



Universidade
Tuiuti do
Paraná



TECNOLOGIA NO CAMPO: ESTRATÉGIAS PARA UMA PRODUÇÃO INOVADORA



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca "Sydney Antonio Rangel Santos"

T255 Tecnologia no campo: estratégias para uma produção
inovadora/ Ana Luísa Palhano (org.). Curitiba: UTP, 2025.
79p.

E-book
Vários autores
ISSN

1. Agropecuária. 2. Eficiência. 3. Inovação. 4. Tecnologia.
5. Segurança alimentar. 6. Sustentabilidade. I. Palhano, Ana
Luísa (org.). II. Título.

CDD - 630

Bibliotecária responsável: Heloisa Jacques da Silva – CRB 9/1212

PREFÁCIO

É com imensa satisfação que celebramos os 10 anos do curso de Agronomia da Universidade Tuiuti do Paraná, um marco significativo para a educação agrícola em nosso Estado. Ao longo desta década, o Agrotuiuti tem se destacado na formação de engenheiros agrônomos altamente capacitados, contribuindo de maneira expressiva para o desenvolvimento sustentável da agricultura paranaense.

A formação de engenheiros agrônomos nas universidades desempenha um papel crucial no avanço do setor agrícola. Esses profissionais são responsáveis por integrar conhecimentos técnicos e científicos às práticas do campo, promovendo inovações que aumentam a produtividade e asseguram a conservação dos recursos naturais. No Paraná, onde a agricultura é um dos pilares da economia, a atuação desses especialistas é essencial para mantermos nossa competitividade e sustentabilidade no mercado nacional e internacional.

O curso de Agronomia da Universidade Tuiuti do Paraná tem sido exemplar ao oferecer uma grade curricular que equilibra teoria e prática, preparando os alunos para os desafios reais do campo. Disciplinas que englobam ciências exatas e biológicas, como Topografia e Geoprocessamento, Nutrição Mineral de Plantas e Avaliação de Impactos Ambientais, garantem uma formação abrangente e alinhada às demandas atuais do agronegócio.

Além disso, a Universidade promove eventos e palestras que enriquecem a formação acadêmica e aproximam os estudantes das inovações do setor. Um exemplo notável é a palestra sobre transgênicos realizada como parte das comemorações dos 10 anos do curso, aprofundando temas relevantes e atuais para a agronomia.

A importância da agronomia para o desenvolvimento do Paraná é inegável. Os engenheiros agrônomos estão presentes em diversas etapas da cadeia produtiva, desde o manejo adequado do solo até a implementação de tecnologias que garantem a sustentabilidade e a eficiência das produções agrícolas. Sua atuação assegura a utilização racional dos recursos naturais, a segurança alimentar e o cumprimento das legislações ambientais, aspectos fundamentais para o crescimento econômico e social do Estado.

Neste contexto, a Universidade Tuiuti do Paraná tem cumprido com excelência sua missão de formar profissionais comprometidos com a evolução do agronegócio. Ao celebrar uma década de existência, o Agrotuiuti reafirma seu compromisso com a qualidade educacional e com o desenvolvimento sustentável da nossa agricultura.

Parabenizo a todos os docentes, colaboradores e, especialmente, aos estudantes e egressos do curso de Agronomia da Universidade Tuiuti do Paraná. Que os próximos anos sejam de

contínuo crescimento e contribuições significativas para o agronegócio paranaense e brasileiro.

Natalino Avance de Souza

Engenheiro Agrônomo

Instituto de Desenvolvimento Rural - atual;

Secretário de Estado da Agricultura e

Abastecimento – 2024/25

Presidente da Associação dos Engenheiros

Agrônomos do Paraná – Curitiba – 2021/25

Dedicamos este livro aos nossos alunos,
que confiaram e acreditaram
sua formação a este curso.
Que toda dedicação de vocês
seja transformada em
sementes de conhecimento,
prontas para germinar em
conquistas e realizações.
Vocês são a razão de cada aula,
de cada pesquisa e de cada
projeto.
Que o futuro profissional de
cada um seja fértil em
oportunidades e que nunca
falte paixão pela nossa
Agronomia, nobre ciência que
alimenta o mundo.

SUMÁRIO

Análise Temporal de Áreas Verdes Utilizando Técnicas de Processamento Digital de Imagens.....	7
Alessandra Dickel Molina	
APPCC – Fundamentos e Aplicação na Segurança de Alimentos	12
Ana Carolina Camargo de Oliveira Aust	
Aditivos Utilizados em Nutrição Animal – tendências e desafios.....	19
Ana Luisa Palhano	
Da tradição ao futuro - contribuições da genética para a agricultura.....	25
Ari Espíndola Junior	
Políticas Públicas e Ações Estratégicas de Apoio a Inovação para Manejo e Conservação de Solo e Água no Estado do Paraná.....	33
Bruna Ramalho	
Biotecnologia Industrial Agrícola.....	38
Jessica Alves Nogaroli	
Do Campo à Indústria: o Papel Estratégico da Biomassa.....	43
Kely Cristina dos Santos	
Tecnologias Emergentes para Conservação de Alimentos.....	49
Paula Mattanna Mastella	
Tecnologias Digitais na Avaliação de Sementes - O Papel da Análise de Imagens.....	56
Sibelle Santanna Caron	
Frutivinocultura: Uma Alternativa Para a Produção Agropecuária.....	62
Cláudio José Araújo da Silva, Marcos Antonio Dolinski e Eliane Aparecida Rogovski Czaja	
Principais Doenças de Frutíferas de Carço de Clima Temperado.....	68
Cláudio José Araújo da Silva, Marcos Antonio Dolinski e Eliane Aparecida Rogovski Czaja	
Imagens do curso de Agronomia	74

Análise Temporal de Áreas Verdes Utilizando Técnicas de Processamento Digital de Imagens

Alessandra Dickel Molina

Introdução

O presente capítulo tem como objetivo descrever a comparação temporal em áreas verdes utilizando as técnicas de processamento digital de imagens por meio de modelos digitais da superfície (MDS) a partir de nuvem de pontos captados por perfilamento a LASER ou *Light Detection and Ranging* (LiDAR). A comparação temporal de áreas verdes utilizando MDS representa uma abordagem robusta para compreender dinâmicas espaciais e ambientais. A comparação temporal de áreas verdes por meio de sistemas ativos LiDAR tem se destacado na agronomia e nas ciências ambientais pela capacidade de gerar modelos tridimensionais precisos da superfície terrestre.

Nesse contexto, o LiDAR permite capturar a estrutura tridimensional da vegetação com alta precisão, possibilitando a identificação de variações na densidade, altura e cobertura ao longo do tempo. As principais técnicas de processamento digital de imagens que foram utilizadas são a de geração de imagens (modelos digitais em formatos raster) por meio de nuvem de pontos, binarização de imagens por meio de limiar e operadores morfológicos.

Assim, este capítulo pretende evidenciar a geração de modelos entre diferentes épocas, tornando viável quantificar processos como expansão ou retração da vegetação, impactos do uso do solo e eficiência de práticas agrícolas ou de reflorestamento.

Desenvolvimento

Com o avanço das tecnologias nas áreas de fotogrametria e sensoriamento remoto, novas técnicas são desenvolvidas para a automatização das tarefas que envolvem essas áreas. Dentre estas técnicas a que vem se destacando pela quantidade de informações é a que utiliza sistemas ativos LIDAR, que se baseiam na emissão e recepção de feixes LASER (Oliveira; Galo, 2017).

Os sistemas LIDAR operam com integração entre o próprio sistema de varredura a LASER, o sistema inercial e o Sistema Global de Navegação por Satélite, sigla em inglês *GNSS*,

com a crescente utilização desses dados as aplicações tendem a crescer também, como por exemplo a implementação de filtros e algoritmos que possam separar em classes a nuvem de pontos gerada por meio do processamento dos dados da varredura e o posicionamento *GNSS*.

Nesse contexto, tem-se a seguir a metodologia desenvolvida para a realização da comparação temporal de áreas verdes que se divide em classificação da nuvem de pontos, geração dos modelos digitais, operadores morfológicos e subtração dos modelos digitais.

A classificação da nuvem de pontos se dividiu em Modelo Digital do Terreno (MDT) e Modelo Digital da Superfície (MDS), enquanto o MDT se refere exclusivamente a classe do terreno, o MDS se refere a totalidade dos demais pontos, podendo ser classificado assim como o MDT. As classes mais comuns de serem classificadas são as edificações, vegetação (dividida em baixa, alta e média), obras de arte (pontes e viadutos), água (que na verdade são coberturas vegetais na maioria das vezes).

Sendo assim, utilizou-se um classificador do software TerraScan acoplado ao software Microstation. O Microstation é um software CAD desenvolvido pela empresa Bentley, e o software TerraScan é mantido pela empresa TerraSolid, sendo assim este funciona como um módulo embarcado no Microstation, que torna possível a manipulação de grandes quantidades de informação.

Para a classificação da nuvem de pontos foi necessário classificar primeiramente o terreno, que de acordo com o Manual da TerraScan (2023), a rotina funciona criando um modelo de superfície triangulada que é sensível a pontos baixos (com pouca diferença de altura entre o que de fato é terreno).

A partir disso, o filtro *low points* foi aplicado e então a seleção do terreno funciona em função do tamanho máxima de edifício, como por exemplo, um edifício de 60m² que a rotina assume que qualquer área de 60m² não pertence ao solo, são feitas iterações em função do exposto, e a nuvem de pontos é classificada. Assim como qualquer outra rotina automática, erros de classificação e filtragem podem acontecer, portanto, sempre se faz necessária a inspeção manual.

Tendo em vista a diversidade de métodos existentes que possibilitam a geração dos Modelos Digitais da Superfície em formatos de imagens, vale ressaltar a importância da escolha de interpoladores que gerem produtos de qualidade e que melhor representem as feições (Miranda *et al.*, 2018). Dentre os métodos existentes destacam-se o interpolador

Inverse Distance Weigth – IDW, que utiliza a combinação de pontos amostrais próximos, o interpolador *Spline* que considera o conjunto de polinômios aplicados ao conjunto de observações, o interpolador Vizinho Natural (*Natural Neighbor*) que funciona de maneira idêntica ao *IDW*, mas altera o cálculo dos pesos, e por fim o interpolador *Triangulated Irregular Network – TIN*, interpolador utilizado nesse trabalho.

O método *TIN* é baseado na geração de triângulos, comumente chamada de triangulação de *Delaunay*, que consiste em um conjunto de triângulos interligados, mas que não são sobrepostos, onde a rede formada é envolta por círculos circunscritos a cada triângulo, e nenhum ponto da rede por estar contida dentro dos triângulos (LI *et al.*, 2005). O principal objetivo é gerar um conjunto ótimo de triângulos conectados para formar a superfície do modelo, possuindo um comportamento linear entre os pontos amostrados (Miranda *et al.*, 2018).

Após a geração dos modelos entre as épocas, se aplicou conceitos da morfologia matemática, que é definida como uma ferramenta que tem como principal objetivo extrair componentes da imagem que são úteis na representação e descrição da forma da região (Gonzalez e Woods, 2002). As principais operações morfológicas básicas considerando imagens binárias, tendo dois conjuntos de pontos A (imagem original) e B (elemento estruturante), temos as operações de dilatação e erosão. De maneira prática, a dilatação e erosão funcionam juntas, sempre uma dilatação seguida de uma erosão ou uma erosão seguida de uma dilatação, essas operações são definidas como abertura “*opening*” e fechamento “*closing*” (Gonzalez e Woods, 2002). Para o presente trabalho utilizou-se a operação de abertura, erosão seguida de dilatação, ou seja, eliminou-se os pixels esparsos na imagem binarizada.

Centeno (2023) explica que o principal objetivo considerando uma imagem que possui dois grandes grupos de pixels (claros e escuros) é encontrar o limiar ótimo para separar estes dois grupos e binarizar a imagem. A separação destes grupos é baseada na análise do histograma da imagem. Considerando a binarização em OPENCV, linguagem que possui grande desempenho para o processamento de imagens e visualização na nuvem, para este trabalho utilizou-se a opção de binarização simples denominada “*THRESH_BINARY*”.

Para utilizar essa função de binarização é necessário possuir uma imagem de entrada, especificar um limiar que deve estar dentro da faixa de valores da imagem que

pode ser avaliado pelo histograma, e ainda o valor dos pixels que superem o limiar (Centeno, 2023).

Dessa forma, a subtração dos modelos foi realizada pelo software QGIS. O software não devolve uma imagem binária, portanto, essas imagens foram binarizadas, sendo as diferenças positivas em azul e as diferenças negativas em vermelho.

Foram considerados filtros de suavização de Abertura (Opening) e Fechamento (Closing), pois ocorrem pixels esparsos uma vez que qualquer “falha” na nuvem de pontos pode gerar estes pixels. Sendo assim, esses filtros fecham esses “buracos” nas imagens. Isto é importante em caso de vetorização dos polígonos das diferenças, uma vez que serão considerados polígonos complexos, forçando a geometria dos polígonos para não complexos, estes polígonos são os resultados da comparação temporal, que são os polígonos indicando as regiões que houve mudanças a respeito da cobertura vegetal.

Considerações Finais

A aplicação de sistemas ativos LiDAR demonstrou elevado potencial para a análise temporal de áreas verdes, uma vez que possibilita a obtenção de informações tridimensionais com elevada densidade e precisão. A metodologia adotada, envolvendo a classificação da nuvem de pontos, a geração de Modelos Digitais do Terreno (MDT) e Modelos Digitais da Superfície (MDS), a aplicação de operadores morfológicos e a subtração dos modelos digitais, mostrou-se consistente para a identificação de alterações espaciais relacionadas à cobertura vegetal.

A utilização de operadores morfológicos e de técnicas de binarização, área consistente do processamento digital de imagens, contribuiu para a redução de ruídos e falhas oriundas da nuvem de pontos, permitindo a obtenção de resultados mais limpos e interpretáveis. As diferenças observadas entre os modelos digitais destacaram áreas de crescimento da vegetação (diferenças positivas) e de supressão ou alteração do uso do solo (diferenças negativas), reforçando a aplicabilidade da metodologia para o monitoramento ambiental e agrícola.

Observa-se, contudo, que a acurácia dos resultados está diretamente vinculada à qualidade da nuvem de pontos, à calibração dos parâmetros de filtragem e classificação, bem como à precisão do sistema de posicionamento GNSS acoplado ao LiDAR.

Conclui-se, portanto, que a comparação temporal de áreas verdes a partir de dados LiDAR constitui uma ferramenta eficaz para a agronomia e para estudos ambientais, viabilizando a detecção de alterações espaciais com precisão e rapidez. Além disso, o método aplicado abre perspectivas para futuras pesquisas voltadas à incorporação de técnicas de visão computacional e aprendizado de máquina, de modo a ampliar a automação e a precisão na detecção de mudanças na cobertura do solo.

Referências Bibliográficas

CENTENO, J. A. S. **Notas de Aula de Processamento Digital de Imagens**. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2023.

FARIA, T. S. **Classificação em Área Urbana Apoiada em Imagens Aéreas e dados LiDAR**. Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, 2017.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing. Second Edition**. Prentice Hall. New Jersey. 2002

MIRANDA, G. H. B. MEDEIROS, N. G. SANTOS, A. P. SANTOS, G. R. **Análise de Qualidade de Amostragem e Interpolação na Geração de MDE**. Revista Brasileira de Cartografia. v.70. nº 1. p. 226-257. Mar, 2018.

OLIVEIRA, R. A. R. GALO, M. **Utilização do Algoritmo K-Médias para a Filtragem e Classificação de Dados LiDAR**. Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de Janeiro, 2017.

TERRASOLID. **TerraScan User Guide**. TeraSolid LDT, 2023.

Alessandra Dickel Molina

Professora do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
alessandra.molina@utp.br

APPCC – Fundamentos e Aplicação na Segurança de Alimentos

Ana Carolina Camargo de Oliveira Aust

Introdução

A produção de alimentos seguros, tanto de origem animal quanto de origem vegetal, é uma demanda crescente da sociedade e um requisito essencial para a saúde pública e o comércio internacional. Nesse contexto, o sistema APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle) ou em inglês *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP), tornou-se a principal ferramenta mundialmente reconhecida para garantir a inocuidade dos alimentos (*Codex Alimentarius*, 2020). Se trata de um sistema de gestão alimentar que se baseia em analisar em detalhes cada etapa do processo produtivo de um alimento, desde a matéria – prima até a venda no varejo, identificando pontos que coloquem em risco a segurança do alimento. Esse processo se dá através da identificação dos perigos (físico, químico, biológico, radiológico e alergênico), estabelecimento de medidas preventivas de controle, avaliação e de monitoramento e determinando os pontos críticos envolvidos em cada etapa produtiva. Para que esse processo ocorra de maneira segura e eficiente é necessário o envolvimento de toda a equipe de trabalho dentro da indústria. Já o plano APPCC são os conjuntos de documentos elaborados de acordo com os princípios do programa que garantam o controle dos perigos significativos na indústria de alimentos (Silva, 2013).

Os objetivos do sistema APPCC são, portanto, oferecer um alimento seguro ao consumidor, através de uma abordagem preventiva com o uso de ferramentas para o controle dos processos, minimizando, controlando e eliminando os perigos, ao contrário dos métodos tradicionais que se baseiam na inspeção final do produto. Essa abordagem preventiva é essencial para reduzir riscos de contaminação, surtos alimentares e perdas econômicas, além de atender às exigências legais de diversos países, contribuindo para a conformidade regulatória e a confiança do consumidor.

