

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PECUÁRIA DA REGIÃO DE ALVORADA - TOCANTINS

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LIVESTOCK FARMING IN THE ALVORADA REGION -
TOCANTINS

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LIVESTOCK FARMING IN THE ALVORADA REGION -
TOCANTINS

Marcos Antonio Nascimento da Silva¹
Eurípedes Martins da Silva Junior²
Alexandre Ribeiro Dias³
Dionathan Sales Azevedo⁴

RESUMO: O presente estudo analisa a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na pecuária bovina do município de Alvorada, Tocantins, com enfoque nas possibilidades de melhoria da produtividade, da saúde animal e da sustentabilidade das propriedades rurais. A pesquisa caracteriza-se como exploratória, descritiva, bibliográfica e documental, utilizando abordagem qualitativa para compreender os impactos e limitações da inserção de tecnologias digitais no contexto pecuário regional. Foram analisadas produções científicas, relatórios técnicos e dados institucionais relacionados à pecuária de precisão, agricultura digital e inovação tecnológica no agronegócio. Os resultados demonstram que ferramentas como sensores inteligentes, machine learning, Internet das Coisas (IoT), monitoramento remoto e análise preditiva possuem elevado potencial para otimizar o manejo do rebanho, melhorar a eficiência produtiva e contribuir para práticas mais sustentáveis. Entretanto, identificaram-se desafios relevantes para a adoção dessas tecnologias, incluindo limitações de conectividade rural, custos de implementação, baixa infraestrutura tecnológica e necessidade de capacitação técnica dos produtores. Conclui-se que a Inteligência Artificial representa uma importante alternativa para a modernização da pecuária em Alvorada-TO, desde que sua implementação ocorra de forma gradual, adaptada à realidade regional e acompanhada de investimentos em infraestrutura digital e assistência técnica.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Pecuária de Precisão. Agropecuária Digital. Pecuária Bovina. Inovação Tecnológica. Alvorada-TO.

¹Acadêmico em Administração, pela Universidade de Gurupi - UNIRG,

²Orientador. Mestre em educação profissional e tecnológica. Professor (UNIRG)

³Mestre em Agronegócios pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

⁴Graduado em Administração pela Universidade de Gurupi (UnirG).Especialista em Gestão de Recursos Humanos pela UNINTER.

ABSTRACT: This study analyzes the application of Artificial Intelligence (AI) in cattle farming in the municipality of Alvorada, Tocantins, focusing on the possibilities for improving productivity, animal health, and the sustainability of rural properties. The research is characterized as exploratory, descriptive, bibliographic, and documentary, using a qualitative approach to understand the impacts and limitations of the insertion of digital technologies in the peculiar regional context. Scientific productions, technical reports, and institutional data related to precision livestock farming, digital agriculture, and technological innovation in agribusiness were verified. The results demonstrate that tools such as smart sensors, machine learning, the Internet of Things (IoT), remote monitoring, and predictive analytics have high potential to improve herd management, enhance productive efficiency, and contribute to more sustainable practices. However, relevant challenges to the adoption of these technologies were identified, including limitations in rural connectivity, implementation costs, low technological infrastructure, and the need for producers' technical skills. It is concluded that Artificial Intelligence represents an important alternative for the modernization of livestock farming in Alvorada - TO, provided that its implementation occurs gradually, adapted to the regional reality and accompanied by investments in digital infrastructure and technical assistance.

Keywords: Artificial Intelligence. Precision Livestock Farming. Digital Agriculture. Cattle Farming. Technological Innovation. Alvorada-TO.

RESUMEN: Este estudio analiza la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en la ganadería bovina en el municipio de Alvorada, Tocantins, centrándose en las posibilidades de mejorar la productividad, la sanidad animal y la sostenibilidad de las propiedades rurales. La investigación se caracteriza por ser exploratoria, descriptiva, bibliográfica y documental, utilizando un enfoque cualitativo para comprender los impactos y limitaciones de la inserción de tecnologías digitales en el contexto regional particular. Se verificaron producciones científicas, informes técnicos y datos institucionales relacionados con la ganadería de precisión, la agricultura digital y la innovación tecnológica en el agronegocio. Los resultados demuestran que herramientas como sensores inteligentes, aprendizaje automático, Internet de las Cosas (IoT), monitoreo remoto y análisis predictivo tienen un alto potencial para mejorar el manejo del rebaño, aumentar la eficiencia productiva y contribuir a prácticas más sostenibles. Sin embargo, se identificaron desafíos relevantes para la adopción de estas tecnologías, incluyendo limitaciones en la conectividad rural, costos de implementación, baja infraestructura tecnológica y la necesidad de habilidades técnicas por parte de los productores. Se concluye que la Inteligencia Artificial representa una alternativa importante para la modernización de la ganadería en Alvorada - TO, siempre que su implementación se realice de forma gradual, adaptada a la realidad regional y acompañada de inversiones en infraestructura digital y asistencia técnica.

Palabras clave: Inteligencia Artificial. Ganadería de Precisión. Agricultura Digital. Ganadería. Innovación Tecnológica. Alvorada - TO.

1 INTRODUÇÃO

A pecuária é um dos setores mais importantes do agronegócio brasileiro, desempenhando papel estratégico no fornecimento de alimentos e na composição do Produto Interno Bruto (PIB). Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2023), o Brasil consolidou-se como um dos maiores produtores e exportadores de carne bovina do

mundo, impulsionado pela disponibilidade territorial, pelo avanço genético do rebanho e pela adoção de tecnologias no campo. Nesse contexto, a crescente competitividade global exige soluções mais eficientes de manejo e gestão, favorecendo a transformação digital da atividade pecuária.

Entre as inovações mais relevantes destaca-se a Inteligência Artificial (IA), cuja capacidade de processar grandes volumes de dados, reconhecer padrões e automatizar tarefas tem contribuído para o aumento da eficiência produtiva e da sustentabilidade rural. A integração de sensores, softwares, sistemas de monitoramento, conectividade e análise de dados permite o desenvolvimento de sistemas inteligentes capazes de identificar anomalias, prever ocorrências e apoiar a tomada de decisões (Kamilaris; Prenafeta-Boldú, 2018).

O uso da IA insere-se no conceito de agricultura e pecuária 4.0, que combina tecnologias como Internet das Coisas (IoT), drones e sistemas autônomos para otimizar a produção agropecuária. Essas ferramentas contribuem para o aumento da produtividade, a redução de custos operacionais e a melhoria do bem-estar animal (Embrapa, 2022). Contudo, no Brasil, a adoção dessas tecnologias ocorre de forma desigual, especialmente em regiões onde a infraestrutura digital ainda é limitada (Walter et al., 2017).

