, com uma pequena introdução ao ramo de gestão.

Este curso de gestão em Cooperativismo foi para preparar e assessorar o agricultor e cooperado no processo de constituição de cooperativas, planejando e executando processos técnico-administrativos e elaboração e desenvolvendo projetos. Além disso, com essa capacitação os participantes poderão apoiar a execução de projetos voltados à Organização do Quadro Social (OQS) e à Educação Cooperativista, assessorar reuniões de núcleos e comitês cooperativistas e apoiar a execução de projetos de responsabilidade socioambiental.

Destaca-se que este curso faz parte do projeto Fortalecimento da comercialização dos produtos vegetais da Agricultura Familiar, vinculados a cooperativa, através da rastreabilidade em conformidade com a IN 02/2018, aprovado no edital Chamada CNPq/SESCOOP Nº 11/2022 – Pesquisa em Cooperativismo. O curso foi gratuito, onde foi gerado os certificados pelo sistema SIGAA-UFRA.

A metodologia aplicada foi discursiva-expositiva, com roda de conversa as temáticas na Unidade 1 – Síntese histórica do cooperativismo no mundo e no Brasil; Unidade 2 – Gestão e Características do cooperativismo; Unidade 3 – Princípios e valores do cooperativismo; Unidade 4 – Tipos de cooperativas; Unidade 5 – Números do cooperativismo no mundo e no Brasil; e Unidade 6 - Sistema OCB e os ramos do cooperativismo no Brasil.

Foi utilizado também a ferramenta da Matriz SWOT que é uma ferramenta de planejamento estratégico na gestão por processos, que proporciona um panorama geral de um negócio. Por meio desta, é possível identificar pontos fortes e fracos da empresa em questão, bem como situações de risco e oportunidades de mercado, neste caso aplicado na cooperativa COOPERURAIM.

## COOPERURAIM

A Cooperuraim foi estabelecida em novembro de 2011 e atualmente conta com 45 cooperados e 4 funcionários na área administrativa, operando em dois turnos (manhã e tarde). De acordo com Oliveira *et al.* (2024) A cooperativa possui uma agroindústria dedicada ao beneficiamento de polpa de frutas, localizada no mesmo espaço do escritório, no município de Paragominas, Pará. Ela recebe assessoria da OCB e conta com o apoio de diversas organizações públicas e da comunidade. Os produtos comercializados para geração de renda pelos agricultores familiares associados da Cooperuraim, são abobora, feijão, maracujá, galinha caipira e alface (Coelho; Oliveira 2021). Constatamos que estes agricultores também comercializam mandioca, coentro, cebolinha, couve, polpas de frutas congeladas, ovos, suínos e leite no mercado local.

## DISCUSSÃO

O curso abordou temas relevantes, incluindo as questões jurídicas e burocráticas que cercam a organização de cooperativas. Durante o curso, foi caracterizado algumas “normas” que regem o cooperativismo, digamos assim, pois foi ressaltado algumas informações que são de extrema importância, como a quantidade de pessoas que são necessárias para então criar uma cooperativa, como deve ser organizar com relação a documentação, as pessoas que irão exercer um cargo de confiança, ou seja, representar os comportados de tão cooperativa em reunião importantes, alguns deveres que esses cooperados de futuros cooperados devem realizar conforme as normas para comecem a se tornar de fato cooperados.

Os ministrantes apresentaram conteúdos fundamentais para que os participantes compreendessem os aspectos legais necessários para a constituição de uma cooperativa, além dos direitos e deveres dos cooperados. Apresentando também o histórico da organização e a importância das informações para os agricultores e para as cooperativas no estado do Pará, além disso, o mesmo ressaltou alguns serviços que são de suma importância, os principais serviços e benefícios oferecidos pela a organização, como por exemplo Representação e defesa dos interesses das cooperativas perante órgãos governamentais e entidades do setor; Acesso a capacitações, treinamentos e eventos voltados para o

fortalecimento do cooperativismo; Participação em programas de desenvolvimento e incentivos para cooperativas; Troca de experiências e networking com outras cooperativas e profissionais do setor; Acesso a informações atualizadas sobre legislação, normas e tendências do mercado cooperativista.

Outrossim, foram destacados alguns critérios e requisitos que se devem seguir para se afiliar à OCB/PA, explicando para os produtores como funciona o processo, pois a cooperativa deve estar regularizada e em conformidade com as leis e normas do sistema cooperativista. Além disto, ressaltou o quão é importante atuar em áreas que estejam alinhadas com os princípios e valores do cooperativismo, como solidariedade, democracia, igualdade e participação

Os agricultores familiares tiveram a oportunidade de aprender sobre as melhores práticas de gestão e governança, destacando a importância da organização coletiva para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar, através da apresentação do sistema OCB (Figura 2).

**Figura 2** - Apresentação do sistema OCB. Paragominas.2024.



**Fonte:** Manuele Barbosa (2024).

A interação dos participantes foi um dos pontos altos do curso. Agricultores familiares da região de Paragominas compartilharam experiências e esclareceram dúvidas sobre o funcionamento das cooperativas, enriquecendo o aprendizado coletivo (figura 2). Os conhecimentos adquiridos sobre aspectos jurídicos e práticas de governança são cruciais para garantir a eficácia e a sustentabilidade das cooperativas.

Além de ajudar os participantes a desenvolverem suas habilidades, o curso promoveu um ambiente de colaboração e troca de experiências, que são fundamentais para o sucesso das iniciativas coletivas na região (figura 3). A capacitação em gestão cooperativa não apenas ensina técnicas importantes aos agricultores

familiares, mas também desempenha um papel importante na construção de um futuro mais sustentável e próspero para a agricultura familiar em Paragominas. Isso significa que, ao aprenderem juntos, os agricultores podem trabalhar em equipe e enfrentar desafios de forma mais eficaz, beneficiando toda a comunidade.

**Figura 3** - Troca de experiência da cooperativa COAFRA. Paragominas. 2024.



**Fonte:** Manuele Barbosa (2024).

No último dia durante o curso sobre tema “Números do cooperativismo no mundo e no Brasil” e “Sistema OCB e os ramos do cooperativismo no Brasil”, ministrado pelo palestrante Douglas. Os cooperados tiveram a oportunidade de vivenciar uma experiência enriquecedora e participativa. Foi possível dialogar com alguns funcionários da Cooperuraim e com cooperados que compõem a diretoria dessa organização, momento em que foi aplicada a Matriz de SWOT (quadro 1), para levantar as fortalezas, fraquezas, oportunidades e ameaças da cooperativa.

**Quadro 1** - Matriz SWOT elaborada por cooperados da Cooperuraim. Sobre a cooperativa. Paragominas. 2024.

| FORTALEZA                                                                                                                                                                                               | FRAQUEZA                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Organização documental legal;</li><li>- Linha de crédito, 13 anos;</li><li>- Sede própria;</li><li>- Agroindústria de polpa de fruta funcionando.</li></ul>     | <ul style="list-style-type: none"><li>- Baixa produtividade agropecuária;</li><li>- Falta de capacitação de sucessão de lideranças;</li><li>- Falta de assistência técnica;</li><li>- Falta de padronização dos produtos.</li><li>- Foco em um único mercado para os produtos da cooperativa.</li></ul> |
| OPORTUNIDADE                                                                                                                                                                                            | AMEAÇA                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Mercados privados;</li><li>- Acesso a créditos para a agricultura familiar;</li><li>- Mercados institucionais;</li><li>- Beneficiamento dos produtos.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Oscilação do clima;</li><li>- Avanço da produção de grãos no município;</li><li>- Falta de mão de obra;</li><li>- Atuação de atravessadores no município;</li><li>- Alta dos preços dos insumos.</li></ul>                                                      |

**Fonte:** Oliveira et al. (2024).

A partir da aplicação dessa ferramenta, constatamos que a COOPERURAIM vem resistindo às dificuldades e consegue se manter de forma legal e adimplente com as obrigações tributárias, além de ter sede própria, com uma agroindústria anexa e funcionando. Atualmente o principal mercado acessado é o institucional, ou seja, o principal cliente é o Governo Federal, por meio do PNAE.

