



ZOOTECNIA DE PRECISÃO E SUSTENTABILIDADE: COMO SENSORES, DRONES E IA ESTÃO CONTRIBUINDO PARA A CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

Rafaela Elias Rodrigues^{1*}, Kaylaine Martins de Souza², Natália Silva de Oliveira² e Gustavo Caioli Branco³.

¹Discente no Curso de Engenharia de Biosistemas – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP – Pirassununga/SP – Brasil – *Contato: rafaelaeliasrodrigues@usp.br

²Discente no Curso de Zootecnia – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP – Pirassununga/SP – Brasil

³Discente no Curso de Ciências da Computação – Faculdades Metropolitanas Unidas – Centro Universitário FMU – Sorocaba/SP – Brasil

INTRODUÇÃO

A intensificação da produção animal nas últimas décadas tem gerado sérios desafios ambientais, como o uso excessivo de água e solo, além da emissão de gases de efeito estufa. O setor agropecuário é responsável por cerca de 14,5% das emissões globais desses gases, com destaque para a produção de carne e leite¹. Diante disso, cresce a demanda por soluções sustentáveis que conciliem produtividade e preservação ambiental. Nesse contexto, a Zootecnia de Precisão surge como uma alternativa promissora, ao incorporar tecnologias como sensores, drones e inteligência artificial (IA) para o monitoramento e manejo dos animais².

Essa abordagem inovadora baseia-se na coleta e análise de dados em tempo real, permitindo maior eficiência no uso de insumos como água, ração e energia. Estudos indicam que essas tecnologias não apenas otimizam os processos produtivos, mas também contribuem para a conservação da biodiversidade e a significativa redução das emissões de gases de efeito estufa³. Além disso, sua aplicação está alinhada ao conceito de saúde única, que integra saúde humana, animal e ambiental.

O objetivo desta revisão de literatura foi examinar as informações mais recentes sobre o impacto das tecnologias emergentes da zootecnia de precisão, como sensores, drones e IA, na melhoria da sustentabilidade e na conservação dos recursos naturais. Este estudo buscou aprofundar a compreensão sobre como essas tecnologias podem contribuir para enfrentar os desafios ambientais da produção animal intensiva e promover práticas mais sustentáveis no setor agropecuário.

MATERIAL

O presente trabalho consiste numa revisão de literatura focada nas tecnologias emergentes aplicadas à zootecnia de precisão, com ênfase na utilização de sensores, drones e IA. A busca por materiais científicos foi conduzida em bases de dados, como ScienceDirect, SpringerLink, PubMed, Web of Science, Scopus, Google Scholar, MDPI e arXiv. A seleção das publicações priorizou estudos dos últimos cinco anos (2020–2024), com critérios de inclusão voltados para artigos que abordassem diretamente a aplicação dessas tecnologias na melhoria da eficiência na utilização de recursos naturais, redução de emissões de gases de efeito estufa e otimização do manejo animal.

Foram utilizados termos de busca combinados e em inglês, tais como: “precision livestock farming”, “sensor-based animal monitoring”, “drones in agriculture”, “artificial intelligence in farming”, “sustainable livestock management” e “precision agriculture technologies”. Após a triagem inicial, os artigos foram selecionados com base na relevância teórica e aplicabilidade prática, compondo a base necessária para a discussão dos avanços tecnológicos, desafios e impactos na conservação dos recursos naturais no contexto da zootecnia de precisão.

RESUMO DE TEMA

A definição de Zootecnia de Precisão refere-se ao uso de tecnologias inovadoras para monitorar e analisar de maneira detalhada os dados relativos aos animais e ao ambiente. Isso é feito através de sensores que capturam informações em tempo real sobre diversos aspectos do bem-estar dos animais, como temperatura corporal, comportamento, saúde, consumo de alimentos e água. Esses dados são processados e analisados por algoritmos de IA, o que permite um gerenciamento altamente preciso e personalizado². Em relação ao manejo tradicional, a zootecnia de precisão se distingue pela sua capacidade de oferecer intervenções rápidas e específicas para cada animal ou grupo de animais, ao invés de adotar métodos gerais. A abordagem permite, por exemplo, ajustar a quantidade de ração de acordo com as necessidades individuais, reduzindo desperdícios e otimizando o uso de recursos⁴.