Desenvolvimento

O APPCC surgiu na década de 1960, quando a NASA, em parceria com a empresa Pillsbury, buscava desenvolver alimentos absolutamente seguros para missões espaciais (Mortimore e Wallace, 2013). O sistema passou então a ser reconhecido, aceito e utilizado

mundialmente como um sistema de controle de qualidade para alimentos. É apoiado por organismos internacionais como a FAO (*Food and Agriculture Organization*), OMS (Organização Mundial da Saúde) e *Codex Alimentarius*, que definem diretrizes e recomendações para sua implementação (BRCGS, 2022).

O APPCC é definido como um sistema que se constitui em um método preventivo e sistemático que busca identificar, avaliar e controlar perigos capazes de comprometer a inocuidade dos alimentos (*Codex Alimentarius*, 2020). No Brasil, sua adoção é regulamentada por normas como a RDC 275/2002 da ANVISA e instruções normativas do MAPA, especialmente para indústrias de produtos de origem animal. Entretanto sua aplicação é amplamente reconhecida também na produção primária, tornando-se ferramenta essencial para profissionais da agronomia com o objetivo de atender as Boas Práticas Agrícolas (BPA). O agrônomo desempenha papel fundamental na garantia da qualidade e segurança de alimentos desde a etapa de campo até a agroindústria. Nesse contexto, o APPCC permite a identificação de riscos biológicos, químicos, físicos, radiológicos e alergênicos que podem ocorrer ao longo da cadeia produtiva, promovendo intervenções eficazes para sua prevenção e controle (FAO, 2003; ANVISA, 2004; Awuchi *et al.*, 2023). Na produção agrícola, a aplicação do APPCC envolve práticas como o uso correto de insumos, o manejo integrado de pragas e doenças, o monitoramento da irrigação e a adoção de procedimentos adequados de colheita, com vistas a reduzir a contaminação microbiológica ou química dos produtos. No armazenamento e transporte, o sistema auxilia no controle de variáveis como umidade, temperatura e higiene de silos e armazéns, garantindo que os alimentos cheguem em condições seguras ao consumidor (Silva JR., 2013; CERQUEIRA SASAKI *et al.*, 2024).

No âmbito da agroindústria, a atuação do agrônomo em equipes multidisciplinares permite a definição de pontos críticos de controle em processos como beneficiamento de grãos, processamento de frutas e hortaliças, produção de laticínios e carnes. Além disso, o APPCC reforça a rastreabilidade, favorecendo a transparência das operações e agregando valor ao alimento por meio da certificação e conformidade com exigências de mercado nacional e internacional, permite ainda reduzir as perdas que ainda são um grande desafio para a indústria de produtos primários (FRANCO e LANDGRAF, 2008; GFI BRASIL *et al.*, 2024). Dessa forma, o conhecimento e a aplicação dos princípios do APPCC na agronomia não apenas ampliam as possibilidades de atuação profissional em empresas agrícolas, cooperativas, agroindústrias e consultorias, como também reforçam o compromisso ético do agrônomo

com a saúde pública, a sustentabilidade da produção e a competitividade do setor agroalimentar além de abertura de novos mercados para os produtos brasileiros (EMBRAPA, 2004).

Para a implementação de um programa de APPCC efetivo e eficiente é necessário atender a algumas etapas essenciais para o bom funcionamento do sistema. Para tanto o responsável pelo projeto deverá garantir que programas de pré-requisitos estejam previamente implementados na indústria. Programas de controle de qualidade como Boas Práticas de Fabricação (BPF), Padronização de Procedimento Operacional (POP), e Padronização de Procedimento e Higiene Operacional (PPHO) são a base para a criação de um sistema APPCC eficiente (FRANCO; LANDGRAF, 2018). Garantindo o estabelecimento dos programas de pré-requisito, é necessário seguir uma sequência de etapas para a implantação do sistema que são recomendadas pelo *Codex*. O sistema conta com cinco etapas preliminares e sete princípios. As cinco etapas preliminares envolvem a formação de uma equipe de gestão comprometida com o processo, garantindo um gerenciamento eficaz de segurança, legalidade e qualidade dos produtos. Dessa forma se faz necessária a criação de um organograma que apresente a estrutura de gerenciamento do programa, aponte responsabilidades e garanta que todos os envolvidos no processo estão cientes de suas funções dentro da organização (equipe multidisciplinar). Nesse processo é necessário o envolvimento da alta gestão, com comprometimento e suporte ao longo do das etapas, disponibilizando recursos e investimento em capacitação e treinamento. A equipe tem a função de realizar análise dos perigos, identificar os perigos que precisam ser controlados, recomendar medidas de controle e definir os limites críticos, monitorar, verificar e estabelecer ações corretivas, descrever as matérias-primas, embalagens e produtos acabados, descrever as etapas do processo criando o diagrama de fluxo e validar o plano APPCC (SILVA, 2021).

A segunda etapa consiste na descrição do produto e envolve a descrição da composição, suas características, físicas, químicas e biológicas que estejam relacionadas com a segurança do alimento. É essencial descrever toda e qualquer característica inerente ao produto. Deverá ser descrita a data de validade, condições de armazenamento embalagem e todos os dizeres de rotulagem previstos na legislação vigente. A descrição do uso pretendido e não pretendido precisam ser descritas. Essa descrição envolve a forma como o consumidor deve utilizar aquele alimento, mas também descrever formas de uso que não estavam

previstas, como reutilização de embalagens ou congelamento de produtos que não deveriam ser congelados. Descrever o público-alvo para aquele produto, incluindo os vulneráveis (crianças, idosos e indivíduos que possuem alergias alimentares). Na sequência deverá ser criado um diagrama de fluxo com todas as etapas de produção, desde o recebimento da matéria-prima até a expedição, esse diagrama deverá ser específico para cada produto produzido na indústria, exceto se os processos forem similares. O diagrama deverá ser claro, preciso e suficientemente detalhado de maneira a permitir a condução da análise de risco. Após a implantação o fluxo deverá ser confirmado in loco para verificar se todos os processos foram descritos detalhadamente (Figura 1).

Figura 1: Desenho esquemático demonstrando as etapas preliminares do plano APPCC



Já os 7 Princípios do APPCC (Figura 2) envolvem a análise de perigos que visa identificar perigos significativos e onde esses perigos são prováveis de acontecer em cada etapa considerando medidas para preveni-los, controlá-los, eliminá-los ou reduzi-los a níveis aceitáveis. Para identificar os potenciais perigos é necessário entender o processo, consultar a legislação vigente, verificar histórico da empresa, realizar análises nos produtos e até na literatura científica. Os perigos devem ser analisados nos insumos e materiais de embalagens e nas superfícies de equipamentos que entram em contato com o alimento. Desse modo se avalia o risco (probabilidade de ocorrência do perigo) e a severidade (grau de gravidade para a saúde do consumidor).

Figura 2- Modelo esquemático dos 7 Princípios do APPCC



A etapa de determinação dos pontos críticos de controle (PCC's) prevê a identificação do perigo a partir de uma ferramenta denominada de árvore decisória na qual uma representação gráfica permite criar um caminho lógico de raciocínio (Figura 3). Através de uma série de perguntas elaboradas dentro da realidade de cada empresa, é possível determinar se a etapa do processo deve ser considerada como um ponto crítico de controle ou não.

Figura 3- Modelo simplificado de árvore decisória



O limite crítico serve para estabelecer parâmetros mensuráveis que definem se o PCC está sob controle (ex.: tempo, temperatura, pH). Serve para separar a aceitação da rejeição de um produto. Já o monitoramento dos PCC's é uma sequência planejada de observações ou medições para verificar se o processo está sob controle e produzir um registro que possa ser futuramente utilizado na verificação. Quando o monitoramento identificar que houve um desvio de um limite crítico, medidas de ações corretivas deverão ser tomadas. Já a verificação confirma se o sistema APPCC funciona de maneira eficaz. Por fim deve-se manter o registro e documentação através de relatórios e evidências do funcionamento do sistema.

Considerações Finais

O APPCC é um sistema preventivo, sistemático e científico que garante a inocuidade dos alimentos, complementando as Boas Práticas de Fabricação. Para os estudantes e futuros profissionais de Agronomia, compreender sua lógica e aplicação prática é essencial para atuar em toda a cadeia agroindustrial, do campo à mesa do consumidor.

Referências Bibliográficas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2004). Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação. Diário Oficial da União, Brasília.

AWUCHI, C. G. et al. (2023). HACCP, quality, and food safety management in food and agricultural systems. *Cogent Food & Agriculture*, v. 9, n. 1, p. 2176280. DOI: 10.1080/23311932.2023.2176280.

BRCGS (2022). **Global Standard Food Safety Issue 9**. ISBN: 978-1-78490-465-4

CERQUEIRA SASAKI, F. F. et al. (2024). Análise multirresíduos de pesticidas para determinar a influência do manuseio pós-colheita sobre os níveis de resíduos em mamão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 59, e03035. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2024.v59.

CODEX ALIMENTARIUS. (2020). Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System and Guidelines for its Application. FAO/WHO.

EMBRAPA (2004). **Manual de Boas Práticas Agrícolas e Sistema APPCC**. Brasília: Embrapa, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/111882/manual-de-boas-praticas-agricolas-e-sistema-appcc>>. Acesso em: 14 set. 2025.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003). Assuring Food Safety and Quality: Guidelines for Strengthening National Food Control Systems. Rome: FAO/WHO.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. (2018). **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu.

GFI BRASIL; ITAL; LINER CONSULTORIA. (2024). Desenvolvimento e aplicação do plano APPCC em alimentos de origem vegetal semelhantes a produtos cárneos. Relatório técnico. São Paulo: The Good Food Institute Brasil. Disponível em: <<https://gfi.org.br/en/resources/relatorio-tecnico-food-safety-plant-based/>>. Acesso em: 14 set. 2025.

MORTIMORE, S.; WALLACE, C. HACCP: **A Practical Approach**. 3. ed. Springer, 2013.

SILVA JR., E. A. (2013). **Manual de Boas Práticas de Fabricação: APPCC**. São Paulo: Varela.

SILVA, E. N. (2021). **Higiene e Segurança dos Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Varela

Ana Carolina Camargo de Oliveira Aust

Professora do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR –
ana.aust@utp.br

Aditivos Utilizados em Nutrição Animal – tendências e desafios

**Ana Luisa Palhano
Brian Thiago Defert
Rodrigo Camargo de Castro**

Introdução

A moderna nutrição animal estabeleceu-se com bases no melhoramento genético, no manejo correto dos animais, na utilização de ingredientes de elevada qualidade e, cada vez mais, na inclusão de aditivos, os quais, em diferentes aspectos, promovem impacto positivo sobre o desempenho animal, sobre a qualidade e segurança alimentar dos produtos gerados e, sobremaneira, na redução dos impactos ambientais dos sistemas de produção.

Os aditivos podem ser classificados em tecnológicos, sensoriais, nutricionais e zootécnicos, em função de seus efeitos sobre o desempenho dos animais e do processo de fabricação de rações, de maneira que a inclusão segura dessas substâncias deve basear-se sempre em resultados científicos, resposta esperada a campo e relação custo-benefício da entrada do aditivo na dieta dos animais.

O Brasil, *player* importante no mercado internacional de proteína animal, tem sido desafiado a permanentemente atualizar-se e ajustar-se às inovações e regulamentações do Ministério da Agricultura (MAPA).

Importante destacar que, como ator relevante no mercado internacional de proteína animal, o Brasil atua em bases rigorosas com relação à sanidade animal e aos padrões de controle de qualidade nos processos produtivos garantindo, tanto ao mercado externo como interno, segurança quanto à qualidade dos produtos gerados.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os aditivos que são, atualmente, mais utilizados em alimentação animal.

Desenvolvimento

Os aditivos têm sido utilizados há muito tempo em alimentação de animais de produção, tendo passado por diferentes propostas ao longo do tempo, em função do avanço tecnológico e das demandas do mercado consumidor.

A utilização de aditivos na alimentação animal visa, entre outras ações, capacitar o organismo dos animais a lidar com o estresse de transporte e confinamento e condições climáticas

limitantes. Além disso, os aditivos também são considerados importantes para garantir o padrão dos lotes (tamanho e peso), que atendem aos parâmetros da linha industrial dos frigoríficos (Zani, 2025).

Em termos gerais, a alimentação dos animais representa cerca de 70% dos custos de produção sendo, assim, primordial que se eleve a eficiência alimentar dos animais. Esse objetivo pode ser atingido por meio do melhoramento genético; pelo manejo e sanidade dos animais e, principalmente por ações que melhorem a digestibilidade e o aproveitamento dos nutrientes em geral. Neste último aspecto, encontra-se a utilização de aditivos alimentares.

Destaca-se que a regulamentação do uso de aditivos na alimentação animal é dada pelas instruções normativas IN 44/ (Brasil, 2015) e IN03/2021 (Brasil, 2021), com revisões e atualizações periódicas.

Conforme relatam Danieli e Schogor (2020), o MAPA define aditivo como substância, micro-organismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios ou atenda às necessidades nutricionais. Segundo as autoras, pela legislação brasileira, para que um aditivo alimentar ou coadjuvante de tecnologia possa ser aprovado para comercialização, são requeridas referências que reconheçam ou comprovem seu efeito benéfico. Os aditivos não podem ser colocados no mercado ao menos que tenha sido concedida autorização na sequência de uma avaliação científica que demonstre que o aditivo não tem efeitos nocivos na saúde humana e animal e no ambiente.

A partir das citadas instruções normativas, os anticoccidianos, inicialmente classificados como aditivos, foram retirados dessa classificação, permanecendo como aditivos as substâncias com ação tecnológica, sensorial, nutricional e zootécnica.

Dessa forma, podem ser citadas as seguintes substâncias, dentro dos quatro tipos acima.

Como aditivos tecnológicos incluem-se os silicatos, evitando o empedramento das rações causado pelo excesso de umidade; antioxidantes, protegendo vitaminas, aminoácidos e lipídios da peroxidação e, adsorventes de micotoxinas, protegendo os animais os efeitos danosos dessas substâncias (Alshannaq e Yu, 2017), entre outros. Assim, este grupo tem ênfase principal na qualidade do processo de produção de rações.

Já os aditivos sensoriais, como o nome indica, tem como objetivo aumentar a aceitabilidade e o consumo das rações. Esses produtos, aromatizantes, palatilizantes ou pigmentantes, têm sido utilizados preferencialmente na alimentação de suínos, cães e gatos. Em ruminantes, dietas de pré-parto, com elevada inclusão de minerais acidificantes, visando reduzir a ocorrência de hipocalcemia pós-parto, têm apresentado redução de consumo por parte dos animais (Santos, 2006), o que pode sugerir a utilização desses aditivos.

Com relação aos aditivos nutricionais, também como o nome indica, a inclusão deles visa melhorar o balanceamento das dietas e, dessa forma, fornecer nutrientes para melhoria da produtividade dos animais. Nesse grupo, incluem-se vitaminas e provitaminas, aminoácidos e, no caso de ruminantes, eles podem ser classificados em ionóforos (monensina e lasalocida), não ionóforos (virginiamicina) e naturais (bicarbonato de sódio, ureia), de acordo com suas funções na dieta. Entre os principais efeitos desses compostos, destacam-se a ação antioxidante, antifúngica e tamponante, bem como a influência sobre a pigmentação, palatabilidade e a modulação da microbiota ruminal (Batista *et al.*, 2025).

Como aditivos zootécnicos, o MAPA (2020) os classifica como toda substância utilizada para influir positivamente na melhoria do desempenho dos animais, de maneira que esse grupo ainda é subdividido em a) digestivos, melhorando o aproveitamento dos nutrientes, como, por exemplo, as enzimas; b) equilibradores da flora: microrganismos que formam colônias ou outras substâncias definidas quimicamente, que têm um efeito positivo sobre a flora do trato digestório como, por exemplo probióticos, prebióticos e acidificantes e c) Melhoradores de desempenho: substâncias definidas quimicamente que melhoram os parâmetros de produtividade, excluindo-se os antimicrobianos e anticoccidianos, que passaram a registrados como produtos veterinários e d) Outros aditivos zootécnicos.

Importante destacar que, até a década de 90, um número significativo de antibióticos era utilizado como aditivos promotores de crescimento e, portanto, classificados como zootécnicos, na produção de aves de corte, dado que reduziam a competição por nutrientes no intestino dos animais (Andreotti e Nicodemo, 2004). Mas, após longo tempo de uso dessas substâncias, seu uso passou ser questionado como fatores de risco à saúde animal e humana (Nunes, 2008) pela Organização Mundial de Saúde (Departamento de Doenças Emergentes e Outras Doenças Notificáveis) e pelos consumidores, sendo banidas pela Comunidade Europeia em 2006.

No caso dos equilibradores de flora, inicialmente, verificam-se os probióticos, os quais são cepas de microrganismos vivos (viáveis), que agem como auxiliares na recomposição da microbiota do trato digestório dos animais. Já os prebióticos, eles são constituídos por ingredientes que são fermentados pela microbiota do trato digestório dos animais, contribuindo para o seu equilíbrio. Por fim, os ácidos orgânicos ou inorgânicos reduzem o pH do trato digestório superior, com o objetivo de facilitar a digestão e contribuir para o equilíbrio da microbiota do trato digestório.

No tocante às enzimas digestivas, esses aditivos produzidos pela via biotecnológica são amplamente utilizados melhorando o aproveitamento dos nutrientes, sendo xilanase, celulase, proteases e fitase (Krabbe, 2012) as mais utilizadas nas rações.

No tocante à enzima fitase, sua inclusão justifica-se pela baixa disponibilidade do fósforo e outros minerais na forma de ácido fítico, forma encontrada nos vegetais e que pode ser caracterizada como fator antinutricional, dado que aves e suínos apresentam baixa atividade da fitase endógena (Ludke *et al.*, 2000), levando a elevadas quantidades de fósforo e nitrogênio eliminadas ao ambiente.

Por fim, entende-se que a inclusão de aditivos é parte relevante nos aspectos de sustentabilidade e eficiência dos sistemas de produção, desde que seu uso seja baseado em pesquisas científicas e boas práticas de manejo dos animais.