Embora a pecuária brasileira tenha avançado significativamente com o melhoramento genético, a suplementação nutricional e a mecanização de processos (Barcellos, 2011), persistem desafios relacionados à conectividade, capacitação técnica e acesso a soluções digitais (Silva; Sousa; Ferreira, 2020). Essas limitações dificultam a implementação homogênea de tecnologias de IA voltadas ao monitoramento animal, à gestão produtiva e à predição de indicadores zootécnicos (Kamilaris; Prenafeta-Boldú, 2018).

No estado do Tocantins, a pecuária possui grande relevância econômica, sendo caracterizada predominantemente por sistemas extensivos de produção (IBGE, 2023; Embrapa, 2022). Nesses sistemas, o monitoramento manual do rebanho em grandes áreas dificulta a identificação precoce de doenças, estresse térmico, deficiências nutricionais e alterações comportamentais, podendo resultar em perdas produtivas (Berckmans, 2017).

Diante desse cenário, surge a seguinte questão de pesquisa: como a aplicação da Inteligência Artificial pode melhorar a produtividade, a saúde animal e a sustentabilidade da pecuária na região de Alvorada, Tocantins, considerando os desafios tecnológicos e econômicos dos produtores locais?

O objetivo geral deste estudo é analisar a aplicação da Inteligência Artificial na pecuária da região de Alvorada, Tocantins, identificando suas contribuições para a produtividade, a saúde animal e a sustentabilidade das propriedades rurais. Como objetivos específicos, buscou-se investigar aplicações da IA com base em evidências científicas, relacionar essas tecnologias ao perfil da pecuária local, identificar barreiras à adoção tecnológica e propor perspectivas de implantação viáveis aos produtores da região.

A relevância da pesquisa justifica-se pela importância econômica da pecuária nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil (Mapa, 2023), especialmente no Tocantins, onde a bovinocultura de corte exerce papel fundamental na geração de renda e no desenvolvimento regional (IBGE, 2023). Além disso, estudos indicam que a IA, associada a sensores, visão computacional, algoritmos preditivos e IoT, pode aprimorar o monitoramento animal, a detecção precoce de doenças, a previsão de ganho de peso e o manejo de pastagens, tornando-se uma alternativa promissora para aumentar a eficiência e a competitividade da atividade pecuária (Wolfert et al., 2017; Kamilaris; Prenafeta-Boldú, 2018; Berckmans, 2017).

2 REVISÃO DE LITERATURA

A digitalização do agronegócio tem impulsionado um novo paradigma produtivo conhecido como Agricultura e Pecuária 4.0, marcado pela integração de tecnologias digitais ao processo de produção e gestão rural. Esse modelo representa a evolução das práticas agropecuárias em direção a sistemas altamente conectados, automatizados e orientados por dados, aonde diferentes ferramentas tecnológicas — como Inteligência Artificial (IA), Internet das Coisas (IOT), sensores inteligentes, automação e análise massiva de dados — operam de forma conjunta e integrada (Wolfert, 2017). Essa transformação cria ambientes agropecuários capazes de registrar informações em tempo real, aperfeiçoar processos produtivos e reduzir a dependência de métodos empíricos, contribuindo para maior eficiência, sustentabilidade e previsibilidade operacional.

No campo específico da pecuária, a adoção dessas tecnologias representa uma transição estratégica do manejo tradicional para um modelo de gestão baseado em evidências, que utiliza dados precisos para orientar decisões e intervenções no rebanho. Kamilaris e Prenafeta-Boldú (2018) destacam que essa mudança não se limita à automação de tarefas, mas envolve a reconfiguração de todo o sistema produtivo, no qual sensores, plataformas digitais e algoritmos inteligentes desempenham papel central na compreensão do comportamento animal, do

ambiente e da produtividade. Esse avanço tecnológico permite ao produtor atuar de maneira mais rápida, assertiva e eficiente, reduzindo custos e aumentando o desempenho zootécnico.

A Inteligência Artificial aplicada à pecuária apoia-se em um conjunto de técnicas computacionais avançadas, como algoritmos de aprendizado de máquina, redes neurais profundas, visão computacional e sistemas de análise preditiva. Essas técnicas permitem que grandes volumes de dados sejam processados, organizados e transformados em indicadores relevantes para a gestão do rebanho, ampliando a capacidade de previsão e detecção de padrões produtivos (Wolfert et al., 2017). Entre as principais aplicações identificadas na literatura estão sistemas de monitoramento de bem-estar animal, análise de ingestão alimentar, identificação automática de cio, detecção precoce de enfermidades, previsão de ganho de peso e estimativa de produtividade (Berckmans, 2017). Tais aplicações têm sido consideradas essenciais para a modernização da pecuária, especialmente ao contribuir para a redução de perdas produtivas e para o aprimoramento da saúde e desempenho dos animais.

Essas tecnologias são ainda mais relevantes em sistemas extensivos, predominantes em regiões como o Tocantins, onde a dispersão dos animais em grandes áreas geográficas dificulta o monitoramento contínuo e limita a coleta manual de informações. Em propriedades extensivas, o uso de sensores remotos, coleiras inteligentes, câmeras térmicas e drones torna possível a identificação de anomalias comportamentais, alterações fisiológicas e padrões de deslocamento que antes eram imperceptíveis ou dependiam exclusivamente da observação empírica. Dessa forma, a IA se torna um aliado estratégico para viabilizar o monitoramento individualizado do rebanho mesmo em contextos de grande escala territorial.

A combinação entre IA e IoT permite construir sistemas integrados, nos quais dados ambientais (temperatura, umidade, qualidade do solo e disponibilidade de pastagem) são correlacionados automaticamente com dados individuais dos animais, gerando diagnósticos e recomendações instantâneas. Essa convergência tecnológica fortalece o conceito de pecuária de precisão, onde cada decisão, desde a suplementação até intervenções sanitárias, pode ser ajustada com base em necessidades específicas, contribuindo para a sustentabilidade, bem-estar animal e eficiência econômica do sistema produtivo.

2.1 FUNDAMENTOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PECUÁRIA

A expansão da Inteligência Artificial (IA) no meio rural brasileiro depende não apenas do avanço tecnológico, mas também de condições institucionais, sociais e estruturais que

favoreçam sua adoção. Embora o Brasil possua elevado potencial agropecuário, a incorporação de tecnologias digitais ocorre de forma desigual entre regiões. Nesse contexto, Ouro-Salim e Fanho (2025) identificam fragilidades relacionadas à capacitação técnica, governança participativa, assistência rural e acesso ao crédito, fatores que limitam a absorção de inovações por agricultores familiares. Segundo os autores, “a implementação de tecnologias inovadoras só é sustentável quando acompanhada de infraestrutura e participação ativa dos agricultores” (Ouro-Salim; Fanho, 2025). Dessa forma, a adoção de ferramentas como sensores, plataformas de apoio à decisão e sistemas inteligentes deve ser acompanhada por programas de alfabetização digital e inclusão produtiva.