Durante a aplicação da matriz SWOT, cada grupo foi desafiado a identificar as fortalezas, oportunidades, fraquezas e ameaças relacionadas ao cooperativismo. Com isso, os participantes deveriam escolher três fraquezas para serem eliminadas ou diminuídas, por meio de propostas estratégicas estabelecidas pelos cooperados da COOPERURAIM, sendo assim foi listados a Fraqueza 1: Falta de capacitação de sucessão de liderança, tendo como proposta, buscar parcerias com os órgãos OCB/PA, SEBRAE, EMATER, entre outros, oferecendo cursos e dinâmicas que capacitem os cooperados.; Fraqueza 2: Falta de assistência técnica, como propostas para eliminar seria a contratação de assistência técnica profissionalizada, visando a agricultura familiar. E a Fraqueza 3: Falta de padronização do produto, tendo como propostas a construção de um centro de distribuição para recebimento, beneficiamento e distribuição.

Além disso os participantes deveriam também escolher três fortalezas para serem potencializadas por meio de propostas estratégicas, com isso foi estabelecido a Fortaleza 1: Regularização da documentação legal da cooperativa, tendo como propostas buscar novas certificações que agreguem valor no produto. Como por exemplo a rastreabilidade de vegetais. Fortaleza 2: Sede própria e agroindústria de polpa de fruta, tendo como propostas ampliar a atual sede e construção do centro de distribuição. E a Fortaleza 3: Acesso à linha de crédito com a Propostas de acesso disponível ao crédito rural, e manter um relacionamento de fidelidade com a instituição financeira.

O curso teve um total de 25 participantes, onde foi possível realizar a troca de saberes entre professores da Universidade Federal Rural da Amazônia, *Campus* Paragominas, representantes da OCB, representantes das cooperativas COAFRA e COOPERURAIM, alunos e agricultores familiares que até o momento não eram vinculados a nenhuma cooperativa. Com o intuito de tentar diminuir as desigualdades esse curso fortalece alguns Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (OSD), tais como: Objetivo 2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável; Objetivo 8. Promover

o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todas e todos; Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis; Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis e o Objetivo 17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Ao final do curso, foi possível perceber como o cooperativismo se destaca como uma alternativa sólida e sustentável de organização econômica e social, capaz de promover o desenvolvimento comunitário e a inclusão de diversos segmentos da sociedade. E como poderá fortalecer a agricultura familiar na região de Paragominas.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O curso de gestão e cooperativismo em Paragominas destacou a importância da capacitação e fortalecimento da organização coletiva entre agricultores familiares. Abordando aspectos legais, direitos e deveres dos cooperados, além das normas para a constituição de cooperativas. Enfatizou o cooperativismo como uma alternativa econômica sustentável, que beneficia tanto o indivíduo quanto o desenvolvimento comunitário e a inclusão social. Os princípios de solidariedade, democracia e participação foram ressaltados, mostrando que o sucesso depende do trabalho em equipe. Os conhecimentos adquiridos são essenciais para garantir a eficácia e sustentabilidade das cooperativas no Pará, preparando os agricultores para enfrentar desafios e contribuir para um futuro mais próspero.

## **Agradecimentos**

Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Serviço Nacional de Aprendizagem do Cooperativismo (SESCOOP) pelo apoio financeiro sob Processo nº: 404201/2022-9, através da Chamada CNPq/SESCOOP Nº 11/2022. A Universidade Federal Rural da Amazônia, *Campus* Paragominas. A cooperativa dos cooperados da Cooperativa dos Pequenos Produtores do Uraim e Condomínio Rural de Paragominas (COOPE-RURAIM). Ao Grupo de Pesquisa em Horticultura da Amazônia (HORTIZON).

Agradecemos também à Organização das Cooperativas do Brasil (OCB) pelo apoio e pela oportunidade de aprendizado proporcionada.

## REFERÊNCIAS

BANCEL, Jean-Louis. L'enjeu de l'identité coopérative à l'heure où la mondialisation est bousculée. **Revue internationale de l'économie sociale**, n. 2, p. 16-26, 2022.

COELHO, E. J. N.; OLIVEIRA, M. B. C. Efeitos socioeconômicos da pandemia de covid-19, sobre os cooperados da Cooperuraim, Paragominas, PA. Paragominas: Ufra. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia, 55 p. 2021.

DAVEL, Eduardo; VERGARA, Sylvia Constant. Desafios relacionais nas práticas de gestão e de organização. **Revista de Administração de Empresas**, v. 45, p. 10-13, 2005.

OLIVEIRA, C. D. D. S., ROSÁRIO FILHO, D.L.D. & PRAIA, M. D.S. **Cooperativismo da agricultura familiar na Amazônia Brasileira: o caso da Cooperuraim de Paragominas, Pará**. Revista de ciências agrárias-amazonian journal of agricultural and environmental sciences, 67. (2024).

SCHNEIDER, Sergio. **A pluriatividade na agricultura familiar**. Editora da UFRGS, 2003.

SCHULTZ, Glauco. **Introdução à gestão de organizações (DERAD103)**. Plageder, 2016.

NAMORADO, R. **O mistério do cooperativismo: da cooperação ao movimento cooperativo**. Coimbra: Almedina. (2013).

## **SEGURANÇA ALIMENTAR E SUSTENTABILIDADE: INOVAÇÃO E DESAFIOS PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL**

**André dos Santos de Barros Lordelos**

Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)

**Elaine Aparecida Maldonado Bertacco**

Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)

**Hálim Filipe P. Santos Souza**

Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)

**Haroldo Oliveira Filippi**

Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)

**Lauremir Rocha Costa**

Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)

**Marcelo José da Mota**

Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)

**Alba Regina Azevedo Arana**

Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)

**Maíra Rodrigues Uliana**

Universidade do Oeste Paulista (Unoeste)

# RESUMO

A pesquisa discute estratégias que integram práticas agrícolas sustentáveis, inovação tecnológica e políticas públicas para garantir alimentos seguros, nutritivos e suficientes, promovendo cadeias de valor resilientes. Conduzida por abordagem qualitativa, descritiva e exploratória, utilizou revisão narrativa e análise documental. A coleta de dados focou em publicações recentes sobre segurança alimentar, agricultura sustentável e inovação tecnológica, selecionando 40 estudos dos últimos dez anos. Os resultados mostram que a agricultura familiar é estratégica para a segurança alimentar e o alcance dos ODS, especialmente no combate à pobreza e fome. Políticas públicas, como o Programa de Aquisição de Alimentos, fortalecem a inclusão produtiva e reduzem desigualdades. Tecnologias emergentes, como *blockchain*, agricultura de precisão e biotecnologia, otimizam processos, aumentam a transparência e promovem sustentabilidade. O estudo destaca a necessidade de ações integradas entre setores público, privado e sociedade civil. Políticas devem priorizar práticas agrícolas sustentáveis, reduzir desperdícios e ampliar o acesso a tecnologias inovadoras. Estratégias como incentivos à agroecologia e agricultura familiar, fortalecimento de cadeias produtivas e sistemas digitais são essenciais para construir um sistema alimentar mais inclusivo e sustentável.

**Palavras-chave:** cadeias produtivas; objetivos do desenvolvimento sustentável; ODS; agricultura sustentável; inovação tecnológica.

## INTRODUÇÃO

A segurança alimentar tem evoluído significativamente ao longo das décadas, especialmente a partir da segunda metade do século XX, no período pós-Segunda Guerra Mundial. Nesse contexto, a reconstrução econômica e social evidenciou a urgência de combater a fome e a desnutrição, fomentando debates globais sobre a importância de garantir o acesso a alimentos suficientes, seguros e nutritivos para populações vulneráveis (Aliaga *et al.*, 2020). Não o bastante, mudanças climáticas, degradação dos recursos naturais e conflitos sociais agravam a situação, colocando em risco a capacidade das populações de garantir um suprimento contínuo e seguro de alimentos (Angelotti *et al.*, 2015). Esses fatores têm levado a um aumento na insegurança alimentar global, destacando a urgência de se desenvolver estratégias que garantam a produção de alimentos de maneira eficiente e resiliente (Bessa *et al.*, 2016).

O Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) destaca-se como uma política pública central no fortalecimento da agricultura familiar, promovendo a inclusão produtiva e o desenvolvimento socioeconômico de comunidades rurais. Por meio da compra direta de alimentos de pequenos produtores, o programa assegura geração de renda para essas famílias, dinamiza a economia local e fortalece os laços comunitários. Os alimentos adquiridos são destinados a ações de segurança alimentar, como o abastecimento de escolas, hospitais e instituições sociais, garantindo refeições nutricionalmente equilibradas e de qualidade para populações em situação de vulnerabilidade. Assim, o PAA desempenha um papel estratégico na construção de uma cadeia produtiva sustentável e inclusiva, contribuindo para a soberania alimentar e os objetivos do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2003; Brasil, 2023).