Considerações Finais

A produção animal brasileira e mundial, com índices técnicos sempre crescentes, resultado de pesquisas realizadas em instituições de pesquisa e programas de pós-graduação, depara-se, cada vez mais, com as demandas de uma sociedade cada vez mais engajada com o consumo consciente, com a melhoria do bem-estar dos animais e com a preservação do meio ambiente.

Assim, a utilização de aditivos modernos na alimentação animal, somado às modernas técnicas de manejo e sanidade, é parte relevante no atendimento dessas demandas, dado o destacado aumento observado na eficiência dos animais, aspecto que, por si, culmina na melhoria da qualidade dos produtos gerados e na redução do impacto ambiental desses sistemas de produção.

Referências Bibliográficas

ALSHANNAQ, A.; YU, J. H. Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, p. 1-20, 2017.

BATISTA *et al.* Utilização de aditivos nutricionais na alimentação de bovinos de corte. **Scientific Electronic Archives**, v. 18, p. 1-12, set./out. 2025

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 44, de 15 de dezembro de 2015. Alteração da Instrução Normativa nº 13, de 2004 e Instruções Normativas nº 15 e 30 de 2009 e nº 29 de 2010. **Diário Oficial da União**. 17 Dez 2015. Sec.1, p.7.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 03, de 25 de janeiro de 2021. **Diário Oficial da União**. 27 Jan 2021. Edição 18. Seç.1, p.10.

DANIELI, B.; SCHOGOR, A. L. B. Uso de aditivos na nutrição de ruminantes: revisão. *Veterinária e Zootecnia*, v. 27, p. 1-13, 2020. Ludke, M.M.M.; Lopez, J.; Brum, P.A.R.; Ludki, J.V. Influência da Fitase na Utilização de Nutrientes em Dietas Compostas por Milho e Farelo de Soja para Suínos em Crescimento. **Rev. bras. zootec.**, 29(5):1402-1413, 2000

KRABBE, E. L. Perspectivas quanto ao desenvolvimento de enzimas para uso na nutrição de aves. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – AVESUI**, 11., 2012, São Paulo, SP. Anais... Florianópolis: Gessulli, 2012

NUNES, A. D. Influência do uso de aditivos alternativos antimicrobianos sobre o desempenho, morfologia intestinal e imunidade de frangos de corte. 2008. 111 f. **Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)** – Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, 2008

SANTOS, J. E. P. Distúrbios metabólicos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 583.

ZANI, A. Aves/Suínos: agricultura proíbe uso de dois antibióticos em rações. **Sindirações**, 24 maio 2012. <https://sindiracoes.org.br/avessuinos-agricultura-proibe-uso-de-dois-antibioticos-em-racoes/>. Acesso em: 5 set. 2025.

Ana Luisa Palhano

Professora do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
ana.silva40@utp.br

Brian Thiago Defert

Acadêmico do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
brian.defert@utp.edu.br

Rodrigo Camargo de Castro

Acadêmico do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
rodrigo.castro@utp.edu.br

Da Tradição Ao Futuro: Contribuições Da Genética Para A Agricultura

Ari Espindola Junior

Introdução

Há cerca de dez mil anos, quando nossos ancestrais começaram a selecionar as melhores sementes para o plantio seguinte (Mazoyer, 2010; Alves *et al.*, 2020), iniciaram uma jornada extraordinária que conecta o passado ao futuro da humanidade. Essa prática ancestral, aparentemente simples, plantou as sementes de uma revolução científica que hoje floresce em laboratórios ao redor do mundo, onde a precisão molecular encontra a sabedoria milenar. Era o uso da essência intuitiva da genética antes mesmo do termo ser inventado, através de cruzamentos e seleção artificial combinados para um propósito maior.

A genética na agronomia representa uma ponte entre tradição e inovação, onde o conhecimento dos guardiões de sementes crioulas dialoga com as mais avançadas tecnologias de edição gênica. Das leis de Mendel às ferramentas CRISPR/Cas9, cada descoberta amplia nossas possibilidades de escolhas para alimentar a população global de forma sustentável e inteligente.

Hoje, testemunhamos inovações surpreendentes: plantas de arroz que produzem betacaroteno para combater a cegueira infantil e avitaminose (Swamy *et al.*, 2021), variedades de milho mais resistentes à seca prolongada (Paterniani *et al.*, 2019), e cultivos que estabelecem parcerias simbióticas com microrganismos benéficos, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos (Abd-Alla; Al-Amri; El-Enany, 2023). Essas conquistas não são apenas triunfos científicos, mas promessas de esperança para solucionar os desafios que se apresentam diante dos profissionais do cultivo.

Neste sentido, a genética moderna não substitui a tradição; ela a potencializa. Bancos de germoplasma preservam tesouros genéticos ancestrais (Pádua; Albuquerque; Melo, 2020), enquanto algoritmos de inteligência artificial aceleram o desenvolvimento de variedades que tentam combinar tanto a produtividade quanto a sustentabilidade ambiental. Mas, seria esta a era dourada da genética agrícola? Pode cada gene ser editado com precisão, cada cruzamento ser cuidadosamente planejado ou cada semente ancestral preservada para escrever o futuro da agricultura? Talvez sim, mas certamente a mão que conduz os rumos das

inovações é o elemento mais importante e insubstituível: o fator humano. Este é o elo entre o tradicional e o futuro, no qual o agrônomo destaca-se como protagonista, fundamentado nos pilares da inovação, ética e responsabilidade socioambiental.

Desenvolvimento

A aplicação da genética na agricultura tem suas raízes nos trabalhos fundamentais de Gregor Mendel, cujas descobertas sobre hereditariedade estabeleceram os princípios básicos que norteiam o melhoramento vegetal até os dias atuais. Segundo Machado (2014), a redescoberta dos trabalhos mendelianos no início do século XX (independentemente, pelos botânicos/geneticistas europeus - Hugo de Vries na Holanda, Carl Correns na Alemanha e Erich von Tschermak na Áustria), associada a teoria evolutiva de Darwin, marcou o começo da era científica e do melhoramento genético, permitindo o desenvolvimento sistemático de variedades com características superiores.

Um dos pioneiros na aplicação da genética ao melhoramento vegetal foi Nikolai Vavilov (1887-1943), botânico e geneticista russo que estabeleceu os fundamentos científicos da coleta, conservação e utilização de recursos genéticos vegetais. Vavilov organizou expedições científicas por todo o mundo, coletando milhares de variedades de plantas cultivadas e identificando os centros de origem e diversidade das principais culturas agrícolas (Solberg *et al.*, 2023). Seus trabalhos estabeleceram a base teórica para a conservação da diversidade genética e sua utilização no melhoramento de plantas.

Durante este período, foram desenvolvidas as primeiras variedades híbridas comerciais, começando com o milho nos Estados Unidos. O conceito de vigor híbrido ou heterose, observado quando se cruzam linhagens endogâmicas geneticamente distintas, revolucionou a produção de milho e posteriormente foi aplicado a outras culturas. O desenvolvimento de híbridos de milho resultou em aumentos surpreendentes na produtividade (Xiao *et al.*, 2021), estabelecendo um modelo que seria posteriormente aplicado a outras espécies.

Mais adiante, entre as décadas de 1940 e 1970, período caracterizado pela revolução verde, intensificou-se o impacto transformador da genética na agricultura. Segundo Mazoyer (2010), a Revolução Verde nos países em desenvolvimento se expandiu de forma significativa. Esse processo consistiu na introdução de variedades agrícolas de alto rendimento, como arroz, milho, trigo e soja, associada ao uso intensivo de fertilizantes, defensivos químicos e

técnicas de irrigação. Sua adoção ocorreu principalmente em áreas com condições favoráveis e entre agricultores que tinham recursos para investir nesses insumos e tecnologias. Contudo, a revolução verde não foi uniforme e resultou também em consequências socioambientais negativas, como destacado por Dutra e Souza (2017), ao analisar a adoção da mesma lógica de desenvolvimento para o Cerrado brasileiro.

As novidades biotecnológicas atuais representam uma evolução natural dos métodos tradicionais de melhoramento, oferecendo precisão e velocidade sem precedentes. A transformação genética e inserção de genes permite a introdução de características específicas que seriam quase impossíveis de obter através de cruzamentos convencionais, expandindo significativamente as possibilidades de melhoramento (Naves *et al.*, 2024).

Neste cenário, o sistema CRISPR/Cas9 emerge como uma das ferramentas mais promissoras da engenharia genética moderna, permitindo edições precisas no genoma vegetal. Esta tecnologia oferece vantagens significativas sobre métodos anteriores, incluindo maior especificidade, menor custo e tempo de desenvolvimento reduzido. As aplicações do CRISPR abrangem desde o aumento de produtividade até o desenvolvimento de resistência a estresses bióticos e abióticos (Poletti, 2021).

O sucesso da engenharia genética na agricultura teve marcos anteriores, como por exemplo na década de 1990, com a tecnologia *Bt*, baseada na expressão de proteínas inseticidas da bactéria *Bacillus thuringiensis* em plantas transgênicas. Esta abordagem teve resultado em reduções significativas no uso de inseticidas químicos em alguns cultivos (Naranjo, 2011), contribuindo para a sustentabilidade ambiental e diminuição de custos de produção. A cultura de tecidos vegetais (micropropagação) complementa estas tecnologias, facilitando a multiplicação rápida de plantas com características desejáveis em escala comercial.

A genética moderna também oferece ferramentas poderosas para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e condições adversas do clima (Borém; Miranda; Fritsche-Neto, 2021). O desenvolvimento de variedades tolerantes à seca, ao calor, à salinidade e a outros estresses abióticos torna-se cada vez mais crucial à medida que os padrões climáticos se tornam mais extremos e imprevisíveis. Simultaneamente, a necessidade de reduzir o uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos impulsiona o desenvolvimento de variedades resistentes a pragas e doenças e mais eficientes na utilização de nutrientes.

Apesar dos avanços significativos proporcionados pela engenharia genética, resultando em OGMs /transgênicos variados, seu uso na agricultura pode apresentar riscos e desafios que devem ser cuidadosamente avaliados (Colli, 2011). Entre as principais ressalvas geralmente propostas, estão os potenciais impactos à saúde humana, incluindo reações alérgicas, toxicidade inesperada e alterações nutricionais indesejadas em alimentos transgênicos. No âmbito ambiental, a disseminação de genes transgênicos pode levar à contaminação genética de culturas tradicionais, à redução da biodiversidade e a efeitos adversos sobre organismos não-alvo. Também se discute a adoção de sementes patenteadas e o aumento da dependência tecnológica de grandes corporações, reduzindo a autonomia de pequenos agricultores e elevando os custos de produção. Além disso, a falta de informações claras e rotulagem adequada dificulta o acesso dos consumidores a dados sobre os produtos que consomem (Colli, 2011; Wei e Stewart Jr, 2023).

Entretanto, convém destacar que o papel da genética na segurança alimentar estende-se além do simples aumento da produtividade ou resistência das plantas. A diversidade genética das culturas agrícolas constitui um patrimônio inestimável para a humanidade, representando a matéria-prima essencial para o desenvolvimento de variedades adaptadas a diferentes condições ambientais e resistentes a pragas, doenças e estresses abióticos. A erosão genética, caracterizada pela perda de variedades tradicionais e espécies selvagens relacionadas às culturas, representa uma ameaça significativa à sustentabilidade dos sistemas agrícolas e à capacidade de resposta da agricultura aos desafios futuros (Khoury *et al.*, 2022).

Neste contexto, a conservação da variabilidade genética emerge como uma prioridade estratégica, envolvendo tanto a preservação *ex situ* em bancos de germoplasma (Pádua; Albuquerque; Melo, 2020) quanto a conservação *in situ* em seus habitats naturais e sistemas agrícolas tradicionais. Os povos originários, comunidades tradicionais e agricultores familiares desempenham um papel fundamental neste processo, mantendo e desenvolvendo variedades crioulas que representam séculos de seleção e adaptação local. Estas variedades locais possuem características únicas de adaptação a condições específicas de cultivo e apresentam grande variabilidade genética, constituindo fonte valiosa de genes para resistência a pragas, doenças e estresses ambientais (Lima *et al.*, 2022).

Pensar na integração entre conhecimentos tradicionais e tecnologias modernas representa uma abordagem promissora para o desenvolvimento de sistemas agrícolas mais sustentáveis e resilientes. A valorização do conhecimento tradicional associado às variedades

crioulas, combinada com as ferramentas da genética molecular, pode resultar em soluções inovadoras que conciliem produtividade, sustentabilidade e conservação da biodiversidade.

A integração entre melhoramento genético e agroecologia busca desenvolver variedades que sejam não apenas produtivas, mas também adaptadas a sistemas de baixo uso de insumos externos. O melhoramento genético participativo (MGP) emerge como alternativa promissora aos métodos convencionais, integrando conhecimentos científicos e tradicionais no desenvolvimento de variedades adaptadas a sistemas agroecológicos (Ferreira, 2023). Esta abordagem reconhece a importância do envolvimento direto dos agricultores no processo de seleção, valorizando suas necessidades específicas e conhecimentos locais (Ceccarelli e Grandó, 2022).

Segundo Ferreira, (2023) o MGP envolve a participação ativa de agricultores, comunidades locais e outros atores no processo de melhoramento de plantas. Estes são encorajados a participar ativamente da seleção, plantio, avaliação e multiplicação de sementes, escolhendo e adaptando variedades de plantas de acordo com suas necessidades e condições locais, considerando características como produtividade, resistência a doenças e pragas, tolerância a condições climáticas adversas e qualidade nutricional. Essa abordagem colaborativa fortalece o conhecimento local e promove a conservação da diversidade genética das plantas cultivadas, tornando os agricultores cocriadores de variedades adaptadas às suas condições específicas, contribuindo para a autonomia e a resiliência dos sistemas agrícolas, além de reduzir a dependência de grandes empresas de biotecnologia e suas patentes.

Assim, a aplicação responsável dessas tecnologias pelos agrônomos e profissionais relacionados deve ser considerada um componente essencial para a sustentabilidade da agricultura moderna, revelando o real protagonismo destes trabalhadores, que precisam aliar o compromisso com a ética à inovação, nesta trajetória rumo ao futuro. Isso significa assumir essas responsabilidades e empreender, consciente do seu enorme potencial para gerar avanços e resultados expressivos na superação dos desafios que se apresentam no cenário agronômico.

Considerações Finais

As perspectivas futuras da genética aplicada à agronomia são caracterizadas por um cenário de inovação tecnológica acelerada, no qual novas ferramentas e abordagens

prometem revolucionar ainda mais profundamente os processos de melhoramento vegetal e produção agrícola. O desenvolvimento de tecnologias de edição gênica de precisão, a integração de big data e inteligência artificial, e a convergência de diferentes disciplinas científicas estão criando oportunidades sem precedentes para enfrentar os desafios complexos da agricultura do século XXI.

Desse modo genética consolida-se como pilar fundamental da agronomia moderna, demonstrando evolução contínua desde os princípios mendelianos até as tecnologias de edição gênica. O que se evidencia é a integração entre inovação biotecnológica e conservação da biodiversidade, que representa estratégia essencial para enfrentar os desafios contemporâneos da agricultura. As tecnologias CRISPR/Cas9, o melhoramento genético participativo e a preservação de sementes crioulas emergem como ferramentas complementares para construir sistemas produtivos sustentáveis. Estudos futuros devem focar tanto na democratização do acesso às tecnologias genéticas quanto no desenvolvimento de variedades que respondam aos desafios atuais. Inovar, neste sentido, representa considerar o agrônomo um profissional atento à leitura do contexto atual, conhecendo suas origens ao mesmo tempo em que adota uma postura ética, responsável e corajosa rumo ao futuro.

Referências Bibliográficas

ABD-ALLA, M. H.; AL-AMRI, S. M.; EL-ENANY, A. E. Enhancing *Rhizobium-legume* symbiosis and reducing nitrogen fertilizer use are potential options for mitigating climate change. **Agriculture**, v. 13, n. 11, p. 2-26, 2023.

ALVES, R. B.; REZENDE, V. T.; ROJAS, D. A. et al. Uma breve história da origem da agropecuária no mundo sob o ponto de vista do GEHÆ. In: **Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal**. Tradução. Pirassununga: 5D Editora, p. 328-353, 2020.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. (Orgs.). **Melhoramento de plantas**. 8. ed. Campinas: Oficina de Textos, 2021. 384 p.

CECCARELLI, S.; GRANDO, S. Return to agrobiodiversity: participatory plant breeding. **Diversity**, Basel, v. 14, n. 126, p.1-9, 2022.

COLLI, W. Organismos transgênicos no Brasil: regular ou desregular? **Revista USP**, São Paulo, v. 91, n. 2, p. 45-56, 2011.

DUTRA, R. M. S.; SOUZA, M. M. O. Cerrado, revolução verde e evolução do consumo de agrotóxicos. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 29, n. 3, p. 469–484, 2017.

FERREIRA, D. S. **Melhoramento genético e sustentabilidade: uma revisão**. 2023. 38 f. Monografia (Especialização em Educação Ambiental e Sustentabilidade) – Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Ibatiba, Ibatiba. 2023.

KHOURY, C. K.; BRUSH, S.; COSTICH, D. E. et al. Crop genetic erosion: understanding and responding to loss of crop diversity. **New Phytologist**, v. 233, n. 1, p. 84-102, 2022.

LIMA, E. M. S.; DESSOTTI, G. V.; MENDONÇA, H. A. et al. Sementes Crioulas: importância e aspectos gerais de produção. **Cadernos de Agroecologia**, Anais do 2º Congresso Online Internacional de Sementes Crioulas e Agrobiodiversidade, Dourados/MS., v. 17, n. 2, 2022.

MACHADO, A. T. Construção histórica do melhoramento genético de plantas: do convencional ao participativo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 9, n. 1, p. 35-50, 2014.