A necessidade de adaptação tecnológica às diferentes realidades regionais também é destacada por Rodrigues e Vasconcelos (2025), que analisam sistemas de vigilância epidemiológica na Amazônia. Os autores apontam problemas relacionados à conectividade limitada, ausência de interoperabilidade entre plataformas e dependência de sistemas centralizados. Para eles, “a construção de sistemas epidemiológicos robustos na Amazônia exige arquiteturas híbridas e tecnologias que funcionem mesmo em cenários de conectividade limitada” (Rodrigues; Vasconcelos, 2025). A integração entre sensores remotos, aplicativos móveis e modelos preditivos pode ampliar a eficiência do monitoramento sanitário em regiões de difícil acesso.

Além dos aspectos tecnológicos, a diversificação agropecuária constitui estratégia importante para aumentar a resiliência produtiva e reduzir riscos econômicos e ambientais. Braga (2020) diferencia estratégias planejadas (ex ante) e adaptativas (ex post), demonstrando que práticas como integração lavoura-pecuária, rotação de culturas e consórcios agrícolas favorecem a estabilidade econômica, a conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade dos sistemas produtivos. Entretanto, sua adoção permanece concentrada em regiões com melhor infraestrutura e maior acesso à assistência técnica.

No âmbito da pecuária digital, Silva et al. (2023) evidenciam avanços significativos na aplicação da IA para monitoramento animal, detecção precoce de doenças, análise comportamental, otimização alimentar e previsão de desempenho produtivo. Utilizando técnicas como visão computacional, redes neurais convolucionais (CNNs) e Big Data, diversos estudos alcançaram níveis de acurácia entre 95% e 99%. Apesar dos resultados promissores, persistem desafios relacionados aos custos tecnológicos, à conectividade e à disponibilidade de

bases de dados. Os autores ressaltam que “a consolidação da IA na pecuária exige integração entre pesquisa, extensão rural e políticas de fomento tecnológico” (Silva et al., 2023).

A IA também apresenta potencial para aprimorar a gestão de riscos no agronegócio. Barros e Freitas (2023) propõem uma metodologia que combina imagens ópticas, radar SAR e aprendizado de máquina para reduzir assimetrias informacionais no seguro rural. Segundo os autores, essa integração permite maior precisão na identificação de sinistros, melhora a classificação de riscos e fortalece a transparência dos processos de avaliação, contribuindo para ampliar a segurança e a eficiência dos sistemas produtivos.

Diante dessas evidências, observa-se que a expansão da IA no meio rural brasileiro depende da articulação entre inovação tecnológica, políticas públicas, capacitação humana e infraestrutura digital. Mais do que uma ferramenta de automação, a IA configura-se como elemento estratégico para aumentar a produtividade, fortalecer a sustentabilidade, reduzir desigualdades regionais e promover sistemas agropecuários mais resilientes e competitivos.

2.2 PECUÁRIA DE PRECISÃO E MONITORAMENTO ANIMAL

A pecuária de precisão surge como uma extensão direta da Inteligência Artificial (IA) e constitui um dos pilares mais relevantes da produção animal moderna. Segundo Berckmans (2017), esse modelo de produção baseia-se na coleta contínua e automatizada de dados fisiológicos, ambientais e comportamentais dos animais, permitindo identificar variações sutis que muitas vezes não são perceptíveis ao olho humano. Em suas palavras, “a pecuária de precisão busca medir automaticamente todos os aspectos relevantes dos animais, transformando dados em decisões de manejo mais assertivas” (Berckmans, 2017).

A aplicação da IA no monitoramento animal combina diversas tecnologias complementares, incluindo sensores biométricos para medir temperatura, ruminação e ingestão alimentar; câmeras com visão computacional capazes de detectar doenças, anomalias posturais e padrões de locomoção; coleiras inteligentes que rastreiam deslocamento e comportamento; além de plataformas preditivas que avaliam riscos sanitários, produtivos e ambientais. Estudos como o de Neethirajan (2020) apontam que esses sistemas permitem identificar precocemente alterações comportamentais relacionadas a estresse térmico, dor, parasitismo, cio ou início de enfermidades, reduzindo custos veterinários, perdas produtivas e melhorando o bem-estar animal.

Em sistemas extensivos, predominantes no Tocantins, o monitoramento manual enfrenta limitações devido à grande área das propriedades e à dispersão dos animais. Nesse cenário, tecnologias digitais tornam-se ainda mais estratégicas, possibilitando rastrear deslocamentos, identificar anomalias e reduzir riscos sanitários e produtivos. Conforme argumentam Kamilaris e Prenafeta-Boldú (2018), a integração entre IA, sensores, drones e conectividade permite superar barreiras logísticas típicas de regiões tropicais e extensivas.

A literatura recente tem ampliado as aplicações da pecuária de precisão para novas áreas, como o monitoramento térmico não invasivo. Garcia, Barreto, Moraes e Azevedo (2024) destacam o uso da termografia infravermelha (IRT) para avaliar a superfície corporal dos animais sem contato direto. O capítulo explica o funcionamento das câmeras térmicas, o uso de paletas de cores e máscaras térmicas e demonstra sua aplicação em gado de corte e leite, especialmente para diagnóstico de afecções, estresse calórico e suporte à tomada de decisão. Os autores afirmam que “a termografia infravermelha possibilita o monitoramento rápido e preciso do estado fisiológico dos bovinos” (Garcia, 2024), evidenciando sua importância como tecnologia emergente.

Outras ferramentas essenciais para a pecuária de precisão são os sensores proximais e os índices de vegetação, que permitem estimar biomassa e valor nutritivo das pastagens. Brunetti et al. (2024) analisam índices como NDVI, SRI, MSR, NDVIRE e ChL, demonstrando correlação significativa com massa de forragem, teor de nitrogênio e biomassa foliar. Os autores observam que, em áreas tropicais de alta produtividade, o NDVI pode saturar, tornando necessário o uso de índices alternativos ou equações específicas conforme variações de luminosidade. Essas abordagens permitem ajustar adubações, planejar lotações e monitorar o crescimento da pastagem em tempo real.

No campo da engenharia aplicada ao agro, Abade, Campos, Porto e Coelho (2023) apresentam o desenvolvimento de um drone otimizado para pecuária e agricultura de precisão, priorizando custo reduzido, eficiência estrutural e capacidade de carga para sensores RGB, multiespectrais ou infravermelhos. O estudo demonstra que drones de baixo custo podem realizar mapeamentos em pequenas propriedades, capturar dados térmicos e apoiar o monitoramento de rebanhos, contribuindo para a democratização das tecnologias de precisão no campo.