Apesar de ser um dos maiores produtores de alimentos do mundo, o Brasil enfrenta desafios complexos relacionados à sustentabilidade ambiental e à segurança alimentar. Tais questões ressaltam a importância de políticas públicas que combinem práticas agrícolas sustentáveis, inovação tecnológica e estratégias de distribuição mais equitativas. Essas ações visam não apenas preservar o meio ambiente, mas também assegurar o acesso universal a alimentos seguros e nutritivos (Baldicera, 2024).

Com um sistema de produção agropecuária de grande escala e alta complexidade, o Brasil ocupa posição de destaque no comércio internacional. Essa robustez resulta da diversidade climática e geográfica do país, que permite a produção de uma ampla variedade de culturas, como soja, café, milho e carne bovina. Além disso, os avanços em tecnologia agrícola tem contribuído para aumentar a eficiência e a sustentabilidade da produção, consolidando o Brasil como um dos principais atores no mercado global de alimentos (CONSEA, 2004).

Por tanto este capítulo explora as relações entre segurança alimentar, sustentabilidade, inovação e políticas públicas, com foco na produção de alimentos seguros e saudáveis, com atenção especial ao desenvolvimento de cadeias de valor sustentáveis e à incorporação de novas tecnologias para fortalecer sistemas de produção resilientes e menos impactantes ao meio ambiente, propondo elencar práticas agrárias que mais contribuem para uma agricultura sustentável, destacando tanto os desafios como as oportunidades nos âmbitos político, social e industrial (Angelotti *et al.*, 2015; Bessa *et al.*, 2016). Assim, o objetivo deste capítulo foi contextualizar a relevância da segurança alimentar e a necessidade de sistemas de produção sustentáveis para o futuro das Ciências Ambientais.

## **METODOLOGIA**

Esta pesquisa foi conduzida sob a visão da pesquisa qualitativa, de natureza descritiva e exploratória. O método foi escolhido por proporcionar uma análise profunda e trazer significados aos dados obtidos. Ainda, essa metodologia permite a exploração da complexidade das interações humanas e a profundidade dos fenômenos sociais, o que é essencial para compreender a evolução e os desafios da sustentabilidade nas ciências agrárias e na segurança alimentar.

Os procedimentos metodológicos combinaram análise documental e revisão narrativa, realizada em sites de artigos acadêmicos (*Scielo*, *Google acadêmico*), Portal de Periódicos da CAPES, livros e bibliotecas virtuais e revistas. Para a coleta de dados, foram empregados os termos: "sustentabilidade", "segurança alimentar" e "agricultura", resultando em mais de 16.420 publicações, das quais 40 artigos dos últimos 10 anos foram selecionados para análise, permitindo uma visão atualizada e consolidada sobre a relevância da segurança alimentar e a necessidade de sistemas de produção sustentáveis para o futuro das Ciências Agrárias.

## SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL NO BRASIL E SEUS DESAFIOS

A saúde das populações é influenciada pelos alimentos que a sociedade produz e consome, representando um desafio mundial que requer estratégias eficientes e a garantia de ter alimentos suficientes, seguros e nutritivos para suprir suas necessidades diárias (Domeve *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) pode ser definida como o direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, que não comprometam o acesso a outras necessidades essenciais. Esse conceito está fundamentado em práticas alimentares que promovem a saúde, respeitam a diversidade cultural, ambiental, social, econômica e culturalmente sustentáveis (Castro, 2019).

Um dos grandes desafios globais é a erradicação da fome. Mesmo com os avanços tecnológicos, eles ainda não são suficientes para garantir a segurança alimentar de maneira universal e sustentável. Conforme destaca Gomes e Medeiros (2018), a complexidade desse problema envolve não apenas a produção de alimentos, mas também questões como desigualdade de acesso, distribuição inadequada e desperdício, exigindo soluções integradas e políticas públicas eficazes.

A agricultura familiar desempenha um papel estratégico no avanço dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com ênfase para as metas 1 e 2, que visam erradicar a pobreza extrema e a fome no mundo. Responsáveis por grande parte da produção de alimentos global, os agricultores familiares são essenciais para a garantia da SAN, especialmente em comunidades mais vulneráveis (Berdegue, 2019).

A SAN envolve não apenas a quantidade e qualidade dos alimentos, mas também o acesso a eles, práticas agrícolas sustentáveis, e a promoção da cidadania e dos direitos humanos, sempre considerando as particularidades epidemiológicas e socioeconômicas de cada local. A modernidade trouxe uma série de avanços, mas o acesso à alimentação saudável e adequada, especialmente para a população de baixa renda, continua sendo um desafio, tanto no passado quanto no presente (Gomes Júnior, 2007).

A Lei nº11.947, de 16 de junho de 2009, representa um marco significativo para a SAN no Brasil, direcionada ao contexto escolar. De acordo com Ministério

da Educação, o Brasil como uma vasta extensão territorial e grande diversidade de recursos naturais, a fome persiste como um dos mais graves desafios sociais e econômicos. Entre os anos de 2003 e 2013, o país registrou importantes avanços na luta contra a fome. Políticas públicas estruturantes, como o Bolsa Família, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e políticas salariais progressistas, contribuíram significativamente para a redução da miséria e da insegurança alimentar (Brasil, 2003; Brasil, 2009).

Essas políticas foram fundamentais para que o Brasil saísse do Mapa da Fome em 2014, um marco reconhecido internacionalmente. Contudo, apesar dos avanços, a fome e a miséria ainda persistem na vida de milhares de brasileiros, expondo as fragilidades estruturais que ainda desafiam o país (Gomes Júnior, 2007).

Conforme a **PNAD Contínua 2023**, 27,6% dos domicílios brasileiros enfrentam algum grau de insegurança alimentar. Dentro desse grupo:

- **18,2%** enfrentam insegurança alimentar leve, caracterizada pela preocupação constante com o acesso futuro a alimentos.
- **5,3%** vivem em situação de insegurança moderada, com redução na quantidade de alimentos consumidos.
- **4,1%** convivem com insegurança grave, indicando fome e ruptura nos padrões alimentares.

Esses números revelam que aproximadamente 3,2 milhões de domicílios brasileiros experimentaram privação severa de alimentos nos últimos anos, incluindo casos de fome que atingiram adultos e crianças.

O Brasil enfrenta um cenário de fome marcado por desigualdades regionais, com o Norte e o Nordeste apresentando os maiores índices de insegurança alimentar grave (7,7% e 6,2%, respectivamente), devido a fatores como baixa renda, infraestrutura precária e dependência da agricultura de subsistência, enquanto o Sul e o Sudeste, mais urbanizados e com maior acesso a políticas públicas, registram índices mais baixos, de 2% e 2,9%. O recente aumento da fome no país está ligado a crises econômicas, com inflação elevada e desemprego reduzindo o poder de compra das famílias; à pandemia de Covid-19, que agravou desigualdades e causou perdas de renda, especialmente entre trabalhadores informais; e às desigualdades regionais, exacerbadas pela falta de investimentos

em infraestrutura e pelo abandono de políticas públicas de segurança alimentar em áreas vulneráveis.

Em uma abordagem clássica, Sen (1982) menciona que a segurança alimentar se concentra na capacidade de um indivíduo adquirir alimentos, em vez de apenas na disponibilidade geral de alimentos. Essa abordagem reconhece que a fome pode ocorrer mesmo quando há alimentos suficientes disponíveis, se as pessoas não tiverem os meios para obtê-los. Nesse viés, menciona os direitos legais e as instituições sociais que influenciam o acesso aos alimentos e que também reconhece a importância da participação e do empoderamento das pessoas na garantia de seu direito à alimentação. Como exemplos Sen (1982) aborda cinco deles como importância a ser aplicado:

1. **Garantir o direito à terra e aos recursos produtivos:** Conhecida como Estatuto da Terra, a Lei n.º 4.504, de 30 de novembro de 1964, é um marco legal na política agrária brasileira. Seu objetivo principal é regulamentar os direitos e deveres relacionados à posse e ao uso da terra, promovendo o uso racional e sustentável dos recursos naturais e buscando reduzir as desigualdades sociais no campo. Além disso, a lei reforça a importância de assegurar que as pessoas tenham acesso à terra e aos recursos necessários para cultivar seus próprios alimentos, um fator indispensável para garantir a segurança alimentar e o desenvolvimento sustentável das comunidades rurais.
2. **Promover o emprego e a renda:** O acesso a empregos e a uma renda estável permitem que as pessoas comprem os alimentos de que precisam.
3. **Estabelecer programas de proteção social:** Programas como transferências de renda, alimentação escolar e bancos de alimentos podem ajudar a garantir que as pessoas tenham acesso aos alimentos, especialmente em tempos de crise.
4. **Promover a educação nutricional:** A educação nutricional pode ajudar as pessoas a fazerem escolhas alimentares saudáveis e a gerirem melhor seus recursos alimentares.
5. **Combater a discriminação:** A discriminação baseada em gênero, raça, etnia ou status socioeconômico pode impedir o acesso aos alimentos.

