



Prática agrícola sustentável e o desenvolvimento ambiental goiano

Sustainable agricultural practice and environmental development of Goiás

Práctica agrícola-sostenible y el desarrollo medioambiental de Goiás

Danilo Pereira Barbosa ¹, Sílvia Ferreira Marques Salustiano ², Nívea Rodrigues Borges ³, Jesiel Souza Silva ⁴,
& Omar Ouro-Salim ^{5*}

^{1 2 3 4 5} Instituto Federal Goiano (IF Goiano)

¹ danilo.barbosa@ifgoiano.edu.br ² silvia.ferreira@ifgoiano.edu.br ³ nivea.borges@estudante.ifgoiano.edu.br ⁴ jesiel.souza@ifgoiano.edu.br

^{5*} ouomar@yahoo.fr

ARTIGO INFO.

Recebido: 02.10.2025

Aprovado: 12.11.2025

Disponibilizado: 26.11.2025

PALAVRAS-CHAVE: desenvolvimento rural sustentável; produção orgânica; conservação de recursos naturais; desenvolvimento ambiental; cluster hierárquico; random forest.

KEYWORDS: sustainable rural development; organic production; conservation of natural resources; environmental development; hierarchical cluster; random forest.

PALABRAS CLAVE: desarrollo rural sostenible; producción orgánica; conservación de recursos naturales; desarrollo medioambiental; clúster jerárquico; bosque aleatorio.

*Autor Correspondente: Ouro-Salim, O.

RESUMO

Considerando o papel estratégico do estado de Goiás na economia brasileira e sua influência no desenvolvimento ambiental, esta pesquisa avalia a sustentabilidade agrícola no estado com base na formação de clusters. Utilizando a metodologia de cluster hierárquico, os municípios foram agrupados com uso das seguintes variáveis: área de reserva legal, preservação permanente, déficit hídrico, condições de pastagens, produção orgânica e prática agrícola sustentável. A aplicação do algoritmo Random Forest permitiu identificar a prática agrícola sustentável como a variável de maior impacto na diferenciação dos grupos. Os resultados indicam que apenas 12% dos municípios goianos possuem altos índices de propriedades rurais com práticas agrícolas sustentáveis, sendo a agricultura familiar um fator determinante para essa adesão. As disparidades regionais demonstram que enquanto algumas áreas, como Catalão, Jataí e Rio Verde, apresentam maior integração com cadeias produtivas sustentáveis, outras regiões enfrentam barreiras estruturais que dificultam a adoção dessas práticas. Diante desses achados, a pesquisa ressalta a importância de políticas públicas direcionadas, como o PRONAF, o CAF e programas de incentivo à integração de práticas como a agricultura familiar, que podem ampliar o impacto das práticas sustentáveis no estado. A implementação de estratégias voltadas para integração entre manejos convencionais e técnicas sustentáveis é essencial para fortalecer a sustentabilidade agrícola e promover o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

ABSTRACT

Considering the strategic role of the state of Goiás in the Brazilian economy and its impact on environmental development, this research assesses agricultural sustainability in the state by examining the formation of clusters. Using the hierarchical clustering methodology, municipalities were grouped according to the following variables: legal reserve area, permanent preservation, water deficit, pasture conditions, organic production, and

sustainable agricultural practices. The application of the Random Forest algorithm identified sustainable farming practices as the most impactful variable in differentiating the groups. The results indicate that only 12% of municipalities in Goiás have high rates of rural properties adopting sustainable agricultural practices, with family farming being a determining factor for this adherence. Regional disparities show that while some areas, such as Catalão, Jataí, and Rio Verde, exhibit greater integration with sustainable production chains, other regions face structural barriers that hinder the adoption of these practices. Considering these findings, the research underscores the importance of targeted public policies, such as PRONAF, CAF, and incentive programs, in integrating practices like family farming, which can amplify the impact of sustainable practices in the state. The implementation of strategies that incorporate conventional management with sustainable techniques is crucial to enhancing agricultural sustainability and promoting a balance between economic development and environmental preservation.