Modelos avançados de *deep learning* também reforçam o potencial da IA para análises complexas e previsões em larga escala. Souza Jr. et al. (2023) propõem um framework

multidimensional para previsão epidemiológica, integrando arquiteturas como TCN, *Transformer*, TFT, N-BEATS e N-HiTS, além de pós-processamento via ARIMA. Embora aplicado ao contexto epidemiológico da COVID-19, o estudo demonstra como redes profundas podem gerar previsões robustas mesmo em cenários instáveis, característica essencial para aplicações pecuárias como previsão de surtos de doenças, riscos ambientais e flutuações produtivas.

Morelli-Ferreira et al. (2021) comparam diferentes técnicas de aprendizado de máquina para previsão da produtividade do algodão a partir de imagens de satélite. Os autores testam Random Forest, SVM, *Gradient Boosting* e Redes Neurais, mostrando que modelos baseados em ensemble tendem a apresentar melhor equilíbrio entre erro e robustez. As conclusões reforçam a capacidade do sensoriamento remoto combinado a algoritmos de IA para estimar produtividade, prever crescimento da vegetação e apoiar decisões de manejo, aplicações altamente transponíveis para o monitoramento de pastagens e áreas pecuárias.

2.3 OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E SUSTENTABILIDADE

Além de aprimorar a precisão no monitoramento animal, a Inteligência Artificial (IA) contribui de maneira decisiva para a otimização da produção pecuária e para a construção de sistemas mais sustentáveis. Segundo Wolfert et al. (2017), a IA permite racionalizar o uso dos recursos produtivos, reduzir desperdícios e melhorar a eficiência energética e nutricional dos sistemas pecuários, estabelecendo um novo paradigma baseado em decisões orientadas por dados confiáveis.

Entre os ganhos ambientais e produtivos mais significativos destacam-se: o uso eficiente de pastagens por meio de análise automatizada do solo e da disponibilidade de forragem; a redução de insumos como água, medicamentos e suplementação graças ao monitoramento individual dos animais; maior precisão na reprodução; e diminuição do impacto ambiental, especialmente ao evitar degradação de pastagens e emissões decorrentes de manejos inadequados. Kamilaris e Prenafeta-Boldú (2018) reforçam que a sustentabilidade se fortalece quando práticas empíricas são substituídas por sistemas inteligentes que analisam variáveis em tempo real.

A IA também tem ampliado a rastreabilidade, transparência e padronização dos processos produtivos, aspectos fundamentais em mercados que exigem certificações ambientais

e bem-estar animal. Assim, otimização e sustentabilidade tornam-se dimensões complementares dentro da pecuária moderna.

No contexto das práticas emergentes, Silva et al. (2023) analisam o panorama atual das aplicações da IA na pecuária a partir de uma revisão integrativa da literatura. Os autores identificam que tecnologias de visão computacional, contagem automática de animais, formação de bancos de dados individuais e sistemas de detecção remota estão entre as mais promissoras, embora ainda encontrem barreiras relacionadas à falta de padronização de sensores, baixa qualidade dos dados e limitada adoção tecnológica em sistemas de corte. Segundo os autores, “a IA tem potencial para transformar práticas convencionais de manejo, mas sua consolidação depende da integração entre produtores, técnicos e pesquisadores” (Silva et al., 2023,), evidenciando a necessidade de articulação institucional para ampliar seu impacto.

No setor apícola, Santos (2024) investiga o uso da IA como método complementar para o controle de qualidade do mel, especialmente na análise dos teores de açúcares totais e HMF — indicador de deterioração ou adulteração. O estudo emprega refratômetro, espectrofotometria e ensaios laboratoriais para avaliar correlações entre os componentes químicos, demonstrando que técnicas de IA podem aumentar a precisão e confiabilidade das análises, sobretudo em regiões onde laboratórios convencionais são inacessíveis ou demorados. O autor destaca que “a integração entre refratômetros e modelos inteligentes pode acelerar o diagnóstico e reduzir custos operacionais” (Santos, 2024), reforçando o valor da automatização no controle sanitário.

No contexto da produção leiteira familiar, Rodrigues, Rodrigues e Tupy (2015) verificaram que a adoção de tecnologias de manejo sanitário, nutrição, genética e boas práticas de ordenha proporcionou melhorias na produtividade, renda familiar, qualidade do leite e uso eficiente dos recursos. Contudo, os autores ressaltam que os resultados dependem da capacitação e do acompanhamento contínuo dos produtores, afirmando que “a tecnologia só alcança seu potencial quando acompanhada de educação continuada e orientação prática ao produtor” (Rodrigues; Tupy, 2015).

De forma complementar, Silva, Rodrigues e Silva destacam que a irrigação na pecuária leiteira familiar amazônica pode aumentar a disponibilidade de forragem e estabilizar a produção em períodos de escassez, embora sua adoção seja limitada por fatores como crédito restrito, deficiência de infraestrutura hídrica e necessidade de capacitação técnica.

Araújo, Ferraz, da Silva, da Costa e Silva (2023) demonstram que técnicas de agricultura de precisão, como amostragem georreferenciada e modelagem espacial, contribuem para identificar a variabilidade de fósforo e potássio no solo, permitindo aplicações mais eficientes de fertilizantes, redução de desperdícios e maior sustentabilidade. Os autores destacam ainda o potencial dessas metodologias para subsidiar modelos preditivos integrados à Inteligência Artificial.

Em conjunto, os estudos evidenciam que a integração entre tecnologias de manejo, irrigação, agricultura de precisão, sensores e modelos preditivos fortalece a sustentabilidade agropecuária, contribuindo para sistemas produtivos mais eficientes, resilientes e alinhados às demandas socioambientais contemporâneas.

2.4 EXPERIÊNCIAS E ESTUDOS DE CASO NO BRASIL

A Inteligência Artificial (IA) tem ampliado sua presença nos sistemas produtivos brasileiros por meio do sensoriamento remoto, geotecnologias e modelos de aprendizado de máquina capazes de interpretar a dinâmica agropecuária em ambientes complexos. Nesse contexto, Toro et al. (2023) destacam avanços no mapeamento antecipado de sistemas integrados lavoura-pecuária (ILP/ICLS) por meio da combinação de dados Sentinel-1 (SAR), Sentinel-2 e algoritmos como Random Forest, LSTM e Transformer. Os autores demonstram que mesmo séries temporais parciais apresentaram acurácia superior a 90%, permitindo identificar sistemas integrados ainda em estágios iniciais. Segundo o estudo, “modelos tradicionais como Random Forest se mostraram tão eficientes quanto modelos profundos, especialmente quando considerado o custo computacional” (Toro et al., 2023). Além disso, a integração entre dados SAR e ópticos mostrou-se especialmente eficaz em regiões tropicais sujeitas à elevada cobertura de nuvens.