A abordagem de direito reconhece que a segurança alimentar é um direito humano fundamental e que os governos têm a obrigação de garantir esse direito a todos os seus cidadãos. A insegurança alimentar está relacionada à distribuição e ao acesso aos recursos, não apenas à quantidade de alimentos disponíveis. Também, está relacionado às políticas públicas sobre a facilitação de acesso, seja por conta da produção ou da aquisição desse bem essencial. Dessa forma, segurança alimentar e desenvolvimento humano estão intrinsecamente ligados. Para Sen, o desenvolvimento não é apenas o crescimento econômico, mas a ampliação das liberdades e capacidades das pessoas para viver uma vida plena. A segurança alimentar, nesse sentido, é um aspecto fundamental da liberdade e da dignidade humana, pois sem acesso a alimentos, as pessoas não têm autonomia para desenvolver suas capacidades (Ferri; Kalsing, 2022, p. 75-77).

### Os pilares da SAN

A SAN é um conceito central nas discussões sobre desenvolvimento humano e bem-estar social. A SAN vai além da mera disponibilidade de alimentos, engloba a importância de um acesso constante e garantido a alimentos de qualidade, em quantidade adequada, sem que isso comprometa outras necessidades fundamentais. Cujo conceito, aborda quatro pilares importantes como:

1. **Disponibilidade de Alimentos:** A produção e oferta de alimentos devem ser suficientes para atender à demanda da população. Isso inclui a produção agrícola, o processamento, a industrialização, a comercialização e a distribuição de alimentos.
2. **Acesso aos Alimentos:** A população deve ter acesso físico e econômico aos alimentos. Isso significa ter renda suficiente para comprar alimentos, além de infraestrutura adequada para transporte e armazenamento.
3. **Utilização dos Alimentos:** Os alimentos devem ser seguros e nutritivos, e a população deve ter conhecimento sobre práticas alimentares saudáveis para garantir a absorção adequada dos nutrientes.
4. **Estabilidade:** O acesso aos alimentos deve ser estável e permanente, independentemente de fatores sazonais, climáticos ou políticos.

O DHA (Direito Humano à Alimentação) reconhece o acesso à alimentação como um direito fundamental de todos os indivíduos, e a SAN é vista como um passo determinante para a realização desse direito (Brasil, 2006).

A produção de alimentos nas últimas décadas tem buscado novos adeptos alternativos nos processos de geração sustentável de produtos alimentares. A agricultura familiar ou agricultura de pequeno e médio porte como produtoras de alimentos que abastecem a população, tem buscado cada vez mais formas sustentáveis para sua consecução. O cooperativismo e a agroecologia são ferramentas importantes que sustentam modelos atuais de pequenas produções de alimentos.

Para Oliveira *et al.* (2022), o cooperativismo surge como uma poderosa ferramenta para enfrentar desafios socioeconômicos, promovendo a inclusão social, o desenvolvimento local e a segurança alimentar. Ele se manifesta em diferentes setores, como agricultura, habitação e consumo, oferecendo alternativas viáveis para populações vulneráveis. A essência do Cooperativismo reside na união voluntária de pessoas para alcançar objetivos comuns, guiada por princípios como a gestão democrática, a participação econômica e o interesse pela comunidade. Esse modelo se contrapõe ao sistema capitalista tradicional, priorizando o bem-estar coletivo e a distribuição equitativa de benefícios.

### **A SAN como um princípio orientador de políticas públicas**

A SAN não deve ser vista como uma política pública isolada, mas sim como um princípio que deve permear todas as políticas públicas relacionadas à produção, distribuição e consumo de alimentos.

A lógica da inclusão social para SAN precisa de ações prioritárias visto que alimentação, saúde e desenvolvimento humano estão intrinsecamente ligadas. Sem a consecução de políticas públicas consolidadas a sociedade vulnerável pena sob dificuldades formidáveis desses direitos essenciais.

A agricultura brasileira tem se modernizado rapidamente com o uso de tecnologias digitais, colocando o setor como líder em diversas áreas. A inovação gera mudanças significativas e promete transformar o agronegócio na próxima década. A agricultura de precisão, que envolve o uso de equipamentos, sensores e técnicas para analisar a variabilidade de solo, plantas, animais e clima, auxilia na

tomada de decisões mais precisas e eficientes para o manejo agrícola (Cataneo e Cavichioli, 2023).

A produção sustentável de alimentos seguros é um dos maiores desafios enfrentados pela sociedade contemporânea, em virtude do aumento populacional, das mudanças climáticas e da intensificação das crises sanitárias globais. Essa temática, que combina sustentabilidade ambiental e SAN, requer estratégias inovadoras que assegurem a qualidade dos alimentos e a preservação dos recursos naturais. Diversos estudos têm abordado práticas agrícolas e alimentares capazes de minimizar impactos ambientais e garantir a saúde pública, oferecendo uma visão abrangente sobre o tema.

Segundo Martinelli e Cavalli (2019), os sistemas de produção orgânicos e agroecológicos destacam-se como alternativas sustentáveis ao modelo convencional. Práticas como o uso de adubos orgânicos, controle biológico de pragas e rotação de culturas não apenas promovem a conservação do solo e da biodiversidade, mas também resultam em alimentos com menor presença de resíduos químicos, contribuindo para a segurança alimentar e a saúde dos consumidores.

Além disso, Moura *et al.* (2024) ressaltam a importância de políticas públicas que incentivem a transição para práticas agrícolas sustentáveis. Subsídios para produtores orgânicos, regulamentações rigorosas sobre o uso de agrotóxicos e programas de conscientização são algumas das ações necessárias para fomentar a sustentabilidade no setor agroalimentar. Tais iniciativas não apenas beneficiam os produtores, mas também ampliam o acesso da população a alimentos seguros e de alta qualidade.

Uma abordagem complementar mencionada por Yano e Gomes (2022) é a adoção de práticas voltadas à redução do desperdício de alimentos. O aproveitamento integral de alimentos, por exemplo, potencializa o uso de recursos nutricionais e minimiza a geração de resíduos orgânicos. Essa estratégia, aplicada em larga escala, apresenta benefícios tanto ambientais quanto econômicos, além de contribuir para o fortalecimento da segurança alimentar.

Outro ponto de destaque é a agricultura urbana e periurbana, explorada por Bertolini *et al.* (2023). Essa modalidade de produção, amplamente adotada em cenários de crise, reduz a dependência de cadeias logísticas longas e minimiza a pegada de carbono associada ao transporte de alimentos. Ademais, a proximidade

entre os locais de produção e consumo fortalece a SAN em comunidades urbanas, especialmente em regiões de vulnerabilidade social.

Por fim, destaca-se a relevância da educação para o consumo consciente, como apontado por Garcia *et al.* (2022). A conscientização dos consumidores sobre os impactos de suas escolhas alimentares pode impulsionar a demanda por práticas agrícolas sustentáveis. Campanhas educativas, aliadas a rotulagens claras e acessíveis, desempenham papel essencial na disseminação de informações sobre alimentos seguros e sustentáveis.

### **Inovação nas cadeias de valor para a SAN**

A inovação na cadeia de valor alimentar envolve mudanças nos processos tradicionais que visam aumentar a eficiência, reduzir o desperdício, melhorar a qualidade dos produtos e garantir a continuidade do consumo. Este processo de inovação inclui o desenvolvimento de novos produtos para implementar tecnologias disruptivas que possam mudar os setores, a distribuição e o consumo de alimentos como um todo (FAO, 2021).