MAZOYER, M. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**, São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. 569 p.

NARANJO, S. E. Impacts of Bt transgenic cotton on integrated pest management. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 11, p. 5842–5851, 2011.

NAVES, A. G. L.; MENECHINI, W.; ORTIZ, T. A. et al. Desafios e oportunidades na incorporação de tecnologias biotecnológicas na agricultura. **DELLOS: Desarrollo Local Sostenible**, Curitiba, v. 17, n. 55, p. 1-22, 2024.

PÁDUA, J. G.; ALBUQUERQUE, M. S. M.; MELO, S. M. (ed. téc.). Bancos e coleções de germoplasma da Embrapa: conservação e uso. Brasília, DF. **Documentos / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 371, 2020. 167 p.

PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; BERNINI, C. S.; GUIMARÃES, P. de S. et al. Estratégias de melhoramento para tolerância à seca em germoplasma de milho tropical: tolerância à seca em milho. **Revista Singular – Meio Ambiente e Agricultura**, v. 1, n. 1, p. 19-24, 2019.

POLETTI, Igor. **Edição genômica mediada por CRISPR/Cas na era do melhoramento genético vegetal de precisão**. 2021. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

SOLBERG, S. Ø.; LOSKUTOV, I. G.; BREIAN, L.; DIEDERICHSEN, A. The impact of N. I. Vavilov on the conservation and use of plant genetic resources in Scandinavia: a review. **Plants, Basel**, v. 12, n. 143, p. 2-12, 2023.

SWAMY, B. P. M.; MARUNDAN, S.; SAMIA, M. et al. Development and characterization of GR2E Golden rice introgression lines. **Scientific Reports**, v. 11, art. 2496, p. 1-12, 2021.

WEI, W.; STEWART JR., C. N. Biosafety and ecological assessment of genetically engineered and edited crops. **Plants**, v. 12, n. 13, art. 2551, 2023.

XIAO, Y.; JIANG, S.; CHENG, Q. et al. The genetic mechanism of heterosis utilization in maize improvement. **Genome Biology**, London, v. 22, art. 148, p. 1–20, 2021.

Ari Espindola Junior

Professor do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
ari.junior@utp.br

Políticas Públicas e Ações Estratégicas de Apoio a Inovação para Manejo e Conservação de Solo e Água no Estado do Paraná

Bruna Ramalho

Introdução

O manejo e a conservação dos recursos edáficos e hídricos são fundamentais para a sustentabilidade dos sistemas agropecuários, sobretudo em um cenário de intensificação produtiva e de mudanças climáticas. A degradação do solo e da água compromete não apenas a produtividade agrícola, mas também a segurança alimentar e a manutenção dos serviços ecossistêmicos (Costa *et al.*, 2024).

Nos últimos anos, o Brasil tem intensificado esforços para ampliar a adoção de práticas conservacionistas e de sistemas de produção sustentáveis. Entre as iniciativas de maior destaque estão o Plano Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC+; 2020-2030) e o Programa Nacional de Recursos Hídricos, que integram ciência, tecnologia, assistência técnica e crédito rural como instrumentos de fomento à inovação no setor agropecuário. No Paraná, a articulação de políticas públicas estaduais tem papel central nesse processo, evidenciada por programas como o Água no Campo, o Irriga Paraná e o Programa Integrado de Conservação de Solo e Água (Prosolo) (SEAB, 2024).

Apesar dos avanços, a adoção de práticas conservacionistas pelos produtores ainda encontra limitações relacionadas a fatores pessoais, socioeconômicos e culturais, além da falta de conhecimento técnico, do apego a tradições transmitidas entre gerações, das dificuldades de aprendizagem, das especificidades das próprias tecnologias, do receio de prejuízos econômicos e dos custos de implementação (Wreford *et al.*, 2017; Fortini *et al.*, 2020). Nesse sentido, a superação desses entraves pode ser favorecida pela ampliação da difusão do conhecimento, pelo incentivo ao acesso às políticas públicas que orientam essa temática, e a bonificação por boas práticas de uso da terra e dos recursos hídricos através do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) (IAT, 2025a).

Diante desse contexto, este capítulo tem como objetivo apresentar políticas públicas e ações estratégicas que apoiam a inovação voltada ao manejo e à conservação de solo e água no estado do Paraná.

Desenvolvimento

A conservação do solo e da água estão entre os principais desafios para o desenvolvimento sustentável da agricultura brasileira. A intensificação do uso da terra, muitas vezes sem práticas adequadas de manejo, tem contribuído para processos de degradação, como erosão, compactação, perda de matéria orgânica e contaminação dos solos, além da redução da disponibilidade e qualidade da água (Costa *et al.*, 2024). Nessa situação, a adoção de estratégias inovadoras, articuladas a políticas públicas eficazes, é essencial para consolidar sistemas produtivos mais sustentáveis.

No Brasil, a inovação no manejo e na conservação do solo e da água tem sido impulsionada por conjuntos de políticas públicas e instrumentos econômicos. Entre eles, destaca-se o Plano Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC), lançado após a Conferência das Partes (COP) 15 em Copenhague (MAPA, 2012). Em 2021, foi instituído o Plano ABC+ (2020–2030), que estabelece metas de ampliação da adoção de tecnologias sustentáveis voltadas à redução de emissões de gases e ao aumento da eficiência dos sistemas produtivos. As tecnologias priorizadas incluem integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), sistema de plantio direto (SPD), fixação biológica de nitrogênio (FBN), florestas plantadas, tratamento de dejetos animais, recuperação de pastagens degradadas e adaptação às mudanças climáticas. Assim, as metas nacionais para 2030 preveem: a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas; a ampliação de 4 milhões de hectares de ILPF; a expansão do SPD em 8 milhões de hectares; a substituição de fertilizantes nitrogenados em 5,5 milhões de hectares; o plantio de 3 milhões de hectares de florestas e o tratamento de 4,4 milhões de metros cúbicos de dejetos animais (Assad *et al.*, 2022).

Outra iniciativa relevante é a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), que estabeleceu a gestão descentralizada e participativa das águas no Brasil (Brasil, 1997). A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é o órgão responsável por coordenar a regulação do uso dos recursos hídricos e implementar programas de revitalização de bacias e capacitação técnica. Entre esses programas, destaca-se o Produtor de Água, que remunera agricultores pela adoção de práticas conservacionistas, como terraceamento, reflorestamento de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e construção de barraginhas. O objetivo central é reduzir erosão e assoreamento, melhorar a qualidade da água e garantir maior regularidade na oferta hídrica, conciliando conservação ambiental e incentivos econômicos (ANA, 2008). No Paraná, o programa Água no Campo visa expandir o

acesso à água potável em áreas rurais, por meio da perfuração de poços artesianos em parceria entre prefeituras e o Instituto de Água e Terra (IAT). Até 2025, a meta é perfurar 200 novos poços, com investimento de R\$ 31,6 milhões (IAT, 2025b).

Já o programa Irriga Paraná, lançado em 2024, busca ampliar em 20% a área irrigada do estado, apoiando agricultores com linhas de crédito de aproximadamente R\$ 200 milhões, a juros subsidiados. O programa prevê condições diferenciadas de financiamento para agricultores familiares, que podem receber até 80% de subvenção do valor do projeto, limitado a R\$ 20 mil. Apesar do potencial agrícola, apenas 3% da área cultivada do estado utiliza irrigação, concentrada principalmente no Noroeste, região com maior déficit hídrico (SEAB, 2025). Assim, o programa constitui não apenas um estímulo econômico, mas também um mecanismo de inovação tecnológica.

Com o objetivo de retomar e fortalecer as políticas de conservação do solo e da água, que entre o final da década de 1980 e o início dos anos 1990 tornaram o Paraná uma referência nacional (Pellegrine e Barbosa, 2023), o Programa Integrado de Conservação de Solo e Água do Paraná (Prosolo) foi instituído oficialmente em 29 de agosto de 2016 por meio do Decreto Estadual nº 4.966. Esse programa objetiva promover a recuperação da fertilidade do solo, controle da erosão e proteção dos recursos hídricos por meio de ações articuladas entre entidades públicas e privadas do estado. Suas ações incluem capacitações técnicas, dias de campo regionais e difusão de práticas como rotação de culturas, terraceamento, uso de plantas de cobertura, adequação de estradas rurais e manejo racional de insumos. A integração entre órgãos públicos, entidades de classe e produtores é um dos diferenciais do programa, promovendo a inovação institucional e a transferência de tecnologias conservacionistas (Sistema FAEP, 2018).

Aliado a todas essas políticas públicas, um incentivo a adoção de práticas conservacionista é o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), que representa uma estratégia inovadora que integra conservação ambiental e desenvolvimento rural sustentável. Instituída pela Lei Estadual nº 17.134/2012 e regulamentada pelo Decreto Estadual nº 1.591/2015, essa política busca remunerar proprietários rurais por práticas que promovam a conservação de recursos naturais essenciais, como água, solo e biodiversidade (IAT, 2025a). O modelo paranaense de PSA adota uma abordagem voluntária, permitindo que os produtores se inscrevam em programas específicos, vinculados ao poder municipal. Essas iniciativas refletem um movimento crescente no Brasil, onde o PSA é reconhecido como um mecanismo

eficaz para alinhar os interesses econômicos dos produtores com a necessidade de conservação ambiental, promovendo a sustentabilidade e a resiliência dos ecossistemas (Wolff, 2017).

Apesar dos avanços promovidos pelas políticas públicas e programas estaduais, a efetiva adoção de práticas inovadoras de manejo e conservação de solo e água ainda enfrenta desafios significativos, como acesso limitado à informação, capacitação técnica insuficiente, custos de implementação e resistência a mudanças nos sistemas produtivos. Superar essas barreiras exige não apenas a continuidade e o fortalecimento das políticas públicas, mas também a incorporação de tecnologias emergentes, como monitoramento digital, sensoriamento remoto, Big Data e inteligência artificial (Padhiary *et al.*, 2025). A integração entre governos, instituições de pesquisa, técnicos e produtores rurais, aliada ao uso dessas ferramentas, configura uma estratégia promissora para ampliar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários e garantir a preservação dos recursos naturais essenciais.

Considerações Finais

A conservação do solo e da água é essencial para a sustentabilidade agrícola, exigindo integração entre políticas públicas, tecnologias emergentes e participação de técnicos e produtores. Programas como Plano ABC+, Produtor de Água, Água no Campo, Irriga Paraná e Prosolo mostram avanços, embora ainda enfrentem barreiras técnicas, econômicas e culturais. O fortalecimento da assistência técnica, incentivos econômicos e valorização do agricultor como provedor de serviços ambientais, aliado ao uso de tecnologias inovadoras, é fundamental. Ao adotar práticas de manejo e conservação do solo e da água, o produtor pode receber bonificações via pagamento por serviços ambientais, contribuindo para sistemas agropecuários sustentáveis, resilientes e mais produtivos.

Referências Bibliográficas

ASSAD, E. D. *et al.* Adaptation and resilience of agricultural systems to local climate change and extreme events: an integrative review. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, p. e72899, 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Programa Produtor de Água**. Brasília, DF: ANA, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC**. Brasília, DF: MAPA, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Lei n. 9.433: Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 1997. 72 p.

COSTA, A. M. *et al.* Ecosystem services potential and soil conservation policies with emphasis on degraded pastures in Brazil. **Geography and Sustainability**, v. 5, n. 4, p. 660-672, 2024.

FORTINI, R. M.; BRAGA, M. J.; FREITAS, C. O. Impacto das práticas agrícolas conservacionistas na produtividade da terra e no lucro dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, n. 2, p. e199479, 2020.

INSTITUTO DE ÁGUA E TERRA (IAT). **Pagamento por serviços ambientais**. 2025a. <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Pagamento-por-servicos-ambientais-PSA>.

INSTITUTO DE ÁGUA E TERRA (IAT). **Programa Água no Campo**. 2025b. <https://www.iat.pr.gov.br/Noticia/Com-investimento-de-R-316-milhoes-programa-Agua-no-Campo-tera-mais-200-pocos>.

PADHIARY, M.; KUMAR, A. & SETHI, L. N. Emerging technologies for smart and sustainable precision agriculture. **Discover Robotics**, v. 1, n. 1, p. 6, 2025.

PELLEGRINI, A.; BARBOSA, G. M. C. (ed.). **Manejo e conservação de solo e água** [livro eletrônico]: volume 1 – Formação, implantação e metodologias. Curitiba: SENAR-PR; Rede Paranaense de Agropesquisa e Formação Aplicada, 2023.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ (SEAB). Irriga Paraná. 2025. <https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Irriga-Parana>.

WOLFF, L. F. **Alternativas para diversificação da agricultura familiar de base ecológica-2017**. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

WREFORD, A.; IGNACIUK, A.; GRUÈRE, G. Overcoming barriers to the adoption of climate-friendly practices in agriculture. **OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers**, n. 101. Paris: OECD, 2017.

Bruna Ramalho

Professora do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
bruna.ramalho@utp.br

Introdução

O modelo agrícola sustentado pelo uso intensivo de fertilizantes minerais e defensivos químicos, enfrenta limites relacionados ao esgotamento de recursos naturais, à vulnerabilidade das cadeias globais de suprimentos e às pressões regulatórias por sistemas de baixo carbono (Tilman *et al.*, 2002).

Nesse contexto, a biotecnologia industrial agrícola desponta como área estratégica, articulando princípios microbiológicos, processos fermentativos e tecnologias de formulação para gerar insumos que otimizem a nutrição vegetal, a saúde do solo e a resiliência dos sistemas de cultivo (Pandiyan *et al.*, 2024). Entre os principais produtos destacam-se os inoculantes agrícolas; os biofertilizantes, obtidos por bioprocessos; os compostos orgânicos, que promovem reciclagem de resíduos e melhoram a qualidade do solo; e os fertilizantes de eficiência aumentada, como a ureia tratada com NBPT (N-(n-butil) triamida do ácido fosfórico), que minimizam perdas por volatilização (Soares *et al.*, 2023).

O Brasil figura como líder mundial na adoção dessas tecnologias: estima-se que mais de 40 milhões de hectares sejam cultivados com inoculantes, enquanto o mercado de bioinsumos cresce a taxas quatro vezes superiores à média global (Hungria *et al.*, 2006). Ao mesmo tempo, a integração entre biotecnologia e práticas de agricultura de precisão representa um novo patamar para a gestão do uso eficiente de nutrientes (Hayat *et al.*, 2025). Assim, compreender os fundamentos científicos, os processos industriais e os impactos econômicos desses insumos é crucial para consolidar modelos agrícolas de base biotecnológica, nos quais o engenheiro agrônomo desempenha papel central.

Desenvolvimento

A biotecnologia industrial agrícola consiste na aplicação sistemática de processos microbiológicos e bioquímicos à produção de insumos destinados à agricultura. Diferentemente da biotecnologia de primeira geração, voltada essencialmente para sementes geneticamente modificadas, a vertente industrial concentra-se em insumos de aplicação direta, integrando avanços em microbiologia, engenharia de bioprocessos e formulação de produtos (Shekhawat, 2025).

Os inoculantes representam o exemplo mais consolidado de biotecnologia aplicada ao campo. Produzidos em biorreatores sob condições controladas de pH, oxigênio e temperatura, esses produtos contêm microrganismos vivos que, quando aplicados a sementes ou solos, promovem interações simbióticas ou associativas (Bashan *et al.*, 2014). O processo industrial envolve a seleção de cepas eficientes, multiplicação em grande escala, formulação em veículos sólidos (turfa esterilizada) ou líquidos (soluções nutritivas) e embalagem em condições assépticas.

Microrganismos clássicos incluem *Bradyrhizobium japonicum* e *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense* e *Bacillus subtilis*, além de *Pseudomonas fluorescens*. Além da nutrição, evidências recentes indicam que alguns inoculantes também induzem resistência sistêmica em plantas (Mazuecos-Aguilera *et al.*, 2025).

O impacto econômico é expressivo: a fixação biológica de nitrogênio (FBN) gera ao Brasil uma economia estimada em US\$ 13 bilhões/ano, considerando apenas soja e feijão (Hungria *et al.*, 2006). Globalmente, o mercado de inoculantes agrícolas deve alcançar US\$ 6,7 bilhões até 2029, com taxas anuais de crescimento de 10–12% (Markets and Markets, 2022). Entretanto, desafios ainda incluem a padronização de formulações, a estabilidade dos produtos em condições tropicais e a adoção consistente pelos produtores (Gavinales *et al.*, 2023).

Já os biofertilizantes englobam uma categoria heterogênea de insumos produzidos por via fermentativa, contendo microrganismos vivos, extratos celulares ou metabólitos bioativos. Industrialmente, sua produção envolve fermentação aeróbica ou anaeróbica de substratos agroindustriais (melaço, vinhaça, resíduos vegetais), seguida de estabilização e formulação líquida ou sólida (Pandiyani *et al.*, 2024).

Entre os microrganismos empregados destacam-se *Bacillus megaterium*, *Aspergillus niger*, *Pseudomonas putida* e *Trichoderma harzianum*. Do ponto de vista agrônomo, biofertilizantes são aplicados via pulverização foliar, fertirrigação ou mistura a substratos. Ensaios recentes reportam incrementos médios de 10% na produtividade de hortaliças tratadas com biofertilizantes (Gavinales *et al.*, 2023).

Outra opção são os compostos orgânicos, que representam a vertente mais tradicional, porém ainda estratégica, da biotecnologia industrial agrícola. Produzidos a partir da decomposição aeróbica de resíduos agropecuários, esses fertilizantes resultam da

atividade coordenada de comunidades microbianas que mineralizam compostos complexos, estabilizando a matéria orgânica e liberando nutrientes (Bernal *et al.*, 2017).