A agricultura de precisão também se beneficia da análise espacial aplicada aos sistemas integrados. Perez et al. (2011), em estudo realizado na Embrapa Pecuária Sul, utilizaram geostatística, mapeamento de condutividade elétrica (CE) e amostragem georreferenciada para identificar zonas de manejo diferenciadas. Os resultados evidenciaram correlações significativas entre a CE e atributos químicos do solo, permitindo identificar áreas com maior risco de compactação, deficiência nutricional ou reinfestação de espécies invasoras. Os autores concluem que “a CE é uma métrica simples, barata e altamente informativa para guiar intervenções adaptativas em ILP” (Perez et al., 2011).

A produção científica sobre agricultura de precisão no Brasil foi analisada por Miranda, Veríssimo e Ceolin (2017), que avaliaram 184 artigos publicados entre 2007 e 2016. Os autores observaram predominância de estudos relacionados a solos, variabilidade espacial e produtividade, além de identificarem lacunas em pesquisas sobre impactos socioeconômicos, adoção tecnológica por pequenos produtores e sustentabilidade ambiental. Segundo o estudo, a área ainda permanece fortemente concentrada em aspectos agrônômicos, demandando abordagens mais multidisciplinares.

A aplicação de métodos computacionais também tem contribuído para ganhos de eficiência energética no setor agropecuário. Martins et al. (2016) investigaram a otimização geométrica de superfícies corrugadas em fornos industriais por meio de métodos numéricos e algoritmos de otimização, verificando aumento significativo do fluxo radiativo em comparação a superfícies convencionais. Conforme destacam os autores, “as geometrias otimizadas apresentaram incremento significativo no fluxo energético médio, superando superfícies planas equivalentes” (Martins et al., 2016).

No campo da bioenergia, Martins et al. (2022) analisaram a viabilidade econômica da geração de eletricidade a partir de biogás proveniente de resíduos de suínos, bovinos e aves. Utilizando o Valor Presente Líquido (VPL) como indicador econômico, o estudo concluiu que sistemas baseados em dejetos suínos apresentam maior retorno financeiro, embora todos os modelos avaliados demonstrem potencial de viabilidade. Além dos benefícios econômicos, os biodigestores contribuem para a redução de resíduos, a autossuficiência energética e a sustentabilidade das propriedades rurais.

Em conjunto, os estudos evidenciam que a integração entre IA, sensoriamento remoto, geostatística, otimização computacional e bioenergia vem fortalecendo a agricultura e a pecuária de precisão no Brasil. Apesar dos desafios relacionados à infraestrutura digital, aos custos de adoção e às desigualdades regionais, as pesquisas indicam elevado potencial para a consolidação de sistemas produtivos mais inteligentes, eficientes e sustentáveis.

2.5 DESAFIOS E PERSPECTIVAS DA IMPLEMENTAÇÃO DA IA NA PECUÁRIA REGIONAL

A expansão da Inteligência Artificial no meio rural brasileiro depende não apenas de avanços tecnológicos, mas principalmente de condições institucionais, sociais e estruturais que permitam sua adoção efetiva. Embora o país apresente um forte potencial agropecuário,

especialmente pela diversidade climática e pela amplitude territorial, a incorporação de tecnologias digitais ainda ocorre de forma desigual entre regiões. Nesse sentido, Ouro-Salim e Fanho (2025) analisam as ações do Ministério do Desenvolvimento Agrário, identificando fragilidades em áreas como capacitação técnica, governança participativa, assistência rural e acesso a crédito, fatores que limitam a absorção de tecnologias por agricultores familiares. Os autores destacam que “a implementação de tecnologias inovadoras só é sustentável quando acompanhada de infraestrutura e participação ativa dos agricultores” (Ouro-Salim; Fanho, 2025), enfatizando que políticas digitais precisam ser socialmente contextualizadas para alcançar efetividade. Assim, a adoção de ferramentas como *chatbots*, dashboards simplificados, plataformas de apoio à decisão e sensores de baixo custo deve ser gradual, acompanhada por programas contínuos de alfabetização digital e inclusão produtiva.

Complementarmente, Rodrigues e Vasconcelos (2025) conduzem uma revisão sistemática voltada ao desenvolvimento de sistemas de vigilância epidemiológica na Amazônia, região marcada por baixa infraestrutura, desafios logísticos, dispersão populacional e conectividade instável. Os autores evidenciam lacunas críticas no atual ecossistema tecnológico, com destaque para a ausência de interoperabilidade entre plataformas, escassez de padrões de dados, falta de descentralização e dependência excessiva de sistemas centralizados que não respondem adequadamente às particularidades amazônicas. Para eles, “a construção de sistemas epidemiológicos robustos na Amazônia exige arquiteturas híbridas e tecnologias que funcionem mesmo em cenários de conectividade limitada” (Rodrigues; Vasconcelos, 2025). A pesquisa sugere que a integração de sensores remotos, aplicativos móveis, geografias digitais, notificações de campo e modelos preditivos pode tornar o monitoramento sanitário mais eficiente, proativo e inclusivo. Esses avanços seriam particularmente estratégicos em regiões com grandes distâncias e baixa infraestrutura, permitindo respostas mais ágeis frente a surtos epidemiológicos tanto humanos quanto animais.

A diversificação agropecuária também se destaca como vertente estratégica para ampliar resiliência, reduzir riscos produtivos e aumentar a sustentabilidade nos sistemas rurais brasileiros. Braga (2020) analisa conceitos clássicos da diversificação, diferenciando estratégias planejadas (*ex ante*) de estratégias adaptativas (*ex post*). O autor mostra que práticas como consórcios agrícolas, rotações produtivas, integração entre lavoura e pecuária e adoção de múltiplas fontes de renda contribuem para estabilidade econômica, aumento da produtividade e melhor uso dos recursos naturais. Além disso, ressaltam-se os benefícios ambientais, como

redução da pressão sobre ecossistemas, menor dependência de insumos externos, recuperação de solos e mitigação de impactos de eventos climáticos extremos. Braga observa que, embora a diversificação traga ampla gama de vantagens, sua adoção está concentrada em regiões com melhor infraestrutura tecnológica e produtiva, indicando desigualdade regional na difusão da estratégia, sobretudo em localidades de menor suporte técnico, financeiro ou institucional.

No campo da pecuária digital, Silva et al. (2023) apresentam uma revisão integrativa que sistematiza as principais aplicações da IA no setor, revelando avanço expressivo em diversas etapas da cadeia produtiva. Os autores descrevem sistemas de monitoramento automatizado de animais, análise de comportamento, previsão de doenças, otimização alimentar e classificação de carcaças, utilizando algoritmos de visão computacional, redes neurais convolucionais (CNNs) e plataformas de Big Data. Destacam, ainda, taxas de acurácia elevadas (95%–99%) observadas em diversos estudos experimentais. Contudo, apontam limitações como escassez de bases de dados robustas, custos elevados de sensores inteligentes, dificuldades de conectividade e resistência à adoção por parte de pequenos e médios produtores. Para os autores, “a consolidação da IA na pecuária exige integração entre pesquisa, extensão rural e políticas de fomento tecnológico” (Silva, 2023), evidenciando que a transformação digital no campo depende de articulação institucional e apoio técnico permanente.

