

DO ESPAÇO AO CAMPO: APLICAÇÕES DE SATÉLITES DA NASA E IA NA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL BRASILEIRA

1. INTRODUÇÃO

A agricultura mundial vive um paradoxo: produz-se mais alimentos do que nunca, mas a insegurança alimentar persiste em diferentes regiões. Em 2024, cerca de 2,3 bilhões de pessoas estavam em insegurança alimentar moderada ou grave (FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO, 2024). Essa realidade evidencia que o desafio não é apenas aumentar a produção, mas transformar os sistemas agroalimentares para que sejam mais eficientes, resilientes e ambientalmente sustentáveis (HLPE, 2022; Rockström et al., 2023).

No Brasil, esse desafio assume proporções particulares. O país consolidou-se como potência agroambiental e um dos maiores exportadores de grãos, com produção superior a 320 milhões de toneladas em 2023 (CONAB, 2023). Contudo, aproximadamente 15% dessa produção se perde no pós-colheita, ao mesmo tempo em que parte significativa da população permanece em insegurança alimentar. Soma-se a isso a pressão internacional por cadeias produtivas rastreáveis e livres de desmatamento, como previsto pelo Regulamento Europeu de Produtos Livres de Desmatamento (EUDR) (Comissão Europeia, 2023; WRI, 2023).

Nesse contexto, tecnologias digitais despontam como ferramentas estratégicas para reconfigurar a agricultura contemporânea. Satélites da NASA — como o MODIS, que fornece séries temporais de índices de vegetação; o Landsat, com mais de 50 anos de observação da Terra; e o SMAP, que mede a umidade do solo — oferecem dados fundamentais para o monitoramento da produção e a gestão dos recursos naturais (NASA, 2023a; NASA, 2023b). Quando combinados a algoritmos de inteligência artificial (IA) e sistemas de Business Intelligence (BI), esses dados podem ser transformados em diagnósticos e recomendações em tempo quase real, possibilitando desde ajustes localizados de adubação até a previsão de pragas e o acionamento de irrigação de precisão (Zhang et al., 2022; Folberth et al., 2023).

Mais do que ganhos produtivos, a integração entre sensoriamento remoto e IA abre novas perspectivas para a governança agrícola e ambiental, permitindo rastreabilidade em conformidade com exigências de mercados internacionais e criando oportunidades em cadeias de baixo carbono (Silva et al., 2024; Notícias Agrícolas, 2025).

Diante desse cenário, este artigo busca responder à seguinte questão: como dados de satélites da NASA, integrados a sistemas de inteligência artificial e análise de dados, podem impulsionar a agricultura sustentável no Brasil, contribuindo simultaneamente para o aumento da produtividade, a redução de perdas e o fortalecimento da segurança alimentar?

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AGRICULTURA, SUSTENTABILIDADE E SEGURANÇA ALIMENTAR

A agricultura contemporânea enfrenta o paradoxo de conciliar expansão produtiva com preservação ambiental e segurança alimentar. Segundo a FAO (2023), mais de 735 milhões de pessoas ainda sofrem de fome, ao mesmo tempo em que cerca de 15% da produção agrícola brasileira se perde no pós-colheita (CONAB, 2023). A literatura aponta que a transição para modelos sustentáveis passa pela intensificação eficiente do uso da terra, reduzindo pressões sobre ecossistemas frágeis e minimizando desperdícios (Rockström et al., 2023). Nesse contexto, a integração de tecnologias digitais, especialmente inteligência artificial (IA) e

sensoriamento remoto, tem sido reconhecida como vetor de transformação socioambiental (Wolfert et al., 2017).

2.2 DADOS SATELITAIS DA NASA NO AGRO

Os satélites da NASA desempenham papel estratégico no monitoramento agrícola. O MODIS (a bordo dos satélites Terra e Aqua) fornece séries temporais de índices de vegetação (NDVI, EVI) com alta frequência, úteis para acompanhar ciclos fenológicos e identificar anomalias (NASA, 2023). O Landsat, com mais de 50 anos de histórico, permite análises detalhadas de uso da terra e identificação de culturas com resolução espacial de 30 m (Wulder et al., 2020). Já o SMAP (Soil Moisture Active Passive) mede a umidade do solo a cada 2–3 dias, sendo essencial para prever secas e orientar irrigação (NASA, 2023b). No Brasil, esses dados sustentam iniciativas como o PRODES e DETER (INPE), voltados ao monitoramento do desmatamento, e os programas da EMBRAPA, que utilizam imagens satelitais combinadas a machine learning para estimativas de safra e avaliação de pastagens degradadas (EMBRAPA, 2023).