RESUMEN

Teniendo en cuenta el papel estratégico del estado de Goiás en la economía brasileña y su influencia en el desarrollo medioambiental, esta investigación evalúa la sostenibilidad agrícola en el estado basándose en la formación de clústeres. Utilizando la metodología de clúster jerárquico, los municipios se agruparon utilizando las siguientes variables: área de reserva legal, preservación permanente, déficit hídrico, condiciones de los pastos, producción orgánica y prácticas agrícolas sostenibles. La aplicación del algoritmo Random Forest permitió identificar la práctica agrícola sostenible como la variable de mayor impacto en la diferenciación de los grupos. Los resultados indican que solo el 12 % de los municipios de Goiás tienen altos índices de propiedades rurales con prácticas agrícolas sostenibles, siendo la agricultura familiar un factor determinante para esta adhesión. Las disparidades regionales demuestran que, mientras que algunas áreas, como Catalão, Jataí y Rio Verde, presentan una mayor integración con las cadenas productivas sostenibles, otras regiones se enfrentan a barreras estructurales que dificultan la adopción de estas prácticas. Ante estos hallazgos, la investigación destaca la importancia de políticas públicas específicas, como el PRONAF, el CAF y los programas de incentivo a la integración de prácticas como la agricultura familiar, que pueden ampliar el impacto de las prácticas sostenibles en el estado. La implementación de estrategias orientadas a la integración entre el manejo convencional y las técnicas sostenibles es esencial para fortalecer la sostenibilidad agrícola y promover el equilibrio entre el desarrollo económico y la preservación ambiental.

INTRODUÇÃO

O agronegócio ocupa posição estratégica na economia brasileira e tem sido um dos principais motores de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. No estado de Goiás, essa relevância é ainda mais evidente: o setor responde por aproximadamente 15% do PIB estadual e emprega mais de 1 milhão de pessoas, contribuindo decisivamente para a produção e exportação de commodities como soja, milho, cana-de-açúcar e carne bovina (Resende et al., 2025).

Esse dinamismo econômico, no entanto, tem sido acompanhado por uma expansão acelerada do uso da terra no Cerrado, bioma onde Goiás está integralmente inserido. O Cerrado é reconhecido como a savana mais biodiversa do mundo, mas já apresenta índices críticos de degradação, com 80% a 90% da vegetação nativa suprimida em algumas regiões do estado devido ao avanço agropecuário, à mineração e à urbanização desordenada (Silva et al., 2025).

Esse processo de transformação territorial intensifica pressões ambientais relacionadas ao desmatamento, às queimadas, ao uso intensivo de agroquímicos, à erosão do solo e ao comprometimento dos recursos hídricos. Como consequência, surgem desafios diretos para o equilíbrio ecológico, a manutenção dos serviços ambientais e a resiliência climática de Goiás, afetando inclusive a produtividade das cadeias agropecuárias locais. Apesar de iniciativas de sustentabilidade, como o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e políticas de agricultura de baixo carbono, estudos indicam que sua adoção ainda é insuficiente diante da velocidade da expansão agrícola e das mudanças climáticas já em curso (Goiás, 2024; Resende et al., 2025).

Nesse contexto, analisar a relação entre produção agropecuária, sustentabilidade e desenvolvimento territorial torna-se essencial para orientar políticas públicas, estratégias de gestão ambiental e decisões produtivas mais eficientes. A identificação de padrões territoriais e ambientais, especialmente em um estado que possui 246 municípios com realidades muito distintas, oferece subsídios concretos para compreender onde as pressões ambientais são mais intensas e quais variáveis influenciam esse cenário (Goiás, 2014; 2024).