Barros e Freitas (2023) apresentam uma nota técnica propondo uma metodologia híbrida para reduzir assimetrias informacionais no seguro rural brasileiro, combinando imagens ópticas e radar (SAR) com modelos de aprendizado de máquina. A proposta reforça que a complementação dos sensores especialmente o uso do SAR, que não sofre interferência de nebulosidade, pode melhorar significativamente a detecção e previsão de sinistros agrícolas. Os autores analisam desafios como desbalanceamento de classes, falta de dados históricos e necessidade de validações temporais adequadas. Embora conceitual, o estudo destaca que abordagens baseadas em IA podem oferecer maior transparência, precisão e rapidez ao setor de seguros, contribuindo para mitigar riscos climáticos e operacionais nos sistemas produtivos. Essa perspectiva é particularmente relevante para pequenos e médios produtores, que muitas vezes enfrentam dificuldades no acesso a seguros rurais devido à falta de informações confiáveis ou atualizadas.

2.6 INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

A inovação é reconhecida como um dos principais motores do desenvolvimento econômico, sendo responsável por transformações estruturais nos sistemas produtivos. Segundo Schumpeter (1934), o crescimento econômico ocorre a partir da introdução de novas combinações, que incluem novos produtos, novos métodos de produção, novos mercados e novas formas de organização. Esse processo, denominado pelo autor como “destruição criativa”, substitui práticas tradicionais por soluções mais eficientes e tecnológicas.

No contexto do agronegócio, a inovação manifesta-se por meio da incorporação de tecnologias digitais, mecanização avançada e sistemas inteligentes de gestão da produção. Essas inovações promovem ganhos de produtividade, redução de custos e maior competitividade, tornando o setor agrícola um espaço dinâmico de transformação econômica e tecnológica.

A relação entre tecnologia e crescimento econômico é amplamente discutida na literatura econômica. Solow (1956) demonstra que o progresso tecnológico é o principal fator responsável pelo crescimento econômico de longo prazo, superando os efeitos do acúmulo de capital físico e do aumento da força de trabalho. O autor destaca que melhorias tecnológicas elevam a eficiência dos fatores produtivos, refletindo diretamente no aumento da produtividade.

Aplicado ao agronegócio, esse modelo evidencia que investimentos em tecnologias como automação, agricultura de precisão e inteligência artificial são fundamentais para sustentar o crescimento da produção agrícola, especialmente em regiões que enfrentam limitações de recursos naturais ou mão de obra.

A eficiência produtiva refere-se à capacidade de maximizar resultados a partir da melhor alocação dos recursos disponíveis. Varian (2014) argumenta que a eficiência econômica ocorre quando os fatores de produção são utilizados de forma ótima, reduzindo desperdícios e custos operacionais. Esse conceito é essencial para a análise de sistemas produtivos, pois permite avaliar o desempenho econômico das atividades.

No agronegócio, a eficiência produtiva está diretamente relacionada ao uso de tecnologias que otimizam o manejo, o controle de insumos e o planejamento da produção. Ferramentas digitais e sistemas de apoio à decisão contribuem para maior racionalidade econômica e sustentabilidade dos empreendimentos rurais.

A simples existência de tecnologias não garante sua utilização. Rogers (2003) destaca que a adoção de inovações ocorre de forma gradual e depende de fatores como percepção de

vantagem relativa, compatibilidade com práticas existentes, complexidade, possibilidade de experimentação e observabilidade dos resultados. O autor classifica os adotantes em diferentes grupos, desde inovadores até retardatários.

No meio rural, a difusão da inovação é influenciada por aspectos socioeconômicos, acesso à informação, assistência técnica e políticas públicas. Compreender esse processo é fundamental para ampliar a adoção de tecnologias no agronegócio, reduzindo desigualdades tecnológicas entre produtores

A economia aplicada ao agronegócio busca compreender como fatores econômicos, tecnológicos e institucionais impactam a produção rural. Buainain et al. (2014) destacam que o desenvolvimento do meio rural brasileiro está fortemente associado à incorporação de inovações tecnológicas e à modernização dos sistemas produtivos. Segundo os autores, a tecnologia é elemento central para o aumento da produtividade e da competitividade do agronegócio nacional.

Os autores ressaltam a importância das políticas públicas, da extensão rural e da capacitação dos produtores para promover o desenvolvimento sustentável do setor. Nesse sentido, a análise econômica aplicada ao agronegócio permite avaliar impactos, orientar investimentos e subsidiar decisões estratégicas no âmbito regional e municipal.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva, desenvolvida por meio de abordagem qualitativa, bibliográfica e documental, com o objetivo de compreender as possibilidades de aplicação da Inteligência Artificial (IA) na pecuária bovina do município de Alvorada-TO. O estudo busca analisar, de forma crítica e contextualizada, como tecnologias inteligentes podem contribuir para a melhoria da produtividade, manejo, sanidade animal e sustentabilidade da atividade pecuária regional. Para isso, foram utilizados dados científicos, estatísticos e institucionais relacionados à pecuária de precisão, agricultura 4.0 e digitalização do agronegócio, articulando a literatura acadêmica com a realidade produtiva local.

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E PESQUISA DOCUMENTAL

O levantamento de dados foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica e documental. A pesquisa bibliográfica utilizou artigos científicos, livros, dissertações, anais de congressos e revisões sistemáticas obtidas em bases como Google Scholar, Scielo e CAPES Periódicos,

abordando temas relacionados à Inteligência Artificial, pecuária de precisão e inovação tecnológica no agronegócio. Autores como Berckmans (2017), Wolfert et al. (2017) e Kamilaris e Prenafeta-Boldú (2018) contribuíram para a fundamentação teórica do estudo.

A pesquisa documental foi desenvolvida a partir da análise de relatórios técnicos, documentos institucionais e bases estatísticas oficiais, incluindo dados do IBGE (2023), EMBRAPA (2022), MAPA (2023) e INMET. Essas fontes permitiram compreender as características da pecuária bovina em Alvorada-TO, considerando aspectos produtivos, climáticos, tecnológicos e estruturais da região.

3.2 PROCEDIMENTOS DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi direcionado ao contexto pecuário do município de Alvorada-TO, localizado na região sul do estado do Tocantins, cuja economia possui forte relação com a atividade agropecuária, especialmente a bovinocultura extensiva. Inicialmente, realizou-se uma caracterização da realidade regional, considerando fatores como sistema produtivo predominante, infraestrutura tecnológica, conectividade rural, perfil dos produtores e desafios enfrentados pelo setor.