2.3 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, BI E AGRICULTURA DE PRECISÃO

A aplicação de IA ao setor agropecuário potencializa o valor dos dados satelitais. Modelos de aprendizado de máquina, como Random Forest e redes neurais, permitem classificar culturas, detectar estresse hídrico e antecipar surtos de pragas (Zhang et al., 2022). Integrados a sistemas de Business Intelligence (BI), esses algoritmos transformam séries temporais em decisões estratégicas de manejo, otimizando o uso de insumos e reduzindo perdas logísticas (Folberth et al., 2023). Estudos internacionais apontam reduções de até 30% no consumo de água em sistemas irrigados e de 20% no uso de fertilizantes sem comprometer o rendimento (Chen et al., 2024). No Brasil, experiências recentes com startups e cooperativas demonstram ganhos de produtividade e economia de defensivos em até 90% dos casos, evidenciando o potencial de adoção em larga escala (Farmonaut, 2025).

2.4 INTEGRAÇÃO TECNOLÓGICA E GOVERNANÇA SUSTENTÁVEL

Além dos impactos diretos sobre a produtividade, a integração entre satélites, IA e BI oferece suporte à governança agrícola e ambiental. Programas como o NASA Harvest já demonstraram capacidade de prever crises alimentares globais e apoiar políticas de segurança alimentar (NASA Harvest, 2023). No Brasil, essas tecnologias podem contribuir para atender demandas de rastreabilidade internacional (como o EUDR) e fortalecer políticas públicas de combate à fome, ao mesmo tempo em que evitam a expansão da fronteira agrícola. Assim, a literatura converge em apontar que a digitalização agrícola não é apenas um recurso técnico, mas um ativo estratégico para alinhar competitividade econômica, preservação ambiental e inclusão social (Silva et al., 2024).

3. METODOLOGIA

Este artigo adota abordagem qualitativa de caráter exploratório, fundamentada em revisão bibliográfica e documental. A escolha desse desenho metodológico justifica-se pela natureza do problema investigado, que envolve compreender como dados de satélites da NASA, integrados a sistemas de inteligência artificial (IA) e Business Intelligence (BI), podem apoiar a sustentabilidade da agricultura brasileira.

A revisão bibliográfica concentrou-se em artigos científicos, relatórios institucionais e revisões sistemáticas publicados em periódicos indexados (Scopus, Web of Science,

ScienceDirect) entre 2017 e 2025. Foram priorizados estudos que analisam: (i) aplicações do sensoriamento remoto na agricultura; (ii) integração de IA e BI em sistemas produtivos; e (iii) impactos socioambientais da digitalização agrícola.

A análise documental recorreu a fontes institucionais primárias, incluindo relatórios e bases de dados da FAO, NASA, EMBRAPA, INPE, MAPA e CONAB, além de documentos regulatórios como o EUDR (European Union Deforestation-free Regulation). Essas fontes foram utilizadas para contextualizar a relevância do tema no Brasil e identificar tendências de adoção tecnológica em escala nacional e internacional.

Como estratégia de organização analítica, estruturou-se a discussão em três eixos temáticos: (i) produtividade e eficiência no uso de recursos; (ii) redução de perdas e fortalecimento da segurança alimentar e (iii) governança agrícola e sustentabilidade socioambiental.

Esse recorte permite articular evidências globais e nacionais, destacando convergências, limitações e oportunidades de aplicação. Embora o estudo não realize experimentos de campo, a ênfase em fontes oficiais e em literatura científica recente assegura consistência analítica e relevância prática dos resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA NO USO DE RECURSOS

A integração entre dados satelitais da NASA e algoritmos de inteligência artificial já apresenta impactos mensuráveis na agricultura. Em escala internacional, experimentos controlados com irrigação de precisão e manejo localizado de nutrientes apontam reduções médias de até 30% no consumo de água e 20% no uso de fertilizantes, sem comprometer a produtividade (Chen et al., 2024; Folberth et al., 2023). No Brasil, estudos de caso conduzidos no Mato Grosso e em Goiás relatam ganhos médios de 10 sacas de soja por hectare e reduções de até 90% no uso de pesticidas, com base em ensaios acompanhados pela EMBRAPA e por startups do setor (Castro, 2024; EMBRAPA, 2023).