Diante disso, este estudo se propõe a contribuir para a compreensão integrada do desenvolvimento ambiental goiano ao: a) agrupar municípios com características semelhantes quanto a variáveis ambientais e produtivas, como área de reserva legal, APP, práticas agrícolas sustentáveis, déficit hídrico, condições de pastagens e produção orgânica; b) identificar a variável mais determinante na formação desses agrupamentos; c) mapear regiões vulneráveis do estado a partir da variável-chave, oferecendo subsídios para políticas de mitigação, planejamento territorial e estratégias de promoção da sustentabilidade.

Assim, o estudo busca gerar evidências capazes de apoiar ações governamentais, orientar produtores e fortalecer iniciativas de conservação e manejo sustentável, contribuindo para o equilíbrio entre competitividade econômica e preservação ambiental em Goiás.

MÉTODOS

Para a composição da base de dados, foram consultadas diferentes plataformas oficiais e de pesquisa, tais como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), Instituto Mauro Borges (IMB), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (Emater-GO), Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária (Embrapa) e Data Sebrae. Sempre que possível, foram utilizados dados referentes ao mesmo ano-base, tomando-se como referência o período mais recente disponível em cada fonte (por exemplo, 2023 para os dados do IBGE), de modo a garantir a comparabilidade entre os 246 municípios analisados.

A partir dessas bases, foram selecionadas cinco variáveis que representam dimensões-chave do desenvolvimento ambiental e produtivo no contexto agropecuário: (i) preservação da biodiversidade; (ii) percentual de estabelecimentos agrícolas com práticas agrícolas sustentáveis; (iii) déficit hídrico; (iv) percentual de pastagens naturais em boas condições; e (v) percentual de estabelecimentos agropecuários com produção orgânica. Essas variáveis foram escolhidas por sintetizarem aspectos centrais da sustentabilidade rural: conservação de ecossistemas (i), manejo sustentável do solo e das encostas (ii), segurança hídrica (iii), qualidade das áreas de pastagem (iv) e transição para modelos produtivos de menor impacto ambiental (v). Em conjunto, elas permitem uma visão integrada da relação entre a produção agropecuária e a conservação ambiental no território goiano.

Primeiramente, a preservação da biodiversidade (PB) foi operacionalizada por meio de um índice que combina a situação da Reserva Legal (RL) e das Áreas de Preservação Permanente (APP) em relação aos mínimos exigidos pela legislação de cada município i . O índice PB_i foi definido como a média dos percentuais de atendimento à exigência legal de RL e APP:

$$PB_i = \frac{X_{RL_i} + X_{PP_i}}{2}$$

em que:

ARL_i = área (ha) de Reserva Legal do i -ésimo município;

APP_i = área (ha) de Área de Preservação Permanente do i -ésimo município;

MEL_i = área (ha) mínima exigida por lei;

$$X_{RL_i} = \frac{ARL_i}{MEL_i}$$

X_{RL_i} = percentual da área de RL em relação ao mínimo exigido por lei no i -ésimo município;

$$X_{PP_i} = \frac{APP_i}{MEL_i}$$

X_{PP_i} = percentual da área de APP em relação ao mínimo exigido por lei no i -ésimo município;

PB_i = média percentual da RL (%) e da APP (%) em relação ao mínimo exigido por lei no i -ésimo município.