Entre as tecnologias mais proeminentes estão os sensores, drones e a inteligência artificial. Os sensores são amplamente utilizados para o monitoramento de bem-estar animal, permitindo a coleta contínua de

dados sobre temperatura corporal, comportamento, consumo de água e outros parâmetros fisiológicos, essenciais para garantir o bem-estar dos animais^{5,6}. O uso de drones tem se mostrado essencial na avaliação de pastagens, monitoramento ambiental e até na contagem de animais, proporcionando uma abordagem prática e eficiente para tarefas que, de outra forma, demandariam considerável esforço humano e tempo⁷. Além disso, a integração de tecnologias aéreas e terrestres oferece um gerenciamento ainda mais preciso e eficiente, impulsionando a melhoria da produção agropecuária⁸. A inteligência artificial, por sua parte, é essencial na análise de grandes volumes de dados gerados por essas tecnologias, permitindo a predição de comportamentos, consumo de recursos e a detecção precoce de problemas de saúde, o que resulta em um uso mais eficiente de ração, água e energia⁹. A aplicação de IA na zootecnia de precisão também facilita o monitoramento de doenças e condições de saúde, ajudando na prevenção de surtos e no tratamento precoce de doenças, o que diminui o impacto ambiental associado a tratamentos veterinários e ao uso de antibióticos, além de poder ser utilizado em sistemas de detecção de vacas em ambientes complexos para o monitoramento e manejo dos animais^{10,11}.

Essas tecnologias têm um impacto direto na conservação de recursos naturais. Ao promover um manejo mais eficiente, a zootecnia de precisão reduz significativamente o uso de água e ração, elementos essenciais na produção animal. Por exemplo, o monitoramento preciso das necessidades hídricas e alimentares dos animais evita desperdícios, o que é particularmente importante em áreas com escassez de recursos². Além disso, o manejo eficiente de dejetos, possibilitado pelo controle mais rigoroso sobre as condições dos animais, contribui para a redução da poluição e para o uso mais eficiente dos nutrientes presentes nos resíduos¹².

A monitorização das pastagens e do solo também tem mostrado resultados promissores na prevenção da degradação do solo, uma preocupação crescente nos sistemas de produção agropecuária intensiva³. O uso de sensores e drones para a avaliação de pastagens permite a análise do estado de saúde das áreas de pasto, ajudando a evitar o uso excessivo ou inadequado de áreas de pastagem e promovendo a regeneração do solo.

Além disso, a zootecnia de precisão contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), como metano e óxidos de nitrogênio, que são gerados principalmente pela atividade digestiva dos animais e pela decomposição de dejetos. Através do monitoramento contínuo do desempenho dos animais, é possível identificar práticas de manejo que minimizem a emissão desses gases, além de otimizar a produção de carne e leite com menor impacto ambiental¹. Em fazendas leiteiras na Escócia, o uso de ferramentas de precisão reduziu significativamente as emissões, promovendo uma produção agropecuária mais sustentável, alinhada com a redução da pegada de carbono. Isso também está alinhado com o objetivo de reduzir a pegada de carbono da produção pecuária, um dos maiores desafios enfrentados pela indústria agropecuária global¹³.

No entanto, apesar dos avanços significativos, existem desafios e limitações associados à implementação da zootecnia de precisão. A acessibilidade à tecnologia em propriedades de pequeno porte é uma das principais barreiras. A aquisição de equipamentos sofisticados como drones, sensores e sistemas de IA requer um investimento inicial significativo, o que pode ser um obstáculo para pequenos produtores¹⁴. Além disso, a falta de infraestrutura adequada e de capacitação técnica em algumas regiões agrárias limita a adoção dessas tecnologias. Isso é especialmente verdadeiro em áreas rurais, onde o acesso à internet de alta velocidade e ao suporte técnico especializado ainda é limitado¹⁵. A integração de soluções tecnológicas exige também uma adaptação das práticas agrícolas tradicionais, o que pode ser um desafio para os produtores mais conservadores.

Quadro 1: Tecnologias da Zootecnia de Precisão: Contribuições e Desafios (Fonte Autoral).

Tecnologia	Contribuições	Desafios e limitações
------------	---------------	-----------------------

XV Colóquio Técnico Científico de Saúde Única, Ciências Agrárias e Meio Ambiente



Sensores ^{2,5,6}	Monitoramento em tempo real de parâmetros fisiológicos dos animais (temperatura, alimentação, bem-estar), promovendo uso eficiente de água, ração e melhor manejo de dejetos	Alta dependência de infraestrutura tecnológica, custos elevados de aquisição e manutenção e baixa acessibilidade em pequenas propriedades
Drones ^{7,8}	Avaliação de pastagens, monitoramento ambiental e contagem de animais, auxiliando na gestão do solo e prevenção de degradação	Alto custo inicial, necessidade de operadores capacitados e boas condições climáticas e limitações em áreas de difícil acesso
Inteligência Artificial ^{1,9,10,13}	Análise de grandes volumes de dados para prever comportamentos, identificar doenças, otimizar recursos (ração, água, energia) e reduzir emissões de GEE (metano e óxidos de nitrogênio)	Alto custo de implementação, demanda por dados de qualidade, algoritmos robustos e expertise técnica
Integração das tecnologias ^{11,16}	Integração em uma plataforma eficiente para promover um manejo mais sustentável, monitoramento de recursos naturais em tempo real e otimização dos insumos	Alto custo de implementação e dificuldades de adaptação das práticas tradicionais