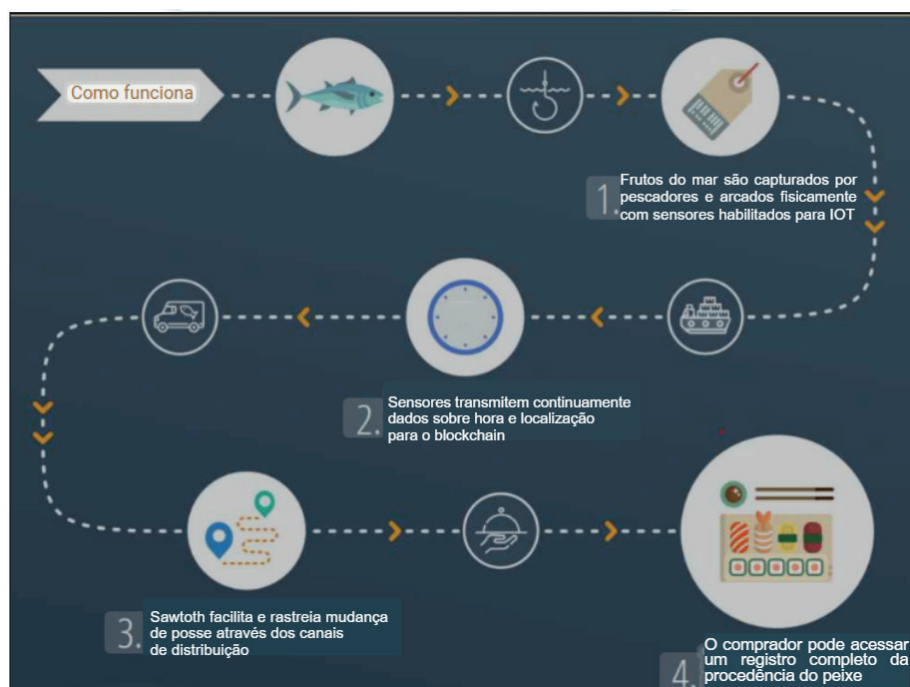
O grande desafio da agricultura mundial atualmente é garantir a SAN de forma sustentável, principalmente motivado pelas projeções do inevitável aumento populacional, com previsão de atingir 10 bilhões de habitantes em 2050, fazendo necessário assim aumentar consideravelmente a produtividade agrícola para atender às fortes demandas do mercado. Além do mais, há fatores agravantes como mudanças climáticas e desafios econômicos envolvidos, portanto, a inovação nas cadeias de valor são fundamentais frente a um cenário de insegurança alimentar, onde é necessário garantir acesso a alimentos seguros, nutritivos, de qualidade e em quantidades suficientes para a população (Massruhá, 2020; Burigo e Porto, 2021; Domene *et al.*, 2023).

### **Tecnologia e digitalização nas cadeias de valor**

As cadeias de valores em suas transformações digitais representam uma das principais fontes de inovação nos sistemas de alimentação. Desenvolvimento tecnológico tais como inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), *big data* e *blockchain* estão sendo cada vez mais empregadas para aprimorar processos e incrementar a rastreabilidade dos alimentos. Por exemplo, a *blockchain* assegura

a transparência e a rastreabilidade dos alimentos ao longo de toda a cadeia de produção, do produtor ao consumidor final, contribuindo para a luta contra fraudes no setor alimentício e fortalecendo a confiança do cliente. A Internet das Coisas possibilita o acompanhamento das condições de condições térmicas, umidade e outros elementos essenciais durante o transporte e armazenamento, assegurando que os alimentos sejam entregues ao consumidor final em condições perfeitas e sem desperdício. A integração dessas tecnologias permite obter uma cadeia de distribuição como exemplo do diagrama (Figura 1).

**Figura 1** - Exemplo esquemático de uma cadeia de distribuição de pescado.



**Fonte:** Statplace (2021).

Essas tecnologias oferecem benefícios importantes para todo o ecossistema de fornecimento. A transparência que elas proporcionam ajuda a construir confiança ao longo de toda a cadeia de abastecimento, garantindo que todos os envolvidos tenham acesso às mesmas informações, sendo assim, essas tecnologias promovem condições de concorrência mais justas para os fornecedores, recompensando as boas práticas e incentivando a ética no mercado. A automação é outro ponto

crucial, acarretando economia de tempo e redução dos custos operacionais, o que beneficia ambas as partes. Com essas melhorias, tanto fornecedores quanto consumidores passam a ter certeza sobre o que estão recebendo e pelo que estão pagando, fortalecendo a confiança mútua e a eficiência dos processos.

Ademais, ao processar os dados gerados nas transações comerciais, torna-se possível compreender o comportamento e as preferências dos consumidores finais. Assim, é viável oferecer produtos e experiências de compra cada vez mais personalizadas para os clientes.

## **Desafios e perspectivas para SAN e sustentabilidade**

A SAN e a sustentabilidade enfrentam desafios globais amplos e interconectados, especialmente devido às mudanças climáticas, que impactam a produtividade agrícola e as cadeias alimentares. O aumento da temperatura global, alterações nos padrões de chuva e eventos extremos, tais como secas e inundações, afetam a estabilidade da oferta alimentar e elevam os preços, prejudicando populações vulneráveis. Para mitigar esses impactos, destacam-se o desenvolvimento de sistemas agrícolas regenerativos e o cultivo de variedades resilientes, capazes de suportar condições adversas (Burigo e Porto, 2021).

Outro problema crítico é a erosão da biodiversidade agrícola, intensificada pela monocultura, que reduz a resiliência dos ecossistemas. Práticas agroecológicas que promovem a diversificação de culturas e a preservação dos recursos naturais são essenciais para reverter esse quadro (Bonfim, 2024).

Desafios socioeconômicos também dificultam a adoção de práticas sustentáveis, especialmente em países em desenvolvimento, onde pequenos produtores enfrentam barreiras financeiras e tecnológicas para atender às regulamentações ambientais. A inovação tecnológica, como agricultura de precisão, biotecnologia e *blockchain*, pode melhorar a rastreabilidade e eficiência na produção e distribuição de alimentos, mas o acesso desigual a essas ferramentas limita sua aplicação em larga escala. É crucial garantir que essas inovações sejam acessíveis e economicamente viáveis para agricultores de todos os portes, promovendo uma transição justa para sistemas alimentares sustentáveis (Villafuerte *et al.*, 2018; Domene *et al.*, 2023).

A busca pela SAN e pela sustentabilidade exige uma abordagem integrada que harmonize sustentabilidade ambiental com viabilidade econômica. Práticas

agrícolas sustentáveis aliadas à tecnologia otimizam os recursos naturais, fortalecem cadeias de valor inclusivas e garantem acesso equitativo a alimentos seguros e nutritivos. Políticas públicas robustas e programas de incentivo, como os que retiraram o Brasil do Mapa da Fome, devem ser continuamente aprimorados para reduzir desigualdades e vulnerabilidades regionais (Baldicera, 2024).

Com a previsão de que a população mundial ultrapasse 10 bilhões até 2050, a pressão sobre os sistemas alimentares aumentará, exigindo estratégias para ampliar a produção com sustentabilidade. Além disso, a recuperação da biodiversidade agrícola é fundamental para garantir a resiliência dos sistemas alimentares e enfrentar os desafios climáticos e socioeconômicos contemporâneos (Burigo e Porto, 2021; Domene *et al.*, 2023).

O setor agrícola enfrenta também pressões regulatórias relacionadas à sustentabilidade ambiental e à redução das emissões de gases de efeito estufa. Conforme discutido por Bonfim (2024), esses regulamentos, embora essenciais, podem ser um obstáculo para pequenos produtores, que muitas vezes carecem de recursos financeiros e tecnológicos para atender às novas exigências. A harmonização entre sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica é um dos principais desafios para o setor.