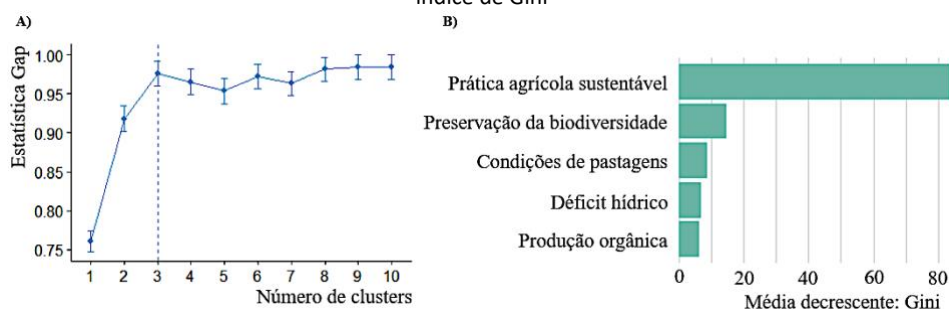
A segunda variável corresponde ao percentual de estabelecimentos agrícolas que adotam pelo menos uma prática agrícola sustentável, tais como plantio em nível, rotação de culturas, pousio ou descanso de solos, proteção e/ou conservação de encostas, recuperação de mata ciliar, reflorestamento para proteção de nascentes, estabilização de voçorocas, manejo florestal ou outras práticas conservacionistas. A terceira variável representa o déficit hídrico, captando a vulnerabilidade dos municípios quanto à disponibilidade de água para manutenção da produção. A quarta variável considera o percentual de pastagens naturais em boas condições, associado à conservação do solo, à capacidade produtiva e à redução dos processos de degradação. Por fim, a quinta variável contempla o percentual de estabelecimentos agropecuários com produção orgânica, indicador de transição para sistemas produtivos de menor uso de insumos químicos e de maior alinhamento a padrões de sustentabilidade.

Com base nessas cinco variáveis, aplicou-se a metodologia de agrupamento por meio de *clusters* hierárquicos, com o objetivo de classificar os 246 municípios em grupos relativamente homogêneos quanto às suas características ambientais e produtivas. Em seguida, utilizou-se o algoritmo de aprendizado de máquina *Random Forest* para identificar a variável com maior importância na formação desses agrupamentos. A variável mais relevante, identificada por esse procedimento, foi então utilizada como eixo central na análise e discussão do desenvolvimento ambiental dos grupos de municípios resultantes, permitindo evidenciar as regiões mais vulneráveis e as com melhor desempenho ambiental no estado de Goiás.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o agrupamento dos municípios em *clusters*, com base em variáveis relacionadas ao desenvolvimento ambiental, utilizou-se a distância euclidiana e o método de *Ward*, que apresentou maior precisão na identificação de padrões regionais. O coeficiente aglomerativo (0,99) confirmou a robustez do método na formação dos grupos. A definição de três *clusters* (Figura 1A) revelou que a variável prática agrícola sustentável tem o maior peso na diferenciação dos municípios, indicando que regiões com maior adesão possuem melhor estrutura de manejo ambiental, enquanto aquelas com menor adoção enfrentam desafios como deterioração do solo, escassez hídrica e baixa diversificação produtiva.

Figura 1. A) Definição do número de clusters com base na estatística. B) Identificação da variável de maior importância pelo índice de Gini



Fonte: Autores.

Uma vez definido o número de clusters (Figura 1 A e B), procedeu-se à identificação da variável de maior importância. Para tanto, por meio do índice de Gini, verificou-se que a variável “práticas agrícolas sustentáveis” apresentou maior relevância.

Agricultura Sustentável

As práticas agrícolas sustentáveis, também chamadas de agricultura sustentável, envolvem um conjunto de técnicas que buscam aliar produtividade e conservação ambiental, incluindo o uso eficiente do solo, a gestão adequada dos recursos hídricos e a preservação da biodiversidade (Pasqualetto et al., 2022; Paiva, 2024). No entanto, no contexto brasileiro, especialmente nas regiões Norte e Centro-Oeste, impactos negativos à biodiversidade ainda são recorrentes. Estudos apontam que o uso intensivo de insumos químicos e o avanço de sistemas produtivos extensivos ampliam a fragmentação de habitats e a degradação do solo (Aurélio Neto, 2014; Abdala et al., 2016; Pasqualetto et al., 2022; Silva, 2023).