Posteriormente, foram analisadas aplicações práticas da Inteligência Artificial na pecuária, relacionando as evidências encontradas na literatura científica com as necessidades e limitações da realidade local. O estudo buscou identificar tecnologias potencialmente aplicáveis ao contexto regional, bem como os principais obstáculos para sua implementação, como custos elevados, limitação de acesso à internet e necessidade de capacitação técnica.

3.3 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

A coleta de dados ocorreu de forma indireta, utilizando informações secundárias provenientes de materiais científicos, documentos institucionais e estatísticas oficiais. Após a coleta, os dados foram organizados em categorias temáticas relacionadas às tecnologias emergentes aplicadas à pecuária, desafios de adoção da IA no meio rural, características da pecuária de Alvorada-TO e impactos potenciais da tecnologia no setor.

O tratamento dos dados foi realizado por meio de análise qualitativa e interpretativa, permitindo relacionar os conteúdos teóricos às condições reais da pecuária regional. Foram comparadas as evidências científicas sobre o uso da IA com os fatores estruturais e econômicos

presentes na realidade local, buscando compreender a viabilidade de adoção dessas tecnologias no município.

3.4 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

A validação dos resultados ocorreu por meio da triangulação das informações obtidas nas diferentes fontes pesquisadas, envolvendo literatura científica, relatórios técnicos e dados estatísticos oficiais. Essa estratégia permitiu aumentar a confiabilidade da análise, garantindo coerência entre os referenciais teóricos e os dados regionais analisados.

Os resultados foram confrontados com estudos recentes sobre pecuária digital, conectividade rural e Inteligência Artificial aplicada ao agronegócio, possibilitando uma interpretação crítica fundamentada em evidências científicas e na realidade observada em Alvorada-TO.

3.5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Entre as principais limitações do estudo, destaca-se a ausência de pesquisa de campo com produtores rurais e profissionais da área, o que restringe a obtenção de percepções práticas diretamente relacionadas ao uso da IA na região. Outra limitação refere-se à escassez de estudos específicos sobre a aplicação da Inteligência Artificial na pecuária do município de Alvorada-TO, exigindo a utilização de referências mais amplas sobre o contexto nacional da pecuária digital.

Também foram identificadas limitações relacionadas à disponibilidade de dados regionais atualizados sobre conectividade rural, infraestrutura tecnológica e nível de adoção digital nas propriedades pecuárias locais.

3.6 ORIGEM DO ARTIGO

O presente artigo foi desenvolvido a partir da necessidade de compreender os impactos da transformação digital no agronegócio, especialmente no setor pecuário da região sul do Tocantins. A escolha do tema decorre da crescente expansão da Inteligência Artificial no setor agropecuário e da importância econômica da bovinocultura para o município de Alvorada-TO.

O estudo surgiu ainda da percepção de que tecnologias inteligentes podem contribuir significativamente para o aumento da eficiência produtiva, sustentabilidade e tomada de

decisão no meio rural, desde que sejam consideradas as particularidades econômicas, estruturais e sociais da realidade regional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise realizada demonstra que a Inteligência Artificial (IA) vem assumindo papel cada vez mais relevante no desenvolvimento da pecuária moderna, especialmente em sistemas produtivos voltados à otimização do manejo, aumento da produtividade e melhoria da sustentabilidade. No contexto da pecuária bovina de Alvorada-TO, verificou-se que a aplicação de tecnologias digitais possui potencial significativo para transformar processos produtivos tradicionalmente baseados em métodos extensivos e pouco automatizados.

Os resultados obtidos por meio da revisão bibliográfica evidenciam que ferramentas de IA, associadas à pecuária de precisão, permitem maior controle sobre variáveis zootécnicas, sanitárias e ambientais. Segundo Berckmans (2017), a *Precision Livestock Farming* possibilita monitoramento contínuo dos animais por meio de sensores, sistemas automatizados e análise inteligente de dados, favorecendo tomadas de decisão mais rápidas e eficientes. Da mesma forma, Neethirajan (2020) destaca que sensores, Big Data e machine learning representam elementos fundamentais para a modernização da gestão pecuária, permitindo monitoramento em tempo real do comportamento animal, alimentação, ganho de peso e condições sanitárias.

No caso específico da bovinocultura de corte, estudos apontam que algoritmos de aprendizado de máquina conseguem realizar previsões produtivas com elevado grau de precisão. Li et al. (2021) demonstram que modelos de machine learning podem ser utilizados para estimativa de peso animal, reduzindo custos operacionais e aumentando a eficiência produtiva. Mattos et al. (2020) também ressaltam que a utilização de IA na predição de desempenho bovino contribui para melhorias na gestão nutricional, no planejamento produtivo e no manejo do rebanho.

Ao relacionar essas tecnologias à realidade da pecuária de Alvorada-TO, observou-se que o sistema predominante ainda é extensivo, baseado em grandes áreas de pastagem e menor nível de tecnificação, conforme características descritas por Barcellos et al. (2019). Esse modelo, embora consolidado economicamente na região, enfrenta desafios relacionados à sazonalidade das pastagens, limitações climáticas e necessidade crescente de maior eficiência no uso dos recursos produtivos.

Nesse contexto, tecnologias de monitoramento remoto e sensoriamento inteligente apresentam elevado potencial de aplicação regional. Ferreira et al. (2020) demonstram que o uso de sensoriamento remoto pode auxiliar na estimativa da biomassa de pastagens, contribuindo para o manejo mais eficiente das áreas produtivas. Além disso, Holloway et al. (2019) destacam que soluções de *edge computing* aplicadas à pecuária permitem processamento rápido de dados no próprio ambiente rural, favorecendo respostas imediatas em situações relacionadas à saúde e ao comportamento animal.

Outro aspecto relevante identificado nos resultados refere-se à sustentabilidade da atividade pecuária. Barbosa et al. (2021) ressaltam que a adoção de tecnologias inteligentes pode contribuir diretamente para práticas de pecuária de baixo carbono, reduzindo desperdícios, melhorando o aproveitamento de recursos naturais e aumentando a eficiência ambiental das propriedades rurais. Nesse sentido, a IA apresenta potencial não apenas econômico, mas também ambiental, alinhando-se às exigências contemporâneas de sustentabilidade no agronegócio.

Apesar das potencialidades identificadas, a pesquisa também evidenciou importantes barreiras para a adoção da Inteligência Artificial na região estudada. Entre os principais desafios observados estão a limitação da infraestrutura digital no meio rural, a baixa conectividade em determinadas áreas e os custos de implementação tecnológica. Dados da ANATEL (2024) e do CGI.br (2023) demonstram que ainda existem desigualdades significativas no acesso à internet em regiões rurais brasileiras, dificultando a integração de tecnologias digitais avançadas nas propriedades pecuárias.