Os principais microrganismos envolvidos são *Bacillus*, *Actinomyces*, *Aspergillus* e *Penicillium*. Compostos maturados apresentam teores equilibrados de macro e micronutrientes, além de ácidos húmicos e fúlvicos, que favorecem a estruturação do solo (Bernal *et al.*, 2017). Na prática agrícola, compostos são utilizados em sistemas orgânicos, na adubação de base de hortaliças e frutíferas, e na recuperação de solos degradados.

Sob o prisma econômico, compostos orgânicos viabilizam a transformação de passivos ambientais em insumos de valor agregado, fortalecendo cadeias de economia circular (Bernal *et al.*, 2017). Entretanto, o setor carece de padronização de qualidade, rastreabilidade de matérias-primas e mecanismos de incentivo à adoção em larga escala, especialmente em sistemas convencionais.

Já na biotecnologia de fertilizantes de eficiência aumentada, o inibidor NBPT atua retardando a hidrólise da ureia, reduzindo perdas por volatilização de NH_3 e aumentando a eficiência de uso do nitrogênio. Estudos de campo no Brasil mostraram que formulações com NBPT reduziram perdas de volatilização em até 54% comparado à ureia convencional (Cassim *et al.*, 2021), e que a eficácia do NBPT varia conforme pH do solo (Soares *et al.*, 2023). Experimentos demonstraram ganhos de rendimento de milho associados ao uso de inibidores de urease, além de menor emissão de amônia e melhor uso de nitrogênio (Fonseca *et al.*, 2023).

As tendências atuais sugerem que a biotecnologia industrial agrícola passará por um processo de sofisticação e integração tecnológica nas próximas décadas. A combinação entre biotecnologia microbiana, engenharia genética, processos industriais avançados e ferramentas digitais deve redefinir o papel dos bioinsumos na agricultura (Hayat *et al.*, 2025).

A perspectiva da economia circular também é central: resíduos agroindustriais, atualmente subutilizados, serão cada vez mais convertidos em biofertilizantes, compostos e substratos agrícolas, contribuindo para cadeias produtivas de baixo carbono (Bernal *et al.*, 2017). Esse movimento conecta-se diretamente às metas globais de neutralidade climática até 2050. Por fim, o fortalecimento do mercado global de bioinsumos dependerá de avanços regulatórios. A padronização de protocolos de registro, certificações internacionais de qualidade e harmonização regulatória entre blocos econômicos serão determinantes para garantir a competitividade da biotecnologia agrícola em escala mundial.

Considerações Finais

A análise integrada dos inoculantes agrícolas, biofertilizantes, compostos orgânicos e da ureia NBPT evidencia o papel estratégico da biotecnologia industrial agrícola. Os inoculantes consolidam o Brasil como referência global em FBN; os biofertilizantes demonstram versatilidade em culturas intensivas; os compostos orgânicos representam a materialização da economia circular; e a ureia NBPT amplia a eficiência de fertilizantes. Embora avanços significativos tenham sido registrados, permanecem desafios relacionados à padronização de produtos, regulação e estabilidade microbiológica. Novas pesquisas devem priorizar a integração entre biotecnologia e inteligência artificial, ampliando a capacidade de monitorar e personalizar recomendações de insumos biológicos em tempo real.

Referências Bibliográficas

BASHAN, Y.; *et al.* Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). **Plant and Soil**, v. 378, n. 1, p. 1–33, 2014.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5444–5453, 2017.

CASSIM, B. M. S. *et al.* Duromide increases NBPT efficiency in reducing ammonia volatilization loss from urea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, e0200149, 2021.

FONSECA, L. *et al.* Urease inhibitors technologies as strategy to mitigate agricultural ammonia emissions and enhance the use efficiency of urea-based fertilizers. **Journal of Environmental Management**, v. 336, p. 117629, 2023.

GAVILANES, F.Z., *et al.* Combination effects of microbial inoculation and N fertilization on maize yield: A field study from southern Brazil. **Rhizosphere**. Vol. 27. 2023.

HAYAT, M.K. *et al.* The biotech and precision agriculture revolution: feeding the world sustainably. **Journal of Policy Research**, v. 3, p. 293-316, 2025.

HUNGRIA, M. *et al.* Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* L. Merr.) in South America. **Advances in Agronomy**, v. 95, p. 43–93, 2006.

MARKETSANDMARKETS. Agricultural Microbials Market by Function, Type, Application, Mode of Application and Region - Global Forecast to 2029. **Markets and Markets Research**, 2022.

MAZUECOS-AGUILERA, L.; ROMERO, D.; CAZORLA, F. M. Plant growth-promoting rhizobacteria enhanced induced systemic resistance of tomato against *Botrytis cinerea*. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, p. 1570986, 2025.

PANDIYAN, A. *et al.* Chapter 22 - Biofertilizers and biopesticides as microbial inoculants in integrated pest management for sustainable agriculture. Editor(s): Raghendra Pratap Singh, Geetanjali Manchanda, Sreedevi Sarsan, Ajay Kumar, Hovik Panosyan, In **Developments in Applied Microbiology and Biotechnology**. Microbial Essentialism, Academic Press, 2024, Pages 485-518, ISBN 9780443139321.

SHEKHAWAT, Y. CRISPR-Based Precision Plant Breeding: Enhancing Crop Improvement through Gene Editing and Plant-Microbe Interactions in Biotechnology. **International Journal of Innovative Science and Research Technology**. 2025.

SOARES, J. R. *et al.* Dynamics of ammonia volatilization from NBPT-treated urea in two soils at three pH levels. **Scientia Agricola**, v. 80, e20220093, 2023.

TILMAN, D. *et al.* Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, v. 418, p. 671–677, 2002.

Jéssica Alves Nogaroli

Professora do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
jessica.nogaroli@utp.br

O Potencial Estratégico da Biomassa Agrícola: Rotas de Conversão, Bioprodutos de Alto Valor e Desafios da Transição Energética

Kely Cristina dos Santos

Introdução

Confrontar o aumento populacional previsto para as próximas décadas e o esgotamento gradual das reservas fósseis de petróleo, gás natural e carvão mineral é reconhecer um desafio de grande magnitude para a segurança energética mundial. A natureza, entretanto, já oferece alternativas. Por meio do processo fotossintético, plantas e algas captam a energia luminosa, proveniente da radiação solar, o dióxido de carbono e a água, fixando-os em moléculas orgânicas altamente energéticas. Além de constituir um reservatório de energia química, a biomassa também se destaca pela eficiência em promover o sequestro de CO₂ da atmosfera, contribuindo assim para a mitigação das mudanças climáticas. Nesse cenário, a agricultura exerce papel estratégico, não apenas no fornecimento de alimentos para humanos e animais, mas também como fonte de recursos renováveis com potencial para gerar biocombustíveis e insumos industriais. Diante da necessidade de ampliar alternativas sustentáveis, a biomassa vegetal e os resíduos da produção agrícola configuram-se como fontes versáteis, passíveis de conversão em eletricidade, calor, biocombustíveis, biogás e diversos materiais industriais. Assim, este capítulo propõe discutir a relevância da produção agrícola como fonte primária de biomassa, evidenciando seu potencial energético e os desafios inerentes ao seu aproveitamento em diferentes cadeias produtivas.

Desenvolvimento

A fotossíntese é o processo fundamental que sustenta a vida na Terra, pois a biomassa vegetal produzida a partir da fixação de carbono atmosférico representa a base primária dos ecossistemas terrestres. O potencial da biomassa como recurso renovável está intrinsecamente relacionado ao processo fotossintético, no qual a energia solar é captada pelas plantas e convertida em energia química. O carbono fixado no ciclo de Calvin-Benson é transformado em carboidratos, lipídios e proteínas, que não apenas sustentam o crescimento vegetal, mas também servem como substratos para sistemas agrícolas e industriais voltados à produção de energia e materiais (Brudvig, 2008; Taiz *et al.*, 2017).

Na agricultura, a eficiência fotossintética das plantas é um dos principais determinantes do rendimento das culturas e da produção de biomassa. Espécies com metabolismo C_4 , como a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o milho (*Zea mays*), apresentam vantagens fisiológicas em ambientes de alta luminosidade e temperatura, devido à presença de mecanismos de concentração de CO_2 que aumentam a taxa de fixação de carbono e reduzem a fotorrespiração, um processo metabólico ineficiente que consome energia e carbono (Sage, 2016; Wang *et al.*, 2021).

A eficiência fotossintética máxima teórica das culturas C_4 pode atingir cerca de 6% da energia solar incidente convertida em biomassa, enquanto a fotossíntese C_3 apresenta um limite teórico em torno de 4,6% em condições ideais. Essa diferença metabólica explica, em parte, a predominância de espécies C_4 como matérias-primas estratégicas para a produção de biocombustíveis, uma vez que possibilitam maior aproveitamento da energia solar na síntese de carboidratos, lipídeos e lignocelulose, os quais podem ser convertidos em biocombustíveis e bioeletricidade (Zhu; Long; Ort, 2021; Wang *et al.*, 2021).

A conversão de biomassa em energia é um campo de pesquisa e aplicação tecnológica crucial para a transição energética global. A versatilidade da biomassa permite sua transformação em vetores energéticos por meio de duas categorias principais de processos: termoquímicos e bioquímicos. Os processos termoquímicos, como combustão, pirólise e gaseificação, envolvem a aplicação de calor para decompor a biomassa em produtos energéticos, sendo especialmente eficazes para materiais com baixo teor de umidade, como resíduos florestais, casca de arroz e bagaço de cana-de-açúcar (Mckendry, 2002; Silva, 2021). A pirólise, por exemplo, tem sido amplamente estudada como rota para obtenção de bio-óleo e carvão vegetal, com potencial para aplicações industriais e agrícolas (Demirbas, 2004; Marafon *et al.*, 2016).

Já os processos bioquímicos, como fermentação alcoólica e digestão anaeróbia, utilizam microrganismos para converter matéria orgânica em biocombustíveis, sendo particularmente adequados para resíduos úmidos e substratos ricos em carboidratos. Exemplos incluem vinhaça, esterco bovino, resíduos alimentares e culturas como milho e cana-de-açúcar, amplamente utilizados na produção de etanol e biogás (Chiew; Chung, 2011; Cardoso, 2012). A integração de rotas termoquímicas e bioquímicas em sistemas de biorrefinaria representa uma estratégia promissora para o aproveitamento integral da biomassa. Essas rotas são aplicadas de forma complementar, permitindo o aproveitamento

das diferentes frações da biomassa e a obtenção de múltiplos produtos em uma mesma planta industrial (Zhu; Long; Ort, 2021; Marafon *et al.*, 2016).

Diferentemente das refinarias convencionais, que dependem de combustíveis fósseis, as biorrefinarias utilizam matérias-primas renováveis, promovendo uma produção mais sustentável e alinhada aos princípios da economia circular (Cherubini, 2010). Dentre os principais produtos gerados pelas biorrefinarias estão os biocombustíveis líquidos, o biogás, a bioeletricidade, além de produtos químicos como ácidos orgânicos, solventes, intermediários para plásticos biodegradáveis e insumos para as indústrias farmacêutica e cosmética (Zhu; Long; Ort, 2021; Soares *et al.*, 2025).

Além da produção de biocombustíveis, as biorrefinarias modernas têm se destacado pela capacidade de gerar compostos químicos renováveis com ampla aplicação industrial. A produção desses compostos é viabilizada por tecnologias como fermentação microbiana, hidrólise enzimática, oxidação seletiva e pirólise rápida, que permitem a conversão eficiente dos constituintes da biomassa em insumos químicos de alto valor agregado (Cherubini, 2010).

Essa diversificação de produtos é resultado da valorização integral da biomassa, que contém diferentes frações fermentáveis, passíveis de conversão em moléculas de interesse comercial. Entre os principais compostos obtidos estão o ácido láctico, produzido pela fermentação de açúcares simples e utilizado na fabricação de polímeros biodegradáveis como o ácido polilático (PLA), além de aplicações nos setores alimentício, cosmético e farmacêutico. O ácido succínico, considerado um dos substratos da química verde, é empregado na síntese de resinas, solventes e intermediários farmacêuticos, com potencial para substituir derivados petroquímicos em diversas cadeias produtivas (Paganotto *et al.*, 2022). Outro exemplo relevante é o sorbitol, obtido por redução catalítica da glicose, utilizado como adoçante, umectante e precursor de poliésteres biodegradáveis. O furfural, derivado da hemicelulose, é amplamente utilizado como solvente industrial e intermediário na produção de pesticidas, resinas fenólicas e plásticos. O ácido levulínico, proveniente da degradação de hexoses por hidrólise ácida, apresenta aplicações promissoras na formulação de aditivos, plásticos e combustíveis líquidos de segunda geração. A vanilina, tradicionalmente extraída do petróleo, pode ser obtida de forma renovável a partir da lignina por processos oxidativos, agregando valor à cadeia de resíduos florestais e oferecendo uma alternativa sustentável para a indústria de aromatizantes e fármacos (Kupetz *et al.*, 2021).

Estudos indicam que a substituição de insumos petroquímicos por derivados da biomassa pode reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa, além de promover maior independência energética e estimular cadeias produtivas descentralizadas (Chiew; Chung, 2011; Demirbas, 2004). Nesse contexto, as biorrefinarias se consolidam como elementos centrais na construção de uma matriz energética diversificada, resiliente e ambientalmente responsável, contribuindo para a transição energética global e o fortalecimento da bioeconomia.

Apesar do potencial promissor das biorrefinarias, a expansão do uso de biomassa agrícola para fins energéticos e químicos ainda enfrenta obstáculos estruturais e políticos. Um dos principais desafios reside na logística de coleta e transporte. Devido à baixa densidade energética e alta umidade, o custo logístico pode comprometer a viabilidade econômica, exigindo o desenvolvimento de soluções descentralizadas de pré-processamento e tecnologias de compactação para aumentar a densidade do material (Cherubini, 2010; Lora *et al.*, 2011). Outro entrave significativo é a ausência de políticas públicas que incentivem o setor. A falta de mecanismos robustos de precificação de carbono, subsídios e incentivos fiscais dificulta a atração de investimentos privados e a formação de mercados estáveis (IEA, 2023). Adicionalmente, a competição pelo uso da biomassa é um desafio complexo, uma vez que os resíduos agrícolas são demandados para múltiplas finalidades, como alimentação animal e retorno de nutrientes ao solo. Gerenciar essa disputa por recursos exige um planejamento intersetorial cuidadoso para mitigar impactos sociais e ecológicos (Basso, 2023).

Considerações Finais

A biomassa vegetal, originada pela fotossíntese, constitui um recurso renovável de elevada importância para a sustentabilidade dos sistemas produtivos e para a transição energética global. A eficiência fotossintética das culturas agrícolas, especialmente das espécies C₄ como a cana-de-açúcar e o milho, confere vantagens significativas na produção de biomassa com alto rendimento energético e potencial para conversão em biocombustíveis e bioprodutos. Entretanto, a expansão da bioeconomia enfrenta desafios estruturais, como a logística de transporte da biomassa, a sazonalidade da produção agrícola, a ausência de políticas públicas consistentes e a competição pelo uso dos resíduos orgânicos. Superar esses obstáculos requer planejamento intersetorial, investimentos em infraestrutura, incentivos

regulatórios e fortalecimento da pesquisa aplicada. Países com abundância de biomassa e capacidade agroindustrial, como o Brasil, têm condições de liderar esse processo, consolidando-se como protagonistas na construção de uma matriz energética diversificada, resiliente e de baixo carbono.

Referências Bibliográficas

BASSO, R. D. C. Agricultura familiar em Foz do Iguaçu/PR: desafios e oportunidades na produção de biomassa. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2016.

BRUDVIG, G. W. Energy conversion in photosynthesis. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 92, n. 2, p. 1–10, 2008.

CARDOSO, B. M. Uso da biomassa como alternativa energética. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CHERUBINI, F. The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. **Energy Conversion and Management**, v. 51, n. 7, p. 1412–1421, 2010.

CHIEW, Y. J.; CHUNG, D. A. Optimization of anaerobic digestion of palm oil mill effluent (POME). **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 86, n. 4, p. 573–578, 2011.

DEMIRBAS, A. Combustion characteristics of different biomass fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, v. 30, n. 2, p. 219–231, 2004.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (France). IEA –. Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028. Paris: IEA, 2023.

KUPETZ, M. et al. Lignin valorization for the production of vanillin: recent advances and challenges. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, v. 9, n. 3, p. 1234–1245, 2021.

LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J.; ANDRADE, R. V. Biomassa para geração de energia: características e tecnologias. *Revista Brasileira de Energia*, v. 17, n. 2, p. 1–15, 2011.

MARAFON, A. C. et al. Uso da biomassa para a geração de energia. Documentos 211. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016.

MCKENDRY, P. Gasification of biomass and biomass combustion. *Journal of the Institute of Energy*, v. 75, n. 504, p. 308–319, 2002.

PAGANOTTO, G. et al. Succinic acid production from renewable resources: a review of recent developments. *Biochemical Engineering Journal*, v. 180, p. 108–120, 2022.

SAGE, R. F. A portrait of the C₄ photosynthetic family. *Journal of Experimental Botany*, v. 67, n. 14, p. 4037–4049, 2016.

SILVA, V. F. da. Processos termoquímicos de conversão de biomassa. 2021. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis e Eficiência Energética) - Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2021

SOARES, V. V.; MOURA, L. E. F.; MELO, K. M. Biorrefinarias: resumo com definições, classificações e processos industriais. *Brazilian Journal of Production Engineering*, v. 11, n. 1, p. 1–15, 2025.

TAIZ, L. et al. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VAZ JÚNIOR, S.; SOARES, I. P. Análise química da biomassa: uma revisão das técnicas e aplicações. *Química Nova*, v. 37, n. 4, p. 684–692, 2014.

WANG, Y. et al. Improving photosynthetic efficiency in C₄ crops for sustainable agriculture. *Nature Plants*, v. 7, p. 734–743, 2021.