No caso de Goiás, tais desafios tornam-se particularmente evidentes. O estado apresenta uma das maiores taxas de conversão do Cerrado para pastagens e monoculturas no país. Segundo dados do IMB (2023), aproximadamente 69% da área agropecuária goiana é ocupada por pastagens e 24% por lavouras, predominando soja, milho e cana-de-açúcar. Esses sistemas, associados a latifúndios e baixa diversificação produtiva, reforçam a necessidade de repensar modelos de produção que possam conciliar eficiência econômica e sustentabilidade socioambiental (Tavares, 2018; Silva, 2023; Leão, 2024).

Nesse cenário, a agricultura familiar surge como um contraponto relevante. Estudos mostram que ela opera majoritariamente com policultivos, rotação planejada e sistemas diversificados, práticas alinhadas aos princípios da sustentabilidade (Silva et al., 2021). Em Goiás, a agricultura familiar representa 76% dos estabelecimentos rurais, mas ocupa apenas 17% da área total, refletindo fortes assimetrias estruturais. Apesar disso, responde diretamente pelo abastecimento alimentar, sendo responsável por cerca de 70% da produção de alimentos que compõem a cesta básica (Emater-GO, 2022; Mapa, 2023).

A formação de *clusters* produtivos contribui para potencializar essas vantagens ao articular pequenos produtores em arranjos territoriais capazes de promover a inclusão produtiva, o acesso a mercados e o fortalecimento de cadeias curtas (Zuin & Queiróz, 2019; Prizibiszki, 2024). No presente estudo, o uso de *clusters* hierárquicos permitiu observar a distribuição espacial dessas práticas sustentáveis nos 246 municípios goianos, revelando padrões de adoção diferenciados. Municípios com maior presença da agricultura familiar tendem a apresentar índices superiores de práticas sustentáveis, especialmente rotação de culturas, reflorestamento de nascentes e manejo conservacionista, enquanto áreas dominadas por sistemas extensivos e monoculturas exibem menores indicadores de sustentabilidade e maior déficit hídrico (Prizibiszki, 2024).

Embora a agricultura familiar contribua de forma substantiva para a produção de alimentos e para a conservação ambiental, ela enfrenta limitações estruturais que comprometem seu potencial de expansão. Em Goiás, persistem dificuldades de acesso ao crédito rural, à assistência técnica especializada e às tecnologias de baixo carbono, fatores essenciais para a modernização sustentável do setor (Viola & Mendes, 2022; Goiás, 2024). Essa restrição impede que os benefícios associados às práticas sustentáveis se disseminem de maneira uniforme no estado, criando desigualdades entre municípios e impactando os agrupamentos identificados nos *clusters*.

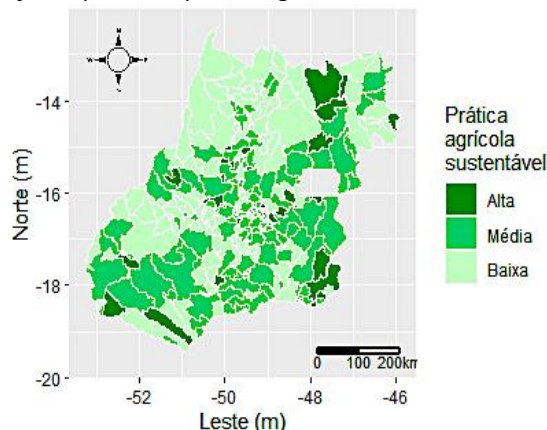
Assim, ao relacionar empiricamente os dados municipais à literatura, observa-se que os desafios da sustentabilidade agrícola em Goiás se entrelaçam com a estrutura fundiária, a disponibilidade de recursos hídricos e a adoção desigual de práticas sustentáveis (Prizibiszki, 2024). Os *clusters* hierárquicos evidenciam essas diferenças territoriais e revelam que municípios com maior presença de agricultura familiar e diversificação produtiva tendem a apresentar melhores indicadores ambientais, enquanto aqueles marcados por grandes extensões de monoculturas figuram como os mais vulneráveis (Goiás, 2024; Prizibiszki, 2024).