Além da infraestrutura, verificou-se que fatores culturais e econômicos também influenciam diretamente a adoção tecnológica. Rogers (2003), ao discutir a difusão das inovações, explica que a aceitação de novas tecnologias depende de fatores como percepção de utilidade, facilidade de uso, compatibilidade com a realidade local e capacidade financeira dos usuários. Em regiões onde predomina a pecuária tradicional, como em parte do sul do Tocantins, a resistência à digitalização e a ausência de capacitação técnica podem retardar a implementação de soluções inteligentes.

A literatura também aponta que a transformação digital no agronegócio depende da integração entre pesquisa, extensão rural e desenvolvimento tecnológico. Eastwood, Klerkx e Nettle (2019) destacam a importância das instituições públicas e privadas no processo de difusão

de tecnologias de precisão, enfatizando que a inovação rural ocorre de forma mais eficiente quando existe suporte técnico adequado aos produtores.

Sob a perspectiva econômica, Schumpeter (1934) afirma que a inovação tecnológica representa elemento central para o desenvolvimento econômico, enquanto Solow (1956) relaciona o avanço tecnológico ao crescimento da produtividade. Nesse cenário, a Inteligência Artificial pode ser compreendida como um instrumento estratégico para aumentar a competitividade da pecuária regional, desde que acompanhada por investimentos em infraestrutura digital, capacitação e políticas de incentivo à inovação rural.

Os resultados da pesquisa permitem compreender que a implementação da IA na pecuária de Alvorada-TO não deve ocorrer de forma imediata e homogênea, mas sim gradualmente, respeitando as particularidades econômicas, sociais e estruturais da região. Tecnologias mais acessíveis, como monitoramento remoto de pastagens, aplicativos de gestão zootécnica e sistemas de rastreamento animal, apresentam maior viabilidade inicial, podendo servir como etapa introdutória para processos mais avançados de automação e inteligência de dados.

Dessa forma, a discussão evidencia que a Inteligência Artificial possui elevado potencial para contribuir com a modernização da pecuária bovina regional, promovendo ganhos produtivos, sanitários e ambientais. Entretanto, sua efetiva adoção depende da superação de desafios estruturais e da construção de um ambiente favorável à inovação tecnológica no meio rural.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa possibilitou compreender as potencialidades da aplicação da Inteligência Artificial (IA) na pecuária bovina do município de Alvorada-TO, evidenciando que as tecnologias digitais possuem capacidade significativa de contribuir para o aumento da produtividade, melhoria do manejo, fortalecimento da sanidade animal e otimização dos processos produtivos no meio rural. A análise realizada demonstrou que ferramentas como sensores inteligentes, monitoramento remoto, análise preditiva de dados, Internet das Coisas (IoT) e sistemas automatizados representam importantes avanços para a modernização da pecuária, especialmente diante das exigências atuais por maior eficiência, sustentabilidade e competitividade no agronegócio.

Entretanto, o estudo também identificou desafios relevantes para a implementação dessas tecnologias na realidade regional. Entre os principais obstáculos observados destacam-se as limitações de infraestrutura digital no meio rural, dificuldades de acesso à internet de qualidade, elevados custos de implantação, necessidade de capacitação técnica dos produtores e resistência cultural à adoção de novas tecnologias. Esses fatores demonstram que a inserção da IA na pecuária de Alvorada-TO depende não apenas do avanço tecnológico, mas também do fortalecimento de políticas públicas, programas de assistência técnica e investimentos em conectividade rural.

A pesquisa evidenciou ainda que a adoção da Inteligência Artificial pode ocorrer de forma gradual e adaptada às condições locais, especialmente em sistemas extensivos de produção predominantes na região. Soluções voltadas ao monitoramento remoto de rebanhos, controle sanitário, gestão de pastagens e análise de desempenho produtivo apresentam elevado potencial de aplicabilidade, desde que associadas ao suporte técnico adequado e à democratização do acesso às tecnologias digitais.

Conclui-se que a Inteligência Artificial representa uma importante ferramenta para o futuro da pecuária bovina em Alvorada-TO, podendo contribuir para a modernização do setor e para o fortalecimento econômico regional. Contudo, sua efetividade depende da integração entre inovação tecnológica, capacitação profissional, infraestrutura adequada e estratégias que considerem as especificidades da realidade local. Dessa forma, o estudo contribui para ampliar as discussões acadêmicas sobre pecuária digital e oferece subsídios para futuras pesquisas e iniciativas voltadas à transformação tecnológica do agronegócio brasileiro.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). Painel de cobertura móvel no Brasil. 2024.
- BARBOSA, F. A. et al. Pecuária de baixo carbono no Brasil: desafios e oportunidades. *Revista de Política Agrícola*, v. 30, n. 1, 2021.
- BARCELLOS, J. O. J. et al. Bovinos de corte no Brasil: gestão, nutrição, genética e mercados. Porto Alegre: UFRGS, 2019.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. 1. ed. rev. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BERCKMANS, D. General introduction to precision livestock farming. *Animal Frontiers*, v. 7, n. 1, p. 6-11, 2017.
- BUAINAIN, A. M. et al. *O mundo rural no Brasil do século XXI*. Brasília: EMBRAPA, 2014.

CGI.br – COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. Pesquisa TIC Domicílios e TIC Agro 2023. São Paulo, 2023.

DENZIN, N. K. *The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods*. 7. ed. New Jersey: Transaction Publishers, 2012.

EASTWOOD, C.; KLERKX, L.; NETTLE, R. Dynamics and distribution of public and private research and extension roles for technological innovation and diffusion: case studies of the implementation of precision farming technologies. *Journal of Rural Studies*, 2019.

EMBRAPA. *Tecnologias digitais na agropecuária brasileira: panorama e tendências*. Brasília: EMBRAPA, 2022.

FERREIRA, M. E. et al. Uso de sensoriamento remoto na estimativa de biomassa de pastagens no Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 72, n. 3, 2020.

FLICK, U. *Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes*. Porto Alegre: Penso, 2013.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HOLLOWAY, L. et al. Edge computing applications in precision livestock management. *Biosystems Engineering*, 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LI, S. et al. Application of machine learning in livestock weight prediction: a systematic review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 182, 2021.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A. *Agro 4.0 – Rumo à agricultura digital*. Brasília: EMBRAPA, 2017.

MATTOS, E. C. et al. Uso de inteligência artificial na predição de desempenho produtivo de bovinos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 55, 2020.

MINAYO, M. C. S. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

NEETHIRAJAN, S. The role of sensors, big data and machine learning in precision livestock farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, v. 29, 2020.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROGERS, E. M. *Diffusion of innovations*. 5. ed. New York: Free Press, 2003.

SOLOW, R. M. A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 70, n. 1, p. 65-94, 1956.

SCHUMPETER, J. A. *The theory of economic development*. Cambridge: Harvard University Press, 1934.

VARIAN, H. R. *Microeconomia: uma abordagem moderna*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

WALTER, A. et al. Big Data analytics and machine learning for digital agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2021.

WOLFERT, S. et al. Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, v. 153, 2017.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.