ZHU, X.-G.; LONG, S. P.; ORT, D. R. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass? *Current Opinion in Biotechnology*, v. 67, p. 18–25, 2021.

Kely Cristina dos Santos

Professora do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
kely.santos@utp.br

Tecnologias Emergentes Para Conservação De Alimentos

Paula Mattanna Mastella

Introdução

Diante do declínio dos recursos naturais, a deterioração de alimentos representa um desafio significativo que impacta tanto a saúde pública quanto a estabilidade econômica. A deterioração ocorre em vários estágios anteriores ao consumo, ressaltando a necessidade de implementação de tecnologias avançadas de conservação. A deterioração de frutas, vegetais e outros produtos alimentícios resulta principalmente da respiração, danos mecânicos e contaminação microbiana (Li *et al.*, 2025).

A perda e o desperdício de alimentos estão entre as preocupações mais desafiadoras da sociedade moderna. Na verdade, enquanto a demanda global por alimentos cresce, milhões de pessoas sofrem de subnutrição em todo o mundo (Santeramo; Lamonaca, 2021; Schmidt-Traub; Obersteiner; Mosnier, 2019). No geral, cerca de um terço da produção global de alimentos é perdida ou desperdiçada ao longo da cadeia de suprimentos de alimentos (Do Canto; Grunert; Barcellos, 2021).

Os produtos alimentícios podem perder valor nutricional se não forem usados de forma otimizada em relação ao seu potencial nutricional, sendo que essas perdas podem ocorrer durante as fases de produção (por exemplo, pré-colheita, colheita, criação) e pós-colheita (incluindo procedimentos pós-produção, como manuseio, armazenamento, transporte e processamento, como enlatamento e embalagem) (Santeramo; Lamonaca, 2021).

Neste contexto, as técnicas de conservação apresentam um papel crucial na diminuição do desperdício de alimentos. Estas técnicas incluem várias abordagens que visam prolongar a vida útil dos alimentos, como a aplicação de ultrassom, campos elétricos pulsados, estratégias de revestimento, uso de embalagens ativas, entre outras (Li *et al.*, 2025).

Com isso, o objetivo desta produção é de definir as características e o potencial uso das principais tecnologias emergentes no que tange à conservação dos alimentos.

Desenvolvimento

A ideia de preservação de alimentos foi introduzida na antiguidade, quando nossos ancestrais buscavam maneiras de manter os alimentos frescos e comestíveis. Conceitos como

secagem ao sol, salga e pasteurização foram introduzidos dependendo de fatores climáticos e sazonais (Sridhar *et al.*, 2021).

Algumas das técnicas convencionais populares de preservação, como aquecimento, secagem e congelamento, foram implementadas em grandes indústrias, no entanto, há uma falta de pesquisa para preencher a lacuna entre o desperdício de alimentos e as técnicas de conservação de alimentos. Nos tópicos discutidos a seguir estão listadas futuras tecnologias de preservação de alimentos que provavelmente desempenharão um papel dominante na indústria de conservação de alimentos. De acordo com Bai, Liu e Sun (2023), os principais alimentos desperdiçados são as frutas (42%), seguidas dos lácteos (26%), portanto, os tópicos a seguir abordam principalmente técnicas para conservação desses alimentos.

Tratamento com ultrassom

O princípio básico do ultrassom é a cavitação acústica, que envolve o crescimento e colapso de bolhas durante períodos de rarefação e compressão, causando alterações químicas, físicas e mecânicas no alimento. Essas alterações estão relacionadas à inativação de micro-organismos e de enzimas, à remoção de resíduos e às melhorias na qualidade físico-química, e à acessibilidade de compostos bioativos (Alvarenga *et al.*, 2021).

O ultrassom está lentamente abrindo caminho para setores de grande sucesso na indústria alimentícia, como o setor de frutas e hortaliças e a produção de laticínios (Sridhar *et al.*, 2020). O leite é geralmente pasteurizado para evitar a deterioração e matar os microrganismos presentes, porém a utilização de ultrassom pode aumentar a segurança, a qualidade e as propriedades funcionais do produto em cinco vezes logarítmicas (Bermúdez-Aguirre *et al.*, 2009; Deshpande; Walsh, 2020; Gammoh *et al.*, 2020). O ultrassom de baixa frequência sozinho também desempenhou um papel significativo na melhoria dos efeitos texturais e de homogeneização de iogurte, queijo e leite desnatado (Yang *et al.*, 2020).

Em frutas e hortaliças as enzimas, como as polifenoloxidasas, estão envolvidas em processos de escurecimento enzimático, diminuindo a vida útil dos alimentos. No estudo de Sulaiman *et al.* (2015), os autores identificaram que o ultrassom se mostrou eficaz na redução da atividade da polifenoloxidase em purês de pera, maçã e morango. Os resultados de Bi *et al.* (2015) mostraram que o ultrassom altera significativamente a atividade da enzima do purê de abacate.

Tratamento com campos elétricos pulsados

Esta técnica é um método de preservação de alimentos não térmico que envolve o uso de pulsos de eletricidade no alimento. O tratamento proporciona alimentos de alta qualidade com quase nenhuma alteração na textura ou qualidade, mantendo, assim, o sabor original do alimento (Sridhar *et al.*, 2020).

A metodologia do campo elétrico pulsado envolve colocar o alimento (fruta, vegetal, leite ou qualquer suco) entre dois eletrodos, após o qual um pulso é aplicado com alta voltagem (50 kV/cm) por curtos intervalos de tempo. O princípio é uma combinação de eletroporação e eletropermeabilização (Ghoshal, 2023).

A técnica pode ser usada para destruir bactérias (*Escherichia coli*) no leite. O leite tratado apresentou alta qualidade e maior prazo de validade. Uma investigação recente também foi realizada com sucos de melancia e cítricos, que demonstrou melhorias nas propriedades físico-químicas e antimicrobianas (Aghajanzadeh; Ziaifar, 2018; Bhattacharjee; Saxena; Dutta, 2019; Sridhar *et al.*, 2020).

Em sucos de maçã o uso de campos elétricos pulsados combinados com agentes antibacterianos reduziram com sucesso as bactérias e mantiveram os ácidos orgânicos nos sucos (Cai *et al.*, 2025). Já em sucos de laranja a técnica combinada com cápsulas antimicrobianas apresentou menores populações de fungos e leveduras (Jin; Aboelhaggag, 2022).

Estratégias de revestimento

Feitos de biopolímeros naturais, como proteínas, polissacarídeos e lipídios, esses revestimentos formam uma fina camada nas superfícies dos alimentos, tendo como requisitos serem não tóxicos, comestíveis, biodegradáveis e de baixo custo. Essa barreira reduz a perda de umidade, protege contra danos oxidativos e limita o crescimento microbiano, estendendo assim a vida útil e preservando a qualidade dos alimentos (Chen *et al.*, 2024).

As aplicações abrangem desde produtos frescos, onde controlam a respiração e a umidade, até carnes, laticínios e produtos de panificação, mantendo as propriedades sensoriais e nutricionais (Karnwal *et al.*, 2025).

Em estudo realizado por Zhang, Li e Ji (2021) utilizaram filme de polissacarídeo (carboximetilcelulose) e visualizaram a redução da perda de peso e a manutenção da cor e a firmeza da pele de morangos. Boyaci *et al.* (2019) analisaram o uso de filme proteico (zeína

de milho) e identificaram inibição das bactérias *Listeria innocua* e *Escherichia coli* incrustadas na superfície da casca de melões.

Zeng *et al.* (2022) analisaram o uso de óleo de canela e quitosana como biofilmes em cerejas e identificaram a redução da taxa de deterioração e perda de peso.

O revestimento com óleo de rosa mosqueta retardou o processo de amadurecimento pós-colheita e manteve a qualidade de ameixas (ameixas do tipo "Royal Rosa" (*Prunus salicina* L.) e 'President' (*Prunus domestica* L.)), além disso reduziu as taxas de respiração e foi eficaz na redução da perda de peso e no amolecimento das frutas (Martínez-Romero *et al.*, 2019).

Uso de embalagens ativas

As embalagens ativas têm como objetivo interagir com o alimento ou o ambiente circundante, com o intuito de aumentar significativamente a vida útil do produto e proporcionar uma proteção segura (Rosseto *et al.*, 2021).

Para atingir esses objetivos, essas embalagens podem conter uma variedade de componentes que realizam a liberação ou absorção de substâncias específicas, como oxigênio, umidade e compostos orgânicos voláteis, adaptando-se de acordo com as características e necessidades do alimento em questão, como descrito por Sarantópoulos e Moraes (2009).

Em estudo de Fan *et al.* (2022), os autores testaram filmes sequestrantes de etileno em bananas, as quais exibiram menor taxa de escurecimento, maior dureza e maior vida útil do que o grupo controle.

O desempenho antimicrobiano de embalagens foi testado por Orlo *et al.* (2025), onde os autores testaram o potencial de embalagem de alumínio com eugenol em queijos contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e flora aeróbica mesófila, obtendo redução significativa dos microrganismos e sem alteração sensorial significativa no queijo.

O controle dos níveis de oxigênio no espaço livre da embalagem preserva diretamente a qualidade e a segurança de alimentos e bebidas embalados. Na pesquisa de Promsorn e Harnkarnsujarit (2022), os autores produziram plásticos de base biológica sequestradores de oxigênio para controlar os teores de oxigênio em embalagens de alimentos, o amido termoplástico foi produzido por extrusão composta com diferentes teores ácido gálico, demonstrando seu potencial uso para o aumento da vida útil de alimentos.

Considerações Finais

Embora diariamente sejam produzidos alimentos suficientes para alimentar o mundo, a tecnologia e os alimentos produzidos não chegam a todos. Assim, o desperdício de alimentos tornou-se um desafio fundamental em todos os setores de processamento de alimentos.

A combinação de tecnologias inovadoras demonstra imenso potencial para atingir padrões de redução microbiana e inativação enzimática para prolongar a vida útil de alimentos, mantendo seus compostos bioativos. No entanto, o alto custo continua sendo uma barreira e impede a difusão dessas tecnologias na prática em nível industrial. É importante ressaltar que uma investigação completa dos mecanismos subjacentes e das tecnologias de processamento não térmico comercialmente viáveis deve ser desenvolvida para aplicação em larga escala, com base em aspectos técnico-econômicos.

Referências Bibliográficas

AGHAJANZADEH, S.; ZIAIIFAR, A. M. A review of pectin methylesterase inactivation in citrus juice during pasteurization. **Trends in Food Science & Technology**, v. 71, p. 1–12, 2018.

ALVARENGA, P. D. L. *et al.* Aplicação do ultrassom no processamento de frutas e hortaliças. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 24, 2021.

BAI, L.; LIU, M.; SUN, Y. Overview of Food Preservation and Traceability Technology in the Smart Cold Chain System. **Foods**, v. 12, 2023.

BERMÚDEZ-AGUIRRE, D. *et al.* Modeling the inactivation of *Listeria innocua* in raw whole milk treated under thermo-sonication. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, n. 2, p. 172–178, 2009.

BHATTACHARJEE, C.; SAXENA, V. K.; DUTTA, S. Novel thermal and non-thermal processing of watermelon juice. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 234–243, 2019.

BI, X. *et al.* The effect of ultrasound on particle size, color, viscosity and polyphenol oxidase activity of diluted avocado puree. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 27, p. 567–575, 2015.

BOYACI, D. *et al.* Development of flexible antimicrobial zein coatings with essential oils for the inhibition of critical pathogens on the surface of whole fruits: Test of coatings on inoculated melons. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 20, 2019.

CAI, R. *et al.* Inactivation activity and mechanism of high-voltage pulsed electric fields combined with antibacterial agents against *Alicyclobacillus spp.* in apple juice. **International Journal of Food Microbiology**, v. 431, 2025.

CHEN, K. *et al.* Moisture loss inhibition with biopolymer films for preservation of fruits and vegetables: A review. **International journal of biological macromolecules**, v. 263, p. 130337–130337, 2024.

DESHPANDE, V. K.; WALSH, M. K. Effect of thermosonication in a continuous system on indigenous microflora, milk quality, and consumer acceptance. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n. 9, 2020.

DO CANTO, N. R.; GRUNERT, K. G.; DE BARCELLOS, M. D. Circular Food Behaviors: A Literature Review. **Sustainability**, v. 13, n. 4, 2021.

FAN, X. *et al.* Fabrication of bio-based hierarchically structured ethylene scavenger films via electrospaying for fruit preservation. **Food Hydrocolloids**, v. 133, 2022.

GAMMOH, S. *et al.* Modification of the functional and bioactive properties of camel milk casein and whey proteins by ultrasonication and fermentation with *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*. **LWT**, v. 129, 2020.

GHOSHAL, G. Comprehensive review on pulsed electric field in food preservation: gaps in current studies for potential future research. **Heliyon**, v. 9, 2023.

JIN, T. Z.; ABOELHAGGAG, R. M. Combined Pulsed Electric Field with Antimicrobial Caps for Extending Shelf Life of Orange Juice. **Beverages**, v. 8, n. 4, p. 72–72, 2022.

KARNWAL, A. *et al.* Natural biopolymers in edible coatings: Applications in food preservation. **Food Chemistry: X**, v. 25, 2025.

LI, L. *et al.* Future directions for multifunctional preservation technologies in food preservation: A review. **Journal of Stored Products Research**, v. 114, 2025.

MARTÍNEZ-ROMERO, D. *et al.* Rosehip oil coating delays postharvest ripening and maintains quality of European and Japanese plum cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 155, p. 29-36, 2019.

ORLO, E. *et al.* Eugenol-based aluminium packaging: antibacterial performance for cooked ham and cheese preservation and risk assessment for consumer safety. **Food Control**, v. 177, 2025.

PROMSORN, J.; HARNKARNSUJARIT, N. Oxygen absorbing food packaging made by extrusion compounding of thermoplastic cassava starch with gallic acid. **Food Control**, v. 142, 2022.

ROSSETO, M. *et al.* Adição de compostos bioativos em embalagens alimentícias ativas e inteligentes: tendências, avanços e desafios. **Compostos Bioativos e suas Aplicações**. v. 12, p. 252–279, 2021.

SANTERAMO, F.G.; LAMONACA, E. Food Loss–Food Waste–Food Security: A New Research Agenda. **Sustainability**. v. 13, 2021.

SARANTÓPOULOS, C., I., G. L.; MORAES, B., B. Embalagens ativas e inteligentes para frutas e hortaliças. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**. São Paulo, v. 21, n. 1, p. 1-7, 2009.

SCHMIDT-TRAUB G, OBERSTEINER M, MOSNIER A. Fix the broken food system in three steps. **Nature**. v. 568, p. 181–183, 2019.

SRIDHAR, A. *et al.* Food preservation techniques and nanotechnology for increased shelf life of fruits, vegetables, beverages and spices: A review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 19, p. 715–1735, 2020.

SULAIMAN, A. *et al.* Thermosonication for polyphenoloxidase inactivation in fruits: Modeling the ultrasound and thermal kinetics in pear, apple and strawberry purees at different temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 165, p. 133–140, 2015.

YANG, J. *et al.* Effect of ultrasound on the structural characteristics of fresh skim milk. **Food Science and Technology International**. v. 26, p. 222-230, 2020.

ZENG, Y. *et al.* Preparation of sodium alginate/konjac glucomannan active films containing lycopene microcapsules and the effects of these films on sweet cherry preservation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 215, p. 67-68, 2022.

ZHANG, X., LI, Z., JI, R. *et al.* Preparation and Characterization of Pullulan/Carboxymethyl Cellulose/Nano-TiO₂ Composite Films for Strawberry Preservation. **Food Biophysics** v. 16, 2021.

Paula Mattanna Mastella

Professora do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
paula.mattanna@utp.br

Tecnologias Digitais na Avaliação de Sementes: O Papel da Análise de Imagens

Sibelle Santanna Caron

Introdução

As sementes são a base da produção agrícola e desempenham um papel fundamental no desenvolvimento sustentável. Elas são responsáveis por garantir a propagação das culturas, influenciando diretamente a produtividade e a qualidade dos alimentos. O uso de sementes de alta qualidade pode aumentar significativamente os rendimentos das lavouras e reduzir a necessidade de insumos agrícolas, como fertilizantes e defensivos (Carvalho; Nakagawa, 2012).

As sementes melhoradas geneticamente, possibilitam o desenvolvimento de cultivares mais resistentes a pragas, doenças e condições climáticas adversas, o que contribui para a sustentabilidade da agricultura (MARCELINO et al., 2020). A certificação e análise de sementes, conforme as regras estabelecidas pelo Ministério da Agricultura (MAPA), são essenciais para garantir a qualidade e a pureza varietal, promovendo o uso eficiente dos recursos naturais e a preservação da biodiversidade agrícola (Brasil, 2025). Portanto, investir em sementes de qualidade é uma estratégia essencial para garantir produtividade, sustentabilidade e segurança alimentar em um mundo com demanda crescente por alimentos.

A tecnologia de sementes tem evoluído constantemente nos últimos anos, com isso, o potencial fisiológico segue o mesmo ritmo impulsionado pelos avanços tecnológicos influenciados pela pesquisa. Constatou-se, porém, que no processo de formação das sementes, colheita, transporte e beneficiamento, várias injúrias são ocasionadas à semente. Para identificar quais as partes da semente são mais afetadas, novos testes e técnicas surgem constantemente, proporcionando cada vez mais uma maior exatidão nas análises realizadas (Lima et al., 2013).

Dessa forma, nas últimas décadas a análise de imagens em sementes vem crescendo, pois é uma técnica inovadora utilizada para avaliar a qualidade, pureza e vigor das sementes de forma automatizada e não destrutiva. Com isso, será apresentado as principais aplicações da análise de imagens na avaliação da qualidade de sementes, destacando seu uso

como ferramenta não destrutiva para caracterização morfológica, detecção de danos e apoio ao melhoramento genético.