Desenvolvimento da Agricultura em Goiás

A análise da variável “práticas agrícolas sustentáveis” permitiu discriminar de maneira consistente os três *clusters* formados entre os 246 municípios goianos. O *cluster* 1, composto por 110 municípios, apresenta um desempenho intermediário, com média de 429 propriedades rurais adotando práticas sustentáveis por município. O *cluster* 2, formado por 107 municípios, concentra os piores indicadores: cada município possui, em média, 129 propriedades sustentáveis, configurando o grupo com menor adesão às práticas de manejo conservacionista. Por sua vez, o *cluster* 3, embora composto por apenas 29 municípios, destaca-se pelo melhor desempenho relativo, apresentando 468 propriedades rurais com práticas sustentáveis em média por município.

A distribuição espacial dos *clusters* (Figura 2) evidencia contrastes marcantes na adoção de práticas sustentáveis. Apenas 12% dos municípios goianos encontram-se na faixa de maior intensidade, aqueles pertencentes ao *cluster* 3. Estes municípios concentram um número expressivo de propriedades com manejo sustentável, indicando maior organização produtiva, maior acesso à assistência técnica e, potencialmente, melhor estruturação territorial. Entre eles destacam-se Alexânia, Catalão, Chapadão do Céu, Itarumã, Mambaí, Porteirão, Teresina de Goiás e Valparaíso de Goiás, que representam referências regionais quanto à adoção de práticas conservacionistas.

Figura 2. Distribuição espacial da prática agrícola sustentável em Goiás



Fonte: Autores.

Essa distribuição desigual reforça a necessidade de políticas públicas direcionadas aos eixos de baixa adesão, sobretudo o *cluster* 2, onde a presença reduzida de práticas sustentáveis pode estar associada a limitações estruturais, como menor presença da agricultura familiar organizada, baixa cobertura de assistência técnica e maior prevalência de modelos extensivos de produção. Já o desempenho do *cluster* 3 sugere trajetórias territoriais bem-sucedidas, que podem servir como referência para estratégias de fortalecimento regional.

Os municípios com alta adesão às práticas agrícolas sustentáveis apresentam um conjunto de fatores estruturais e institucionais que favorecem seu desempenho. Entre esses elementos, destacam-se a presença de infraestrutura produtiva consolidada, a atuação de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento rural e a maior integração às cadeias produtivas estratégicas (Codevasf, 2021; IBGE, 2017; Goiás, 2024). Além disso, a forte presença da agricultura familiar e a organização em clusters produtivos contribuem para ampliar a adoção de práticas conservacionistas e fortalecer a sustentabilidade local.

Apesar dos avanços, persistem desafios importantes. A burocracia no acesso a incentivos, associada à escassez de assistência técnica qualificada, ainda limita a expansão das práticas sustentáveis, especialmente entre agricultores familiares. Superar esses entraves é essencial para consolidar a agricultura sustentável nas regiões de alta adesão e permitir que tais experiências sirvam de referência para áreas menos desenvolvidas (Codevasf, 2021; Resende et al., 2025).

Em Goiás, observa-se uma marcada heterogeneidade na adoção de práticas agrícolas sustentáveis (Figura 2), variando desde municípios altamente estruturados até regiões com desempenho muito baixo. De modo geral, os territórios com maior adesão concentram-se em áreas onde a agricultura familiar possui maior representatividade e onde há incentivo de políticas públicas, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (Ferreira, Miziara & Vázquez-González, 2022; Goiás, 2024).