A zootecnia de precisão tende a avançar com tecnologias mais sofisticadas, como drones, sensores e IA promovendo monitoramento mais eficiente¹⁶. A integração com políticas públicas e certificações ambientais será crucial para alinhar eficiência produtiva à conservação dos recursos naturais. Além disso, pesquisa e extensão rural desempenharão papel essencial na capacitação dos produtores para adoção e uso efetivo dessas inovações em suas rotinas agrícolas¹¹.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Zootecnia de Precisão oferece soluções inovadoras para a otimização da produção animal, integrando tecnologias como sensores, drones e inteligência artificial para melhorar a eficiência no manejo e reduzir os impactos ambientais. Ela contribui para a conservação de recursos naturais, como água e solo, e diminui as emissões de gases de efeito estufa. Contudo, desafios como o custo elevado e a falta de infraestrutura em propriedades menores ainda dificultam sua adoção. O futuro dessa abordagem depende do aprimoramento das tecnologias e do suporte de políticas públicas que incentivem sua integração e acessibilidade. Futuros estudos devem focar em tornar essas tecnologias mais acessíveis e em avaliar seus impactos a longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MCNICOL, L. C. et al. Adoption of precision livestock farming technologies has the potential to mitigate greenhouse gas emissions from beef production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 8, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1414858>.
- PAPAKONSTANTINO, G. I. et al. Precision Livestock Farming Technology: Applications and Challenges of Animal Welfare and Climate Change. *Agriculture, Basel*, v. 14, n. 4, p. 620, 2024.
- AFROZ HIMU, H.; RAIHAN, A. An Overview of Precision Livestock Farming (PLF) Technologies for Digitalizing Animal Husbandry toward Sustainability. *Global Social Sciences Review*, v. 3, n. 3, 2024.
- MORRONE, S. et al. Industry 4.0 and Precision Livestock Farming (PLF): An up to Date Overview across Animal Productions. *Sensors, Basel*, v. 22, n. 12, p. 4319, 2022.
- ABREU, P. G. Técnicas e ferramentas de zootecnia de precisão aplicada à produção de aves. *A Revista do AviSite*, ano XIV, n. 140, p. 24, set. 2022.
- DANEV, V. et al. Multi-sensor platform in precision livestock farming for air quality measurement based on open-source tools. *Appl. Sci.*, v. 14, n. 18, p. 8113, 2024.
- MADDIKUNTA, P. K. R. et al. Unmanned Aerial Vehicles in smart agriculture: applications, requirements and challenges. *arXiv, eess*, 25 jul. 2020.
- PRETTO, A. et al. Building an aerial-ground robotics system for precision farming: An adaptable solution. *arXiv, cs*, 8 nov. 2019. Última versão revisada: 7 jun. 2022.
- SHULKIN, J. D. et al. Pervasive sensing for livestock health and activity monitoring: current methods and techniques. *arXiv, eess*, 19 mar. 2025.
- ARAÚJO, V. M. et al. AI-powered cow detection in complex farm environments. *arXiv, cs*, 3 jan. 2025.
- LIU, G. et al. Recent Advancements in Precision Livestock Farming. *Agriculture*, v. 13, n. 9, p. 1652, 2023.
- PARDO, G. et al. Influence of precision livestock farming on the environmental performance of intensive dairy goat farms. *Journal of Cleaner Production*, v. 351, p. 131518, 1 jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131518>.
- FERGUSON, H. J. et al. The impacts of precision livestock farming tools on the greenhouse gas emissions of an average Scottish dairy farm. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 8, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1385672>.
- SCHILLINGS, J. et al. Animal welfare and other ethical implications of Precision Livestock Farming technology. *CABI Agric. Biosci.*, v. 2, p. 17, 2021.
- KRAMPE, C. et al. Consumer Perceptions of Precision Livestock Farming—A Qualitative Study in Three European Countries. *Animals*, v. 11, n. 5, p. 1221, 2021.
- KHAN, S. et al. Future of sustainable farming: exploring opportunities and overcoming barriers in drone-IoT integration. *Discovery Sustainability*, v. 5, p. 470, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00736-y>