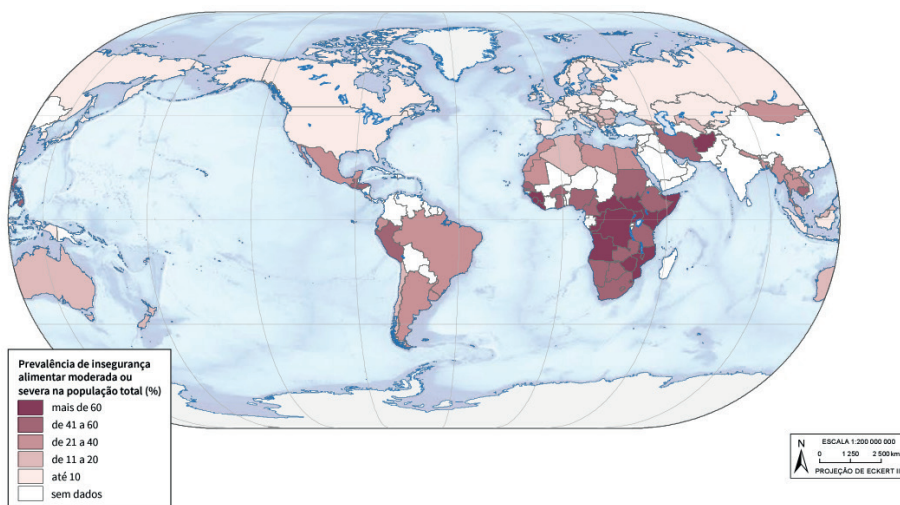
Regiões vulneráveis, particularmente em países em desenvolvimento, enfrentam desafios significativos para garantir acesso a alimentos seguros e sustentáveis. Bonfim (2024) ressalta que políticas públicas de combate à fome e a promoção de cadeias de valor inclusivas são essenciais para abordar essa questão.

A insegurança alimentar é um problema global que afeta de forma desigual as populações, refletindo disparidades econômicas, sociais e regionais. Entre 2018 e 2020, as taxas de insegurança alimentar moderada ou severa destacaram vulnerabilidades profundas em diversas regiões do mundo, de acordo com análise da Figura 2. A África Subsaariana lidera os índices globais, com mais de 60% da população enfrentando restrições severas no acesso a alimentos, seguida pelo Sul da Ásia, onde as taxas variam entre 41% e 60%. Regiões como América Latina, Caribe e partes da Ásia Central apresentam taxas intermediárias, entre 21% e 40%, enquanto países da América do Norte, Europa Ocidental e Oceania mantêm níveis mais baixos, geralmente inferiores a 10% (IBGE, 2024).

O Brasil, inserido na categoria de 21% a 40% de insegurança alimentar moderada ou severa, ocupa uma posição intermediária no cenário global. Dados

recentes da PNAD Contínua 2023 apontam que 27,6% dos domicílios brasileiros enfrentam algum grau de insegurança alimentar, sendo que 5,3% apresentam insegurança moderada e 4,1%, grave. Apesar de seus recursos agrícolas abundantes e políticas sociais importantes, como o Bolsa Família e programas de alimentação escolar, o Brasil ainda enfrenta desafios significativos, principalmente em regiões como o Norte e o Nordeste, que registram níveis de insegurança alimentar semelhantes aos de países de média vulnerabilidade global. Além disso, fatores como crises econômicas e os impactos da pandemia de Covid-19 agravaram a situação, ampliando a fome entre as populações mais vulneráveis.

**Figura 2** - Insegurança alimentar - 2018-2020.



**Fonte:** IBGE (2024).

No contexto global, o Brasil apresenta avanços na mitigação da fome, mas ainda precisa enfrentar desigualdades regionais e socioeconômicas para garantir acesso universal e equitativo aos alimentos. A implementação de políticas públicas alinhadas aos ODS é essencial para fortalecer a SAN e promover maior justiça social.

A desigualdade no acesso à alimentação é uma questão central para a SAN no Brasil, conforme destacado pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) de 2023. Este problema é ainda mais evidente em regiões e grupos populacionais com baixos rendimentos, menor nível de instrução

e em áreas rurais. A pesquisa revela que em uma situação geral, 72,4% dos domicílios brasileiros estavam em situação de SAN contra 27,6% enfrentavam insegurança alimentar (IA), distribuídos entre os graus leve (18,2%), moderada (5,3%) e grave (4,1%). Analisando essa deficiência na SAN por regiões no Brasil constata-se que o norte e nordeste apresentam os maiores índices de IA grave (7,7% e 6,2%, respectivamente). Em contraste, as regiões Sul e Sudeste apresentam os menores índices, com 2,0% e 2,9% de IA grave, e em comparação entre a urbanidade, a proporção de IA grave é maior na zona rural (5,5%) do que na urbana (3,9%), indicando a vulnerabilidade de áreas mais isoladas.

Os dados reforçam a análise de que a desigualdade no acesso à alimentação é multifatorial, influenciada por renda, escolaridade, cor/raça e localização geográfica. A concentração da insegurança alimentar nas regiões Norte e Nordeste, bem como entre os grupos mais vulneráveis, revela a necessidade urgente de políticas públicas direcionadas.

Domicílios com renda per capita de até ¼ do salário mínimo concentram 24,1% dos casos de IA moderada ou grave, embora representem apenas 8,3% do total nacional. Já os domicílios com renda superior a dois salários mínimos praticamente não enfrentam IA grave, com apenas 2,6% dos casos. Esses dados indicam que a SAN está intrinsecamente ligada a fatores estruturais de desigualdade econômica, social e de gênero.

## **Perspectivas futuras para a SAN no Brasil**

A rápida evolução tecnológica impõe a necessidade de inovação contínua nos sistemas de produção. No entanto, como apontado por Domene *et al.* (2023), a adoção de tecnologias de ponta é desigual entre as regiões, dificultando a implementação de práticas sustentáveis em países em desenvolvimento. Garantir que essas inovações sejam acessíveis é um desafio central para o avanço global da sustentabilidade alimentar.

Há uma constante evolução no setor agrícola, justificada pelo aumento dos meios de comunicação digital acessíveis e a necessidade de buscar tecnologias capazes de suprir as fortes demandas, sendo assim a cronologia do campo foi da agricultura de subsistência, maquinário agrícola e chegando na agricultura de precisão e digital (Villafuerte *et al.*, 2018).

Na sequência a agricultura evoluiu ainda mais com a agricultura digital ou agro 4.0, definida pela utilização de métodos analíticos de processamento de dados, conciliando a informática aplicada à agricultura (Massruhá e Leite, 2018). Contudo, algumas tecnologias emergentes, como, por exemplo, a agricultura de precisão, biotecnologia, inteligência artificial, e *blockchain* aplicados à rastreabilidade de alimentos e práticas agrícolas sustentáveis, foram surgindo com objetivo de fortalecer a questão da segurança alimentar.

- **Agricultura de Precisão:** Tecnologias como sistemas de informação geográficas, análise espacial de dados, mapas de produtividade, sensores, drones e satélites estão ajudando os agricultores a monitorar e otimizar o uso de recursos (água, fertilizantes, etc.), reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência no campo (Molin, 2015).
- **Biotecnologia:** A biotecnologia é uma ferramenta tecnológica essencial para a agricultura, o desenvolvimento de culturas geneticamente modificadas mais resistentes a pragas e doenças pode ajudar a garantir uma produção alimentar estável, sem expandir a área cultivada (Oliveira e Ferreira, 2020).
- **Blockchain:** O blockchain pode melhorar a transparência e a rastreabilidade dos alimentos, garantindo práticas agrícolas mais responsáveis e prevenindo fraudes (Melotti, 2023).

De acordo com Peixoto e Ferreira (2023), as políticas públicas de incentivo também participam de forma direta no desenvolvimento sustentável da agricultura, como políticas de subsídio, regulamentação, legislação e acordos, essas ações permitem acesso a tecnologias e práticas agroecológicas que definem a produção sustentável de alimentos e favorecem a produção diversificada atuando positivamente frente um cenário de insegurança alimentar e nutricional.

O Brasil, apesar de ser uma das maiores potências agrícolas do mundo, enfrenta desafios significativos no campo da SAN, agravados pelas desigualdades regionais e socioeconômicas de acordo com a PNAD Contínua de 2023.

Para enfrentar esses desafios, a ampliação de políticas públicas tem se mostrado uma solução viável. Programas como o Bolsa Família e a merenda escolar desempenham papéis fundamentais na redução da fome, promovendo acesso a alimentos básicos para populações vulneráveis (Bonfim, 2024). Além

disso, estratégias de incentivo à agroecologia são fundamentais para fortalecer a agricultura familiar, especialmente no Norte e Nordeste. Práticas regenerativas, como a integração de sistemas agroflorestais e a rotação de culturas, podem reduzir a dependência de monoculturas e melhorar a resiliência climática (Burigo; Porto, 2021).

Os avanços tecnológicos também oferecem soluções importantes, embora limitados por custos e barreiras de acesso. Ferramentas como sensores, drones e *big data* podem ser adaptadas para atender às necessidades específicas de pequenos agricultores, aumentando a produtividade de maneira sustentável (Domane *et al.*, 2023). No entanto, há necessidade de aprofundar estudos sobre a integração regional, visando uma distribuição mais equitativa de recursos e conhecimento técnico entre as regiões mais e menos desenvolvidas do país.