Embora expressivos, esses resultados devem ser interpretados como tendências indicativas, já que sua replicabilidade depende de fatores como infraestrutura tecnológica, qualidade dos dados disponíveis e capacitação técnica dos produtores. Ainda assim, evidenciam que a intensificação tecnológica pode reduzir pressões sobre a expansão da fronteira agrícola, conciliando ganhos econômicos com sustentabilidade ambiental.

4.2 REDUÇÃO DE PERDAS E SEGURANÇA ALIMENTAR

As perdas pós-colheita representam um desafio central: cerca de 15% da produção nacional de grãos em 2023 (CONAB, 2023). A combinação de satélites e IA pode mitigar parte desse problema ao otimizar janelas de colheita, planejar rotas logísticas e melhorar o armazenamento. Programas como o NASA Harvest já comprovaram, em diferentes contextos internacionais, reduções de até 40% nas perdas de grãos com base em alertas antecipados derivados de imagens de satélite. No caso brasileiro, evidências sugerem que culturas como soja e cana-de-açúcar poderiam se beneficiar de forma semelhante.

Vale ressaltar, contudo, que a adoção dessas ferramentas enfrenta limitações importantes em regiões onde há infraestrutura precária de armazenagem e transporte, ou onde produtores não têm acesso às plataformas digitais necessárias. Isso reforça a importância de políticas públicas que assegurem condições mínimas para que os ganhos potenciais se convertam em benefícios concretos.

4.3 GOVERNANÇA AGRÍCOLA E SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

A terceira dimensão refere-se ao potencial dessas tecnologias em apoiar a governança agrícola e ambiental. Programas brasileiros como o PRODES e DETER (INPE) já utilizam imagens MODIS e Landsat para monitorar desmatamento e gerar alertas quase em tempo real. Em paralelo, a EMBRAPA aplica modelos de machine learning em imagens satelitais para mapear a adoção de sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e identificar áreas de pastagens degradadas.

A adoção de ferramentas da NASA, em especial no contexto do programa SERVIR Amazônia e da iniciativa NASA Harvest, amplia a capacidade de rastreabilidade e transparência. Isso é particularmente relevante diante de regulações internacionais como o EUDR, que exige comprovação de origem sustentável das commodities agrícolas. Dessa forma, os dados satelitais deixam de ser apenas insumos técnicos e passam a constituir ativos estratégicos de governança, permitindo ao Brasil se posicionar como referência em cadeias produtivas sustentáveis.

Adicionalmente, a integração de dados remotos e IA favorece práticas de agricultura regenerativa e geração de créditos de carbono, como mostra a iniciativa Carbono Xingu, que emprega tecnologia originalmente desenvolvida pela NASA para medição de carbono no solo. Isso amplia as oportunidades de inserção do agro brasileiro em mercados de baixo carbono, alinhando competitividade econômica a compromissos socioambientais.

4.4 SÍNTESE DA DISCUSSÃO

Os resultados analisados confirmam que a digitalização agrícola — fundamentada em satélites, IA e sistemas de análise de dados — transcende ganhos técnicos e constitui um ativo estratégico para o agro brasileiro. Os três eixos destacados — produtividade, redução de perdas e governança — mostram que essas tecnologias podem alinhar competitividade econômica, inclusão social e preservação ambiental.

Contudo, permanecem barreiras estruturais que limitam sua adoção em larga escala, sobretudo entre pequenos e médios produtores. A ausência de infraestrutura adequada, os custos elevados de implantação e a necessidade de capacitação técnica são fatores que restringem a difusão das soluções. Assim, embora os números apresentados demonstrem grande potencial, eles devem ser entendidos como cenários de possibilidade, dependentes de políticas públicas consistentes e de maior democratização do acesso tecnológico.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo analisou o potencial da integração entre dados de satélites da NASA e sistemas de inteligência artificial na promoção de uma agricultura sustentável no Brasil. A partir da revisão de literatura e de documentos institucionais, foi possível compreender como essas tecnologias contribuem simultaneamente para o aumento da produtividade, a redução de perdas e o fortalecimento de práticas de governança socioambiental.

Os resultados discutidos indicam que informações provenientes de sensores como MODIS, Landsat e SMAP, quando associadas a modelos de aprendizado de máquina e plataformas de Business Intelligence, geram benefícios significativos para o manejo agrícola.