Desenvolvimento

A análise de imagens tem se consolidado como uma ferramenta essencial na avaliação da qualidade de sementes, permitindo diagnósticos precisos e não destrutivos. Essa técnica possibilita a identificação de características morfológicas externas e internas das sementes, como tamanho, forma, cor e integridade, além de detectar danos mecânicos, infestações por insetos e malformações. (Javorski; Cícero, 2017).

Estudos demonstram que a análise de imagens pode ser empregada para avaliar a morfologia interna de sementes por meio de técnicas como a radiografia. Por exemplo, Menezes et al. (2005) utilizaram raios X para identificar fissuras em sementes de arroz após a secagem artificial, permitindo a seleção de sementes com maior potencial de germinação.

Paralelamente, o desenvolvimento de alternativas inovadoras tem buscado fornecer informações mais precisas, menos subjetivas e com maior confiabilidade sobre o potencial fisiológico das sementes. Dentre essas alternativas, destaca-se o software Seed Vigor Imaging System (SVIS®), que possibilita a obtenção de índices de vigor, além de parâmetros relacionados ao comprimento e à uniformidade do desenvolvimento das plântulas (Leão-Araújo, et al. 2017).

O método SVIS® (Seed Vigor Imaging System®) é um sistema de análise computadorizada de imagens de plântulas, desenvolvido na Ohio State University/Estados Unidos da América, que quantifica vigor de sementes com base no crescimento e uniformidade de plântulas (Castan; Gomes Junior; Marcos Filho, 2018). O protocolo típico consiste em germinar sementes (geralmente em papel germitest, 20 a 25 por repetição), transferir plântulas (3 a 5 dias após semeadura) para um fundo com uma cor que ocorra um contraste para melhor visualização, digitalizá-las com scanner (100 dpi) e analisá-las pelo software SVIS®, que mede comprimento de raiz e hipocótilo, gera índices de crescimento e uniformidade e calcula um índice de vigor (0–1000) (Dias, 2023).

Em café, o SVIS foi testado para avaliar vigor, mostrando correlação com primeiros testes e capacidade de discriminar entre lotes de forma rápida (Vieira; Krzyzanowski, 1999). Também foi aplicado em trigo (cultivares BRS 208, BRS 220, IPR 85), detectando diferenças entre lotes que outros métodos tradicionais não fazem (RAHMAN e CHO, 2016) Em

grão-de-bico (*Cicer arietinum*), comparado a ensaios clássicos como condutividade elétrica e envelhecimento acelerado, SVIS em plântulas de 4 dias a 20 °C distinguiu lotes com desempenho semelhante aos testes. Em cenoura (*Daucus carota*), o SVIS forneceu índices de vigor e uniformidade eficientes ao detectar diferenças entre lotes (Rodo et al., 2000).

O método apresenta vantagens como velocidade, reprodutibilidade, objetividade e menor custo que testes convencionais.

Já imagens por Raios-X é um método não destrutivo que revela a estrutura interna, permitindo identificar danos mecânicos, deterioração de tecidos, malformações ou presença de insetos (BARBEDO, 2019). Em sorgo (*Sorghum bicolor*), um estudo correlacionou características internas observadas em radiografias com potencial fisiológico por meio de germinação e testes de vigor, constatando que sementes com danos visíveis apresentavam menores índices (Barbedo, 2019).

Além disso, combinar imagens de raio-X e análise computadorizada de plântulas (SVIS®) permitiu detectar variações de vigor entre lotes de sorgo armazenados por diferentes períodos. O teste de raios-X mostrou-se eficiente para diagnóstico precoce de sementes deterioradas (Barbedo, 2019).

Assim, a radiografia agrega valor ao permitir seleção visual digital automatizada das sementes com defeitos internos, sem necessidade de destruição ou germinação prévia.

Por sua vez, a análise multiespectral aplica imagens em múltiplas bandas do UV-Vis-NIR para extrair perfil espectral de sementes de forma rápida, não destrutiva e objetiva, ou seja, registra a refletância do objeto em diferentes bandas do espectro eletromagnético, desde o visível (RGB), passando pelo infravermelho próximo (NIR) até faixas como o red edge, sensíveis à clorofila e outras propriedades vegetativas. Índices como NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDRE (Normalized Difference Red-Edge Index) e VARI (Visible Atmospherically Resistant Index) são calculados combinando bandas ópticas para quantificar viabilidade, vigor, maturidade fisiológica, estresse, teor de clorofila, sanidade, área foliar e saúde geral da planta. Nos últimos anos, a tecnologia evoluiu dentro desse conceito reproduzindo aprendizado de máquinas em culturas como soja, milho, trigo, arroz e hortaliças (Petronilio et al., 2025).

Os sistemas de análise multiespectral iluminam o lote com comprimentos de onda discreto (por exemplo 365–970 nm) e registram imagens por banda. As respostas espectrais (reflectância e, em alguns arranjos, auto-fluorescência) variam com pigmentos (clorofila,

carotenóides, compostos fenólicos, estrutura superficial e teor de água) (Petronilio et al., 2025).

Um estudo sobre alfafa mostrou que sementes em estágios de maturidade mais avançados apresentaram tanto maior germinação quanto maior vigor, avaliados por testes de germinação e envelhecimento acelerado. Além disso, observou-se uma queda na fluorescência de clorofila à medida que as sementes amadureceram (Donaldson, 2020).

Com imagens multiespectrais, foi possível extrair características morfológicas e espectrais (área, cor, saturação), que diferenciaram claramente sementes por maturidade e vigor.

Em milho, a análise multiespectral identificou o vigor com elevada precisão, apontando viabilidade de aplicação na classificação de lotes e seleção de sementes individualmente, inclusive em medições em série durante a embebição. Em trigo, diferenciava-se sementes sadias de sementes infectadas por *Fusarium* antes de sintomas visuais, explorando alterações espectrais relacionadas a pigmentos e danos de parede celular (ALEXIEVA et al., 2001). Em arroz, a combinação de raios X, multiespectral e fluorescência de clorofila produziu painéis de qualidade que se correlacionam com testes de germinação e vigor, evidenciando a força de abordagens multimodais (Auler et al., 2021).

Comparando com o SVIS®, podemos constatar que embora o SVIS® seja um sistema de imagem de plântulas e não multiespectral, ele é frequentemente usado como padrão de comparação de vigor para calibrar modelos multiespectrais, integrando pipelines de fenotipagem rápida (Zhang et al.; 2022)

Como vantagens, temos a possibilidade de ser um método não destrutivo, sensibilidade a características invisíveis; possibilidade de classificação por semente. Já as limitações referem-se ao custo inicial, necessidade de calibração e controle de lote (controle de umidade, impurezas e posição das sementes, além da transferência de modelos entre equipamentos dependendo da cultura. Revisões enfatizam padronização e bancos de dados multiespécies como próximos passos.

Considerações Finais

As inovações tecnológicas aplicadas à análise de sementes, como radiografia por raios X, sistemas de visão computacional (SVIS) e análise multiespectral, consolidam um avanço metodológico significativo. Esses recursos possibilitam diagnósticos rápidos, não destrutivos e de elevada precisão, ampliando a compreensão sobre a qualidade fisiológica, sanitária e genética dos lotes. Além de otimizar tempo, minimizar erros humanos, e reduzir custos, oferecem dados consistentes para pesquisa, produção e certificação. Nesse cenário, a integração com inteligência artificial e automação tende a fortalecer a modernização do setor, estabelecendo novas perspectivas para a ciência e tecnologia de sementes.

Referências Bibliográficas

ALEXIEVA, V. et al. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant, Cell and Environment*, v. 24, p. 1337–1344, 2001.

AULER, P. A. et al. Stress memory of physiological, biochemical and metabolomic responses in two different rice genotypes under drought stress: the scale matters, *Plant Science*. v. 311, 2021.

BARBEDO, J. G. A. A Review on the Use of Unmanned Aerial Vehicles and Imaging Sensors for Monitoring and Assessing Plant Stresses. *Embrapa Agricultural Informatics*, Special Issue. Campinas-SP 13083-886, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2025.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CASTAN, D. C. C.; GOMES-JUNIOR, F. G.; MAERCOS FILHO, J. Vigor-S, a new system for evaluating the physiological potential of maize seeds. *Scientia Agrícola* v. 75, n. 2, p. 167-172, 2018.

DIAS, L. B. X. Técnicas de análise de imagens aplicadas na avaliação do vigor de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). **Dissertação de mestrado** – Escola Superior de Agricultura Luiz De Queiroz, 73p. -2023.

DONALDSON, L. Autofluorescence in plants, *Molecules*, 2020.

JAVORSKI, M.; CICERO, S. M. Utilização de raios X na avaliação da morfologia interna de sementes de sorgo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 16, n. 2, p. 310–318, 2017.

LEÃO-ARAÚJO, E. F. *et al.* Controlled deterioration test and use of the Seed Vigor Imaging System (SVIS®) to evaluate the physiological potential of crambe seeds. **Journal of Seed Science**, v.39, n.4, p.393-400, 2017.

LIMA, M. J. A. Utilização de técnicas na avaliação de sementes por imagem. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido.**, v. 8, n. 1, p. 1–10, 2013.

MARCELINO, R. *et al.* *Melhoramento genético e produção de sementes: estratégias para o futuro da agricultura.* **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 95, n. 3, p. 45-60, 2020.A. C.

MENEZES, N. L.; GARCIA, D. C.; MATTIONI, N. M. Teor de proteína e qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 70–76, 2005.

PETRONILIO, A. C. P. *et al.* Smart and accurate: A new tool to identify stressed soybean seeds based multispectral imagens and machine learning models. **Smart Agricultural Technology**. v. 12, 2025.

RAHMANN, A. CHO, B. Assessment of seed quality using non-destructive measurement techniques: a review. **Seed Science Research**. v. 26, p. 285–305, 2016.

RODO, A. B.; PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Metodologia alternativa do teste de envelhecimento acelerado para sementes de cenoura. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 289–292, 2000.

VIEIRA, R.D. & KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de Condutividade Elétrica. **Embrapa Soja.**, 1999.

ZHANG, S. *et al.* Non- destructive testing of alfalfa seed vigor based on multispectral imaging technology, **Sensors** v .22, p. 2760, 2022.

Sibelle Santanna Caron

Professora do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
sibelle.caron@utp.br

Frutivinocultura: Uma Alternativa Para a Produção Agropecuária

Cláudio José Araújo da Silva
Marcos Antonio Dolinski
Eliane Aparecida Rogovski Czaja

Introdução

Os sistemas de integração são tecnologias que podem constituir uma alternativa importante para o desenvolvimento de atividades produtivas da agropecuária brasileira, principalmente em um contexto no qual a produção de forma sustentável passou a ser uma exigência, inclusive internacional (Kunrath, 2014).

A produção integrada tendo como componentes ovinos e frutíferas oferece diversas vantagens, como o aumento da produtividade e da rentabilidade na mesma área. No entanto, requer planejamento cuidadoso e atenção a detalhes específicos nos quais podemos ressaltar alguns desafios e cuidados como: seleção de espécies frutíferas e de ovinos; manejo do pastejo; proteção das árvores; manejo sanitário dos animais e das plantas; qualidade da fruta; mão de obra e conhecimento técnico; planejamento da implantação.

Nesse contexto, os trabalhos de pesquisa desenvolvidos a partir de 2023 na fazenda experimental Pé da Serra da Universidade Tuiuti do Paraná, no Município de São José dos Pinhais, no Estado do Paraná na área de produção integrada de frutíferas e ovinos (Frutivinocultura), tiveram como objetivos explorar uma lacuna significativa no campo da pesquisa agropecuária, especialmente no contexto da fruticultura e ovinocultura brasileira. O avanço no conhecimento científico sobre alguns aspectos que pode causar dúvidas ao produtor, além da perspectiva valiosa para a implementação de sistemas agropecuários mais sustentáveis e eficientes tendo como base a busca por explorar novas abordagens de integração entre atividades agrícolas e pecuárias serviram de princípios norteadores dos estudos.

Diante desse contexto, este capítulo tem como objetivo apresentar os trabalhos realizados e as perspectivas da utilização do sistema integrado de frutíferas com ovinos (Frutivinocultura).

Desenvolvimento

A importância da raça na produção animal reside em seu impacto direto na produtividade, lucratividade e eficiência do sistema de criação. As principais raças de ovinos de corte no Brasil incluem raças nativas deslanadas como a Santa Inês, Morada Nova e Rabo Largo (mais comum no Nordeste brasileiro), e raças importadas adaptadas, como Dorper, Suffolk e Hampshire Down. Outras raças importantes são a Texel, Ile de France e Somalis Brasileira (Barros; Simplício, 2001).

Os estudos desenvolvidos por Castro *et al.* (2024) e Venera *et al.* (2024) na fazenda Pé da Serra da Universidade Tuiuti do Paraná, utilizando o sistema integrado frutíferas e ovinos indicaram que a raça Ile de France pode ser uma alternativa interessante para utilização em sistemas integrados ressaltando a sanidade e a condição nutricional dos animais.

Os benefícios mútuos dessa integração são tangíveis e variados. Em pomares de mangueiras, por exemplo, a presença de ovinos demonstrou uma significativa economia operacional, eliminando a necessidade de duas aplicações anuais de herbicidas, roçagens e capinas. Além de reduzir os custos de manutenção da área, as árvores frutíferas oferecem sombra vital, contribuindo para o conforto térmico e o bem-estar dos animais (Pereira *et al.*, 2009; Willadino, 2021). Os ovinos também aproveitam folhas e ramos finos provenientes das podas e desbastes, transformando resíduos em fonte de alimento. Em certas configurações, como a integração de ovinos com oliveiras, a comercialização de cordeiros chegou a consolidar-se como a principal fonte de receita da propriedade (Willadino, 2021).

Contudo, a frutivocultura enfrenta desafios inerentes, principalmente o "ramoneio" a ingestão de folhas e ramos e os potenciais danos mecânicos causados pelos ovinos às plantas frutíferas. A integridade das árvores pode ser comprometida tanto pelo consumo de sua folhagem quanto pelo ataque à casca, problemas que são mais frequentes quando a disponibilidade e a qualidade da forragem acessível são insuficientes (Costa; Gonzalez, 2012).

Para mitigar esses riscos, a implementação de estratégias de manejo eficazes é indispensável. A medida primordial é garantir uma provisão contínua e abundante de forragem de alta qualidade, o que desencoraja os animais de buscar por fontes alimentares alternativas que possam prejudicar as frutíferas. O fornecimento diário de ração e uma suplementação mineral balanceada têm se mostrado eficientes na prevenção do ramoneio, particularmente em cultivos como a oliveira (Willadino, 2021).

Pesquisa realizada na Universidade Tuiuti do Paraná, na Fazenda Experimental Pé da Serra, que analisou o comportamento alimentar de ovinos Ile de France em sistemas com pessegueiros, indicou uma adaptação satisfatória dos animais. Seu pastejo contribuiu para a redução dos custos de produção e para a otimização do uso da área (Castro *et al.*, 2024). Em contraste, outra investigação, focada no crescimento inicial de pessegueiros em consórcio com ovinos, revelou uma vulnerabilidade significativa: 17 % dos ramos principais dos pessegueiros morreram aos 15 meses de idade, e esse índice aumentou para 62 % aos 24 meses. Esse achado sublinha a necessidade de um manejo meticuloso durante as fases iniciais das frutíferas para prevenir perdas expressivas causadas pelos ovinos (Venera *et al.*, 2024).

A Embrapa Semiárido demonstrou a viabilidade econômica da integração de mangueiras e videiras com ovinos no Vale do São Francisco. Os experimentos resultaram em uma redução nos custos de produção das frutas que variou de 4 % a 8 %, além de gerar uma receita líquida adicional de R\$ 200,00 por hectare anualmente. Extrapolando esses dados, um pomar de mangueiras de 50 hectares poderia obter economias de mais de R\$ 20.000,00 por ciclo produtivo e um acréscimo de R\$ 10.000,00 anuais com a venda dos animais.

Os estudos de comportamento ingestivo dos animais em frutivocultura, relacionados com a taxa de bocados descritos por Castro *et al.*, 2024 relataram que os animais apresentaram em média de 25 bocados por minuto, os animais mantiveram a taxa de bocados mesmo diante das variações de altura e massa de forragem, indicando que essas alterações não foram suficientes para provocar alterações na taxa de bocados.

Desta forma, o controle de verminose se torna fundamental, e nesse contexto o método Famacha[®] é importantíssimo para ovinos pois permite o controle seletivo da verminose causada pelo *Haemonchus contortus*, identificando os animais com anemia através da inspeção da mucosa ocular, e assim, apenas tratando os animais afetados (Minho; Molento, 2014).

Assim, os estudos desenvolvidos por Castro *et al.*, 2024 constataram que os animais tiveram categoria clínica do grau Famacha[®] entre 1 e 2, resultado excelente já que não se recomenda a utilização de vermífugos nessa faixa clínica. Ressalta-se, que a recomendação de aplicações de vermífugos em todo o rebanho não é recomendado atualmente.

Outro fator fundamental no manejo de ovinos, diz respeito a avaliação do Escore de Condição Corporal (ECC) isso porque fornece uma estimativa do estado nutricional e das reservas energéticas do animal, sendo uma ferramenta de baixo custo e fácil implementação

para o manejo da produção e reprodução. A condição corporal em ovinos reflete no nível de uma combinação de massa de gordura e massa muscular (Souza, *et al.*, 2011).