Outro ponto crítico é o impacto das mudanças climáticas na produção agrícola. Regiões como a Amazônia e o Semiárido estão particularmente vulneráveis, e o aumento da temperatura global pode agravar ainda mais a insegurança alimentar no país. Portanto, a ampliação de pesquisas sobre os efeitos climáticos e a implementação de políticas adaptativas são urgentes (Mendonça, 2019).

Assim, enquanto o Brasil enfrenta desafios complexos, as soluções para mitigar a insegurança alimentar passam pela combinação de políticas públicas robustas, incentivo à sustentabilidade e adaptação tecnológica. Contudo, o sucesso dessas iniciativas dependerá de um esforço conjunto entre o governo, o setor privado e a sociedade civil para reduzir desigualdades regionais e garantir SAN para todos.

## CONCLUSÃO

A SAN é um tema central para o desenvolvimento sustentável, envolvendo a garantia do acesso a alimentos seguros, nutritivos e suficientes, sem comprometer os recursos naturais. Este artigo abordou as inter-relações entre práticas agrícolas sustentáveis, inovação tecnológica e políticas públicas, evidenciando a relevância de um sistema de produção resiliente frente aos desafios contemporâneos.

A análise destacou que a sustentabilidade nas cadeias de produção alimentar requer a integração de estratégias como agricultura de precisão, agroecologia e biotecnologia, além da adoção de políticas públicas robustas, como o Programa

de Aquisição de Alimentos (PAA). Tais ações, aliadas ao incentivo à agricultura familiar e à redução do desperdício de alimentos, representam caminhos promissores para enfrentar problemas globais como as mudanças climáticas e a insegurança alimentar.

Os avanços tecnológicos, incluindo o uso de *blockchain* e inteligência artificial, surgem como ferramentas essenciais para aumentar a transparência e eficiência das cadeias produtivas, fortalecendo a confiança dos consumidores e promovendo práticas agrícolas mais responsáveis. No entanto, desafios como desigualdade no acesso às tecnologias e barreiras socioeconômicas ainda precisam ser superados, especialmente em países em desenvolvimento.

A interconexão entre SAN, sustentabilidade e inovação sublinha a necessidade de esforços integrados entre governos, setor privado e sociedade civil. As políticas públicas devem continuar a priorizar a inclusão social, a justiça alimentar e a proteção ambiental, garantindo que os benefícios do desenvolvimento tecnológico sejam acessíveis a todos.

Para estudos futuros, há necessidade de explorar mais profundamente a aplicação de tecnologias emergentes em pequenos sistemas agrícolas e o impacto das mudanças climáticas sobre as práticas agrícolas sustentáveis. Além disso, é fundamental investigar modelos integrados de políticas públicas que combinem SAN com redução de desigualdades regionais e sociais.

Ao unir esforços multidisciplinares, será possível construir sistemas alimentares mais resilientes e sustentáveis, assegurando o bem-estar global e a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional PPGMADRE da Unoeste.

## REFERÊNCIAS

- Aliaga, M. A. *et al.* Segurança alimentar e nutricional: significados construídos por líderes comunitários e moradores de um bairro popular de Salvador, Bahia, Brasil. **Cadernos de Saúde Públicas**. v. 36, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00169218>
- Angellotti, F.; Signor, D.; Giongo, V. Mudanças climáticas no semiárido brasileiro: experiências e oportunidades para o desenvolvimento. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, número especial IV SMUD, p. 484-495, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1031932/1/Diana2015.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2024.
- Baldicera, A. Práticas agrícolas sustentáveis e suas implicações para a segurança alimentar. **Revista Unicrea**, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 113-126, mai-ago. 2024. Disponível em: <<https://revistaunicrea.crea-sc.org.br/index.php/revistaunicrea/article/view/84/83>>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- Berdegué, Julio. Dia Mundial da Alimentação: direito aos alimentos para uma vida e um futuro melhores. Nações Unidas no Brasil. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/84055-artigo-agricultura-familiar-desempenha-papel-central-na-conquista-de-objetivos-globais>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- Bertolini, A. M. *et al.* O papel da agricultura urbana e periurbana na segurança alimentar global do pós-guerra à crise da covid-19: novas perspectivas em justiça alimentar, saúde global e sustentabilidade. **Saúde e Sociedade**, v. 32, n. 3, p. e230330pt, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-12902023230330pt>.
- Bessa, M. M. *et al.* Agroecologia, sustentabilidade e a necessidade dos movimentos agroecológicos se tornarem políticas públicas. **Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 181-197, 2016. DOI: <https://doi.org/10.20873/uf-t.2359-3652.2016v2n2p181>.
- Bonfim, G. A segurança está à mesa: segurança e soberania alimentar no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 40, n. 9, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311XPT126424>.
- Brasil. Lei n.º 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 set. 2006. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/l11346.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11346.htm)>. Acesso em: 20 nov. 2024.
- Brasil. Lei n.º 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 jun. 2009. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11947.htm)>. Acesso em: 25 nov. 2024.
- Brasil. **Lei n.º 14.628, de 20 de julho de 2023**. Institui o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e o Programa Cozinha Solidária; altera as Leis n.º 12.512, de 14 de outubro de 2011, e 14.133, de 1º de abril de 2021 (Lei de Licitações e Contratos Administrativos); e revoga dispositivos das Leis n.º 11.718, de 20 de junho de 2008, 11.775, de 17 de setembro de 2008, 12.512, de 14 de outubro de 2011, e 14.284, de 29 de dezembro de 2021. Brasília, 20 de julho de 2023. Disponível em: <<https://normas.leg.br/?urn=urn:lex:br:federal:lei:2023-07-20;14628>>. Acesso em: 8 dez. 2024.
- Brasil. Secretaria de Comunicação Social. **Programa de Aquisição de Alimentos (PAA)**. Lei n.º 10.696, de 2 de julho de 2003. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/2003/L10.696.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.696.htm)>. Acesso em: 22 nov. 2024.
- Burigo, A. C.; Porto, M. F. Agenda 2030, saúde e sistemas alimentares em tempos de sindemia: da vulnerabilização à transformação necessária. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, p. 4411-4424, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232021261013482021>.

Castro, I. R. R. A extinção do Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional e a agenda de alimentação e nutrição. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 2, p. e00009919, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00009919>.

Cataneo, J. V.; Cavichioli, F. A. Agricultura de precisão: o uso da agricultura digital no campo. **Revista Interface Tecnológica**, v. 20, n. 1, p. 435-446, 2023. DOI: <https://doi.org/0.31510/infa.v20i1.1575>.

CONSEA - Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Princípios e diretrizes de uma política de segurança alimentar e nutricional**. Brasília: Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - CONSEA, julho de 2004. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/participacao/images/pdfs/conferencias/Seguranca\\_Alimentar\\_II/textos\\_referencia\\_2\\_conferencia\\_seguranca\\_alimentar.pdf](https://www.ipea.gov.br/participacao/images/pdfs/conferencias/Seguranca_Alimentar_II/textos_referencia_2_conferencia_seguranca_alimentar.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 20.

Domene, S. M. A. *et al.* Segurança alimentar: reflexões sobre um problema complexo. **Estudos Avançados**, v. 37, n. 109, p. 181-206, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2023.37109.012>.

FAO. **Tracking progress on food and agriculture-related SDG indicators 2021: A report on the indicators under FAO custodianship**. Rome. 2021. DOI: <<https://doi.org/10.4060/cb6872en>>.

Ferri, M.; Kalsing, R. M. S. Segurança alimentar e nutricional no Brasil: uma análise do panorama atual do país com enfoque nos estudos de Amartya Sen sobre pobreza e fome coletiva. **Revista Contexto Geográfico**, v. 7, n. 15, p. 73-84, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.28998/contegeo.7i15.14624>>.

Garcia, N. R. *et al.* A educação alimentar e nutricional como estratégia de promoção da saúde e melhoria da qualidade de vida. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 4, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.48075/ijerrs.v4i1.26466>.

Gomes Júnior, N. N. Segurança alimentar e nutricional como princípio orientador de políticas públicas no marco das necessidades humanas básicas. 2007. 338 f. **Tese** (Doutorado em Política Social)-Universidade de Brasília, Disponível em: <<http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/3454/1/Tesefinal.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas Geográfico Escolar. 9.<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 1 dez. 2024.