Em termos de eficiência produtiva, destacam-se reduções no uso de insumos como água e fertilizantes, associadas a ganhos de rendimento por hectare. Do ponto de vista social, tais tecnologias oferecem potencial de mitigação das perdas pós-colheita e de ampliação da oferta de alimentos, fortalecendo políticas públicas de segurança alimentar. No campo ambiental e regulatório, reforçam a rastreabilidade das cadeias produtivas e permitem atender a exigências

internacionais, além de fomentar práticas de agricultura regenerativa e mercados de baixo carbono.

Contudo, a análise também evidencia desafios estruturais que limitam a adoção dessas soluções em larga escala. A ausência de infraestrutura tecnológica adequada, os custos elevados de implantação e a necessidade de capacitação técnica constituem barreiras relevantes, sobretudo entre pequenos e médios produtores. Se tais entraves não forem superados, há o risco de que os benefícios da digitalização agrícola se concentrem apenas em grandes grupos, ampliando desigualdades no campo.

Diante desse cenário, conclui-se que a integração entre satélites, inteligência artificial e sistemas de análise de dados não deve ser vista apenas como inovação tecnológica, mas como componente estratégico da transição agrícola. O Brasil, pela sua relevância produtiva e socioambiental, possui condições únicas de liderar esse movimento. Para tanto, torna-se essencial que universidades, centros de pesquisa, órgãos governamentais e setor privado atuem de forma articulada, garantindo não apenas o desenvolvimento e a difusão das tecnologias, mas também a criação de condições que viabilizem sua adoção inclusiva e equitativa em todo o território nacional.

REFERÊNCIAS

- CASTRO, J. Experiências de adoção de inteligência artificial no campo: estudo de casos no Centro-Oeste. *Revista Brasileira de Agricultura Digital*, v. 9, n. 2, p. 45-62, 2024.
- CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. PIB do Agronegócio: dados de 2024. Piracicaba: ESALQ/USP, 2024.
- CHEN, L. et al. Advances in artificial intelligence for sustainable agriculture: reducing inputs and optimizing yields. *Agricultural Systems*, v. 212, p. 103-115, 2024.
- COMISSÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2023/1115 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo ao fornecimento de produtos livres de desmatamento. Bruxelas: União Europeia, 2023.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2022/2023. Brasília: CONAB, 2023.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Relatório de atividades 2022/2023: transformação digital na agricultura. Brasília: EMBRAPA, 2023.
- FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2024: Transforming food systems for affordable healthy diets*. Rome: FAO, 2024.
- FAO. *Digital agriculture: harnessing the power of data for sustainable food systems*. Rome: FAO, 2023a.
- FOLBERTH, C. et al. Data-driven agriculture: combining remote sensing and AI for resource-efficient farming. *Nature Sustainability*, v. 6, p. 327-335, 2023.
- HLPE – HIGH LEVEL PANEL OF EXPERTS. *Food security and nutrition: building a global narrative towards 2030*. Rome: FAO, 2022.
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva: IPCC, 2023.
- NASA. *MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer): science and applications*. Washington, DC: NASA, 2023a.
- NASA. *Soil Moisture Active Passive (SMAP): mission overview*. Washington, DC: NASA, 2023b.
- NASA HARVEST. *Annual Report 2022–2023: Earth observation for food security and agriculture*. College Park, MD: University of Maryland/NASA, 2023.
- NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. Projeto Carbono Xingu utiliza dados da NASA para certificação em mercados de baixo carbono. *Notícias Agrícolas*, Campinas, 15 fev. 2025. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br>. Acesso em: 9 set. 2025.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *Digital opportunities for sustainable agriculture*. Paris: OECD Publishing, 2023.

ROCKSTRÖM, J. et al. Safe and just Earth system boundaries. *Nature*, v. 616, p. 320-329, 2023.

SILVA, A. C. et al. Inteligência artificial e governança agrícola: novas fronteiras da sustentabilidade. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 13, n. 1, p. 55-72, 2024.

WOLFERT, S. et al. Big data in smart farming – a review. *Agricultural Systems*, v. 153, p. 69-80, 2017.

WORLDRESOURCESINSTITUTE – WRI. *The European Union’s Deforestation-free Supply Chain Regulation: implications for Brazil*. Washington, DC: WRI, 2023.

ZHANG, C. et al. Machine learning applications for crop monitoring and yield prediction: a global review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 198, p. 107015, 2022.

ZHOU, Y. et al. Predictive analytics in agriculture: reducing losses with artificial intelligence. *Science of the Total Environment*, v. 906, p. 167689, 2024.

WULDER, M. A. et al. Current status of Landsat program, science, and applications. *Remote Sensing of Environment*, v. 225, p. 127-147, 2020.