O trabalho de Castro *et al.*, 2024 com pastagens em consórcio formada por Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), Azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e Tifton-85 (*Cynodon* spp.) observou uma massa de forragem com média de 1636 Kg de MS ha⁻¹ e altura de 18 cm durante os meses de setembro de 2023 a maio de 2024, essa massa possibilitou uma oferta de forragem de 6,3% que resultou em um consumo médio de 1,34 % do PV de MS e um consumo médio por animal de 1,31 kg de MS.dia⁻¹, o consumo médio diário normalmente verificado para ovinos fica entre 2% e 5% do peso vivo, assim, o valor de 1,34% poderia ser considerado baixo, porém, em se tratando de animais em sistema semi-intensivo pode-se admitir o valor como aceitável. Assim, os resultados demonstraram que pastagens anuais de inverno como o azevém, perenes de verão como o Tifton-85 e leguminosas como o amendoim forrageiro são espécies com potencial para utilização em sistemas integrados.

Os estudos conduzidos por Castro *et al.*, 2024 observou que o consumo de folhas pelos ovinos em sistema integrado com frutíferas foi superior na primavera/verão (média de 9,50 g/min) quando comparado com o outono (7,70 g/min) e que o pastejo desses animais foi composto em 77% por folhas, ressalta-se que as dietas ricas em folhas são importantes no pastejo de ruminantes por serem o componente mais nutritivo da planta, influenciando diretamente o consumo e o desempenho animal, como o ganho de peso e a produção de leite.

Considerações Finais

Podemos inferir que a integração entre espécies arbóreas frutíferas e a criação de ovinos demonstrou ser promissora, o monitoramento da condição nutricional e consumo dos animais são ótimos indicadores para essa afirmação, além disso, cabe ressaltar que a otimização do pastejo por meio do horário e da estrutura da pastagem contribui para a sustentabilidade de longo prazo do sistema de produção. Uma pastagem bem manejada é mais produtiva, mais resiliente à degradação e requer menos insumos externos. Os episódios de pastejo das frutíferas ao longo do dia por parte dos animais, devem ser objeto de estudos mais aprofundados, principalmente com relação aos danos causados as mudas jovens.

Referências Bibliográficas

BARROS, N. N.; SIMPLÍCIO, A. A. **Produção intensiva de ovinos de corte**. - Sobral, CE: Embrapa Caprinos, 2001. 36p.; (Embrapa Caprinos. Documentos, 37).

CASTRO, P. G.; SILVA, C. J. A.; VENERA, J.; DOLINSKI, M. A. Comportamento ingestivo de ovinos em sistema integrado com frutíferas. XX Simpósio Paranaense de Ovinocultura, I Simpósio Brasileiro de Ovinocultura, Ovinocultura Inteligente: Inovação e Sustentabilidade. **Revista Acadêmica Ciência Animal**. 2024;22(Supl. 1):6.

COSTA, J. A. A.; GONZALEZ, C. I. M. **Produção de ovinos de corte em sistemas de integração**. In: BUNGENSTAB, D. J. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2012. p. 189-198.

KUNRATH, T. R. **Sistemas integrados de produção agropecuária: o papel da pastagem na solução do dilema produção versus conservação**. 2014. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

MINHO, A. P.; MOLENTO, M. B. **MÉTODO FAMACHA: Uma Técnica para Prevenir o Aparecimento da Resistência Parasitária**. Embrapa Pecuária Sul, 2014.

PEREIRA, L. G. R.; VOLTOLINI, T. V.; MORAES, S. A.; ARAGÃO, A. S. L.; BRANDÃO, L. G. N.; CHIZZOTTI, M. L. **Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): sistema de integração fruticultura pecuária**. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2., 2009, Petrolina. Anais. Petrolina: Univasf: Embrapa semiárido, 2009. 11 p.

SOUZA, K. C.; MEXIA, A. A.; SILVA, S. C.; GARCIA, J.; JUNIOR, L. S. S. Escore de condição corporal em ovinos visando a sua eficiência reprodutiva e produtiva. **Pubvet**. Londrina, V. 5, N. 1, Ed. 148, Art. 997, 2011.

VENERA, J.; CASTRO, P. G.; SILVA, C. J. A.; DOLINSKI, M. A. Frutivocultura: crescimento inicial de pessegueiro consorciado com ovinos. XX Simpósio Paranaense de Ovinocultura, I Simpósio Brasileiro de Ovinocultura, Ovinocultura Inteligente: Inovação e Sustentabilidade. **Revista Acadêmica Ciência Animal**. 22(Supl. 1):7, 2024.

WILLADINO, M. T. **Sistema integrado de produção de oliveiras e ovinos em Cachoeira do Sul**, RS. 2021. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

Cláudio José Araújo da Silva

Professor do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
claudio.silva@utp.br

Marcos Antonio Dolinski

Professor do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
marcos.dolinski@utp.br

Eliane Aparecida Rogovski Czaja

Professora do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
eliane.rogovski@utp.br

Principais Doenças de Frutíferas de Caroço de Clima Temperado

Marcos Antonio Dolinski
Eliane Aparecida Rogovski Czaja
Cláudio José Araújo da Silva

Introdução

A fruticultura de caroço de clima temperado desempenha um papel econômico e social de grande relevância em diversas regiões do mundo. Culturas como o pessegueiro (*Prunus persica*) e ameixeira (*Prunus salicina*), não apenas fornecem alimentos nutritivos, mas também sustentam cadeias produtivas complexas, gerando renda e empregos. No entanto, a produtividade e a qualidade dessas culturas são constantemente ameaçadas pela ocorrência de doenças, que, se não manejadas adequadamente, podem resultar em perdas econômicas significativas e comprometer a viabilidade dos sistemas de produção.

Este capítulo se dedica a aprofundar o conhecimento sobre duas doenças que afetam espécies frutíferas de clima temperado, abrangendo patógenos de naturezas distintas, como fungo e bactéria. Serão exploradas a podridão parda do pessegueiro (*Monilinia fructicola*) e a escaldadura das folhas de ameixeira da ameixeira (*Xylella fastidiosa*).

A ocorrência dessas doenças além de reduzir a produtividade, podem afetar diretamente a qualidade dos frutos, limitam a vida de prateleira pós-colheita e aumentam custos adicionais de manejo aos produtores. A constante pressão de seleção sobre os patógenos, aliada às variações meteorológicas e às práticas de cultivo, exige que técnicos, pesquisadores, produtores e estudantes estejam atualizados com as mais recentes informações e estratégias para um controle eficaz e sustentável.

Com o objetivo de apresentar conhecimento especializado, esta obra foi concebida como um guia técnico. A qual visa fornecer informações para a identificação, compreensão e manejo da principal doença nas culturas do pessegueiro, ameixeira, videira e figueira.

Desenvolvimento

1. Podridão Parda do Pessegueiro (*Monilinia fructicola*)

1.1 Etiologia

A *Monilinia fructicola* é o agente etiológico da podridão parda, doença que representa uma ameaça significativa ao pessegueiro (*Prunus persica*), causando danos tanto antes quanto após a colheita em diversas regiões temperadas e subtropicais (Angeli, 2008; Martini;

Mari, 2014). Embora classificado no filo Ascomycetos, a formação de sua fase sexuada (apotecio e ascósporos) é raramente observada no Brasil, sua ocorrência é garantida pela reprodução assexual como principal mecanismo de perpetuação da doença (Di Francesco; Mari, 2018; De Miccolis Angelini *et al.*, 2022).

1.2 Sintomatologia

Os danos causados pela podridão parda se manifestam distintamente em diferentes órgãos do pessegueiro: flores, ramos e frutos. Nas flores, a doença é particularmente evidente durante o pleno florescimento, onde as pétalas infectadas exibem lesões marrons e necróticas. Essas lesões progridem rapidamente, cobrindo toda a estrutura floral, que então murcha, se torna necrótica e pode permanecer aderida aos ramos. A partir das flores, o patógeno é capaz de colonizar os ramos, resultando na formação de cancrios. Nos frutos, o início da infecção é marcado por pequenas manchas circulares de coloração marrom-clara a parda. Em estágios avançados, o fruto mumifica e desidrata, podendo permanecer na planta ou cair ao solo (formando as chamadas múmias). A suscetibilidade à infecção ocorre em todas as fases de desenvolvimento do fruto, sendo mais comum à medida que amadurecem (May De Mio; Garrido; Ueno, 2004).

1.3 Ciclo das Relações Patógeno-Hospedeiro

O ciclo da podridão parda é reconhecido como policíclico, característica que permite ao patógeno gerar múltiplas infecções ao longo de uma única estação de crescimento da cultura. A sobrevivência do fungo é assegurada por meio das múmias de frutos e dos cancrios formados nos ramos. Durante a primavera, essas estruturas servem como fonte para a produção de conídios, que, disseminados pelo vento, são os responsáveis pela infecção primária. Essa infecção inicial ocorre principalmente nas flores, sendo favorecida por temperaturas entre 15 °C e 25 °C e alta umidade. Após a germinação do esporo, a formação de um apressório facilita a penetração no hospedeiro. Subsequentemente à infecção floral e ao desenvolvimento das lesões iniciais, uma abundante quantidade de novos conídios é produzida nas flores e ramos afetados. Esses conídios, novamente dispersos pelo vento, são os agentes das infecções secundárias, que podem resultar em aumento da doença desde o período de floração até a colheita e em pós-colheita (Lee; Bostock, 2007; Angeli, 2008; Martini; Mari, 2014; Rungjindamai; Jeffries; Xu, 2014).

1.4 Manejo Integrado da Doença

O Manejo Integrado da Doença (MID) para a podridão parda do pessegueiro compreende uma gama diversificada de estratégias, visando um controle eficaz e sustentável. A aplicação de fungicidas é um pilar desse manejo, devendo ser criteriosamente baseada no estágio fenológico da planta e na ocorrência de condições meteorológicas propícias ao desenvolvimento da doença. As pulverizações são tipicamente programadas para as fases de floração (início da abertura das flores, plena floração e queda de pétalas) e nos frutos em pré-colheita, que são as fases mais suscetíveis em pessegueiro (May De Mio; Garrido; Ueno, 2004).

Além dos métodos químicos, produtos biológicos, como aqueles à base de bactérias, fungos ou leveduras, podem ser empregados para proteger flores e frutos. Essa abordagem é particularmente relevante em sistemas de produção orgânica ou como um complemento ao controle químico tradicional. No contexto das práticas culturais, a remoção e eliminação de ramos e flores infectados (múmias), tanto os que permanecem na planta quanto os que caem no pomar, são cruciais para reduzir o inóculo primário da doença. No MID o monitoramento da umidade e temperatura, em conjunto com modelos de previsão da doença, permite otimizar o momento das aplicações de fungicidas e produtos biológicos.

2. Escaldadura das Folhas da Ameixeira (*Xylella fastidiosa*)

2.1 Etiologia

A escaldadura das folhas da ameixeira (*Prunus salicina*) é uma doença de grande impacto econômico, causada pela bactéria *Xylella fastidiosa*. Desde sua identificação no Brasil em 1970, a doença tem provocado a erradicação de um número crescente de pomares de ameixeira. O patógeno é uma bactéria Gram-negativa, aeróbica e em formato de bastonete, que se caracteriza por colonizar os vasos do xilema (Chandler *et al.*, 2019; Burbank, 2022; Ferreira *et al.*, 2025).

2.2 Sintomatologia

Os sintomas da escaldadura manifestam-se após um período de incubação considerável, que pode estender-se por 8 a 9 meses. Os sintomas são resultantes da oclusão dos vasos do xilema pela bactéria, comprometendo severamente o transporte de água e nutrientes (Ferreira *et al.*, 2025; Burbank, 2022). Inicialmente, observam-se nas margens das folhas mais velhas manchas necróticas irregulares de coloração marrom-clara. Essa necrose

avança progressivamente para o centro da folha, frequentemente delimitada por um halo clorótico ou amarelado, conferindo à folha uma aparência de "queimadura" (Ferreira, 2016; Muller *et al.*, 2021). Com a evolução da doença, os sintomas se estendem para os ramos, resultando em desfolha prematura, morte de ponteiros e secamento (Muller *et al.*, 2021) (Kleina *et al.*, 2018; Muller *et al.*, 2021; Ferreira *et al.*, 2025).

2.3 Ciclo das Relações Patógeno-Hospedeiro

O ciclo da escaldadura da ameixeira é complexo, envolvendo a interação entre a bactéria, a planta hospedeira e insetos vetores. A *Xylella fastidiosa* sobrevive e se multiplica no xilema de ameixeiras infectadas. Além disso, uma gama de outras espécies frutíferas, plantas ornamentais e diversas plantas daninhas atuam como hospedeiros secundários assintomáticos, contribuindo para a manutenção do inóculo. A principal forma de transmissão ocorre por meio de insetos vetores que se alimentam do xilema, com destaque para cigarrinhas. A transmissão mecânica, embora menos frequente, pode ocorrer por meio de tesouras de poda. A disseminação em longas distâncias é predominantemente facilitada pelo transporte de material de propagação infectado, como mudas (Ferreira, 2016; Burbank, 2022; Muller *et al.*, 2021; Ferreira *et al.*, 2025).

2.4 Manejo Integrado da Doença

O manejo integrado da doença (MID) para a escaldadura da ameixeira compreende uma série de estratégias interligadas. A aplicação de inseticidas desempenha um papel crucial na redução das populações de cigarrinhas no pomar.

O uso de material de propagação sadio, como mudas certificadas e comprovadamente livres de *Xylella fastidiosa*. A erradicação de plantas que exibem sintomas no pomar é vital para diminuir as fontes de inóculo (Ferreira *et al.*, 2016). Complementarmente, o controle de plantas daninhas e de outras espécies frutíferas que podem atuar como hospedeiras secundárias assintomáticas, juntamente com a desinfestação de tesouras de poda (Ferreira, 2016).

Considerações Finais

As duas doenças abordadas neste capítulo: podridão parda do pessegueiro e escaldadura das folhas da ameixeira, possuem particularidades que exigem atenção especializada e estratégias de manejo considerando suas características específicas.

A adoção de manejo integrado de doenças com a combinação de práticas culturais adequadas, o uso de variedades resistentes, o monitoramento constante e a aplicação criteriosa de controle químico e biológico são pilares para a minimização das perdas e a preservação do meio ambiente. Para produtores, a aplicação desse conhecimento traduz-se em maior rentabilidade e menor risco; para técnicos, permite a formulação de planos de manejo assertivos; e para estudantes, constitui uma base sólida para a futura pesquisa e inovação na fitopatologia.

Referências Bibliográficas

ANGELI, S. S. **Epidemiologia comparativa de podridão parda do pessegueiro causada por *Monilinia fructicola* e *Monilinia laxa*: o monociclo**. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

BURBANK, L. P. **Threat of *Xylella fastidiosa* and options for mitigation in infected plants**. CABI Reviews, v. 17, n. 21, 2022.

DE MICCOLIS ANGELINI, R. M.; LANDI, L.; RAGUSEO, C.; POLLASTRO, S.; FARETRA, F.; ROMANAZZI, G. Tracking of diversity and evolution in the brown rot fungi *Monilinia fructicola*, *Monilinia fructigena*, and *Monilinia laxa*. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, n. 9, 2022. DOI: 10.3389/fmicb.2022.854852.

DI FRANCESCO, A.; MARI, M. *Monilinia* species of fruit decay: a comparison between biological and epidemiological data. **Italian Journal of Mycology**, v. 47, p. 13-23, 2018.

FERREIRA, G. M., 2016. **Análise espaço-temporal da escaldadura foliar da ameixeira nas principais regiões produtoras dos estados de São Paulo e Paraná**. 2016. 80 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

FERREIRA, G. M.; THOMAZI, H.; BLOOD, R. Y.; RIBEIRO JUNIOR, P.; MAY DE MIO, L. L. Dynamics of *Xylella fastidiosa* and plum leaf scald: Insights from a long-term study in Brazilian orchards. **Plant Pathology**, v. 74, n. 2, p. 476-492, 2025.

KLEINA, H.T.; PADUA, T.; JACOMINO, A.P.; MAY DE MIO, L.L. Postharvest quality of plums in response to the occurrence of leaf scald disease. **Postharvest Biology and Technology**, v. 143, p. 102–111, 2018.

LEE, M. H.; BOSTOCK, R. M. Fruit exocarp phenols in relation to quiescence and development of *Monilinia fructicola* infections in *Prunus* spp.: A Role for Cellular Redox? **Phytopathology**, v. 97, n. 3, p. 269-277, 2007.

MARTINI, C.; MARI, M. *Monilinia fructicola*, *Monilinia laxa* (**Monilinia rot, Brown rot**). In: BAUTISTA-BAÑOS, S. (Ed.). Postharvest decay-control strategies. Cambridge, MA: Academic Press Elsevier, 2014. p. 233-265.

MAY-DE MIO, L. L.; GARRIDO, L.; UENO, B. **Doenças de fruteiras de caroço**. In: MONTEIRO, LB; MAY-DE MIO, L. L.; SERRAT; B. M., MOTTA, A. C.; CUQUEL; F. L. (Eds.) Fruteiras de caroço: uma visão ecológica. Curitiba - PR. Universidade Federal do Paraná. p. 169-221, 2004.

MULLER, C.; ESTEVES, M. B.; THOMAZI, H.; NONDILO, A.; BOTTON, M.; LOPES, S. First sharpshooter species proven as vectors of *Xylella fastidiosa* subsp. multiplex in Prunus salicina trees in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 46, p. 386–391, 2021.

RUNGJINDAMAI, N.; JEFFRIES, P.; XU, X. M. Epidemiology and management of brown rot on stone fruit caused by *Monilinia laxa*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 140, n. 1, p. 1-17, 2014.

Marcos Antonio Dolinski

Professor do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
marcos.dolinski@utp.br

Eliane Aparecida Rogovski Czaja

Professora do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
eliane.rogovski@utp.br

Cláudio José Araújo da Silva

Professor do curso de Agronomia,
Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, PR
claudio.silva@utp.br









Universidade
Tuiuti do
Paraná







Universidade
Tuiuti do
Paraná