Martinelli, S. S.; Cavalli, S. B. Alimentação saudável e sustentável: uma revisão narrativa sobre desafios e perspectivas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 4251-4262, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-812320182411.30572017>.

Massruhá, S. M. F. S. *et al.* A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. *In*: EMBRAPA. **Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126214/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap1.pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2024.

Mendonça, M. Alimentação saudável e sustentável: uma revisão narrativa sobre o tema. **Revista de Nutrição**, 2019.

Melotti, L. M. D. *et al.* Utilização do Sistema Blockchain e sua Rastreabilidade no Agronegócio. **Cadernos de Prospecção**, v. 16, n. 5, p. 1543-1554, 2023. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v16i5.50864>.

Molin, J. P. *et al.* **Agricultura de precisão**. 1.<sup>a</sup> ed., São Paulo: Oficina de textos, 2015.

Nações Unidas no Brasil. **Dia Mundial da Alimentação: direito aos alimentos para uma vida e um futuro melhores**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/280987-dia-mundial-da-alimenta%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 18 nov. 2024.

Moura, R. T.; Souza, P. A.; Lima, G. F. A segurança está à mesa: segurança e soberania alimentar no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 40, n. 9, p. e00126424, 2024.

Oliveira, A.; Ferreira, B. S. Biotecnologia aliada da agricultura e na produtividade da soja. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT N**, v. 2, 2020. Disponível em: <[http://fait.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/SMli3MfWJotMX7l\\_2021-6-8-16-41-51.pdf](http://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/SMli3MfWJotMX7l_2021-6-8-16-41-51.pdf)>. Acesso em: 08 dz. 2024.

Oliveira, R. L. *et al.* O cooperativismo como elemento de fortalecimento da agricultura urbana e periurbana. **P2P e INOVAÇÃO**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 70-81, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21721/p2p.2022v9n1.p70-81>.

Peixoto, A. T.; Ferreira, R. L. A. O Papel das Políticas Públicas no Desenvolvimento Sustentável da Agricultura Familiar. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 5, n. 3, p. 1-5, 2023. DOI: <https://doi.org/10.48075/ijerrs.v5i3.32402>.

Sen, A. **Poverty and famines: an essay on entitlement and deprivation**. Oxford: University Press, 1982. DOI: <https://doi.org/10.2307/2554131>.

Villafuerte, A. *et al.* Agricultura 4.0: estudo de inovação disruptiva no agronegócio brasileiro. *In: Proceeding of International Symposium on Technological Innovation*. Aracajú, 2018. p. 150-162. DOI: <https://doi.org/10.7198/S2318-3403201800010018>.

Yano, J. F.; Gomes, N. A. A. A.. Sustentabilidade na produção de refeições: uma revisão das evidências científicas. *Hig. aliment*, p. e1044-e1044, 2022. DOI: <https://doi.org/10.37585/HA2022.01sustentabilidade>.

# **SOBRE OS ORGANIZADORES**

## **Julio Onesio Ferreira Melo**

Graduado em Farmácia pela Universidade Federal de Minas Gerais, doutorado em Ciências Químicas (Conceito 7 Capes) pela Universidade Federal de Minas Gerais. Docente no ensino superior desde 2000, trabalhando com as áreas de Fitoquímica, Química Farmacêutica, Farmacognosia e Química Orgânica. Professor e pesquisador Associado IV da Universidade Federal de São João del-Rei. Coordenador dos Programas de Extensão desde 2014 nas áreas de Árvores do Cerrado; Água e Meio Ambiente e de Ensino de Química. Coordenador de Projetos de Pesquisa nas áreas de Estudo de compostos voláteis de frutos por CG/MS; Estudo da composição química e metabólica de plantas e frutos por ESI/MS e Paper Spray/MS; Estudo das alterações metabólicas em plantas de milho e soja na presença de ácaros fitófagos e lagartas, por CG/MS e ESI/MS; Estudo da qualidade das águas. Professor orientador no Programa de Pós Graduação em Ciência de Alimentos (UFMG).

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/3161464227394013>

## **Luisa Del Carmen Barrett Reina**

Graduada em Química Industrial pela Universidade Federal do Pará, Mestrado em Ciências dos Alimentos pela Universidade Federal de Lavras e Doutorado em Ciências: Química pela Universidade Federal de Minas Gerais. Docente no Ensino Superior desde 2000, trabalhando com as áreas de Síntese Orgânica, Química Medicinal, Fitoquímica, Farmacognosia e Química Ambiental. Professora Adjunta III e pesquisadora no *Campus* de Sinop da Universidade Federal de Mato Grosso. Coordenadora de Projetos de Pesquisa nas áreas de Análise de compostos voláteis de frutos por CG-MS e Análise da composição química de frutos por Paper Spray/MS.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/4234850751549678>

## **Ana Paula Coelho Madeira Silva**

Possui graduação em Matemática pela Faculdade de Filosofia e Letras de Diamantina (UEMG) (2001), mestrado (2009) e doutorado (2011) em Estatística e Experimentação Agropecuária pela Universidade Federal de Lavras. Atualmente é professora associada III da Universidade Federal de São João del-Rei - *Campus* Sete Lagoas, sendo responsável, na graduação, pelas disciplinas Cálculo I e Estatística Básica. Atua como colaboradora no programa de pós graduação em Produção Vegetal da UFSJ, ministrando a disciplina de Estatística Experimental. Tem experiência na área de Matemática e Estatística.

**Lattes:** <https://lattes.cnpq.br/3312291143990850>

# ÍNDICE REMISSIVO

## A

**Agricultores:** 51, 96, 97, 121, 122, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 136, 137, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 150, 158, 162, 163

**Agricultura Familiar:** 23, 24, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 69, 121, 122, 123, 129, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 148, 150, 154, 163, 164, 167

**Agricultura Multifuncional:** 17, 18, 20, 23, 24, 29, 32

**Agricultura Sustentável:** 34, 90, 128, 143, 147, 149, 166

**Agricultura Sustentável:** 34, 90, 128, 143, 147, 149, 166

**Alimentos:** 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 62, 63, 67, 77, 93, 94, 95, 96, 97, 128, 133, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 165, 166

## C

**Cadeias Produtivas:** 98, 147, 164, 166

**Cânhamo Industrial:** 90, 92, 99

**Controle de Qualidade:** 8, 9, 13

**Cooperativismo:** 17, 18, 20, 23, 25, 26, 29, 31, 32, 121, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 154, 167

**Cooperativismo Campesino:** 18, 20, 23, 26, 29, 31, 32

## E

**Embrão:** 73, 74, 75, 79, 80

**Eruca Sativa:** 37, 39, 40, 52, 53

**Eutrofização:** 37, 39

## F

**Fome:** 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 128, 143, 147, 148, 150, 151, 152, 159, 160, 162, 166

## I

**Inovação Tecnológica:** 147, 148, 158, 163

**Inspeção:** 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 62

**Inteligência Artificial:** 56, 57, 58, 61, 66, 70, 156, 162, 164

**Interferon-tau:** 73, 74, 79, 85

## M

**Matriz SWOT:** 136, 139, 142, 143

## N

**Near-Infrared:** 102, 114, 115, 116, 117, 118

**Nondestructive Analysis:** 102

## O

**ODS:** 25, 30, 32, 93, 128, 147, 150, 160

**Oreochromis Niloticus:** 37, 38, 52, 53, 54

## P

**Piscicultura:** 37, 38, 39, 42, 50, 51, 52, 53, 54

**Políticas Públicas:** 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 32, 34, 35, 97, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

**Prenhez:** 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88

**Progesterona:** 73, 74, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87

## R

**Robô:** 56, 63

## S

**Spectra:** 102, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 118

**Spectroscopy:** 102, 103, 104, 105, 108, 115, 116, 117, 118, 119

**Sustentabilidade:** 23, 24, 25, 26, 29, 31, 33, 58, 66, 70, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 98, 121, 123, 130, 132, 134, 136, 141, 144, 146, 147, 148, 149, 155, 158, 159, 161, 163, 164, 165, 167

**Sustentabilidade Alimentar:** 90, 161

**Sustentável:** 23, 24, 30, 31, 34, 37, 38, 39, 51, 90, 91, 92, 93, 95, 97, 98, 128, 129, 133, 138, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 154, 155, 156, 162, 163, 166, 167

## T

**Tecnologia da Informação:** 56, 66



científica digital



**VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS**