Por outro lado, os municípios de baixa adesão, que representam 43% do total, estão majoritariamente localizados nas regiões Norte e Noroeste de Goiás, áreas caracterizadas por restrições geológicas, como terrenos rochosos e baixa disponibilidade hídrica. Essas condições favorecem atividades como o extrativismo e a pecuária extensiva, que historicamente apresentam menores índices de sustentabilidade. Municípios como Uruaçu e Minaçu exemplificam esse cenário de vulnerabilidade socioambiental (Aurélio Neto, 2014; Codevasf, 2021; Pasqualetto et al., 2022; Silva et al., 2025).

Os municípios com níveis intermediários a altos de adesão, como Abadiânia, Águas Lindas de Goiás, Aparecida de Goiânia, Senador Canedo, Vicentinópolis, Vila Boa, Anicuns, Itumbiara, Jataí, Rio Verde, Rubiataba, Mineiros e São Simão, apresentam uma dinâmica mais equilibrada, alternando práticas convencionais e sustentáveis. O que distingue esses municípios é, em grande medida, o acesso facilitado a recursos naturais, a disponibilidade hídrica, a maior oferta de crédito e a condições mais favoráveis de infraestrutura agrícola (Medina, 2018; Pasqualetto et al., 2022; Resende et al., 2025).

Nas regiões de média a alta adesão, especialmente no entorno do Distrito Federal e na porção sul-central de Goiás, observa-se um ambiente institucional e produtivo mais favorável à adoção de práticas sustentáveis. A presença de mercados consumidores dinâmicos, a proximidade de centros de pesquisa e extensão rural e o maior envolvimento governamental reforçam a disseminação da agricultura conservacionista (Codevasf, 2021; Ferreira, Miziara & Vázquez-González, 2022; Silva et al., 2025).

No grupo de alta adesão, municípios como Alexânia, Catalão, Chapadão do Céu, Itarumã, Mambaí, Porteirão, Teresina de Goiás e Valparaíso de Goiás demonstram que, apesar de diferenças em suas atividades produtivas, compartilham fatores estratégicos decisivos: integração em clusters consolidados, infraestrutura robusta, articulação com cadeias de grãos (como em Rio Verde e Jataí), forte agropecuária (bovinos, suínos e aves) e o setor energético-açucareiro presente em São Simão e Porteirão. O fortalecimento dessas regiões está diretamente associado à implementação de políticas públicas de crédito, assistência técnica, apoio ao cooperativismo e incentivo à inovação, que ampliam a competitividade e a sustentabilidade da produção agrícola (Medina, 2018; Codevasf, 2021; Goiás, 2024).

Políticas Públicas e a Agricultura Sustentável em Goiás

A relação entre sustentabilidade e agricultura familiar em Goiás tem se consolidado ao longo das últimas décadas, impulsionada por políticas públicas estruturadas de apoio ao meio rural. A implementação do PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), ainda nos anos 2000, e do CAF (Certificação da Agricultura Familiar) em 2006 ampliou significativamente o acesso ao crédito, incentivou a formalização produtiva e fortaleceu as estratégias de comercialização. Esse movimento contribuiu para o aumento expressivo no número de estabelecimentos da agricultura familiar, que passou de pouco mais de 100 mil para aproximadamente 150 mil unidades entre 2006 e 2017 (IBGE, 2017). Esse crescimento decorre, em grande parte, da expansão dos programas federais e estaduais voltados ao fortalecimento da agricultura familiar, dos mecanismos de financiamento e do incentivo à adoção de práticas sustentáveis (Silva et al., 2025).

Após 2017, observa-se a continuidade, e, em alguns casos, ampliação, desses instrumentos. A criação do Programa Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER Mais Gestão), o Plano Safra, com linhas específicas para sistemas sustentáveis, e o reforço das políticas de Agricultura de Baixo Carbono (ABC+) indicam que a agenda da sustentabilidade permanece ativa até 2024 (MAPA, 2022; Emater-GO, 2023; Silva et al., 2025). Nesse período, práticas como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), a rotação de culturas e a recuperação de áreas degradadas ganharam maior difusão entre pequenos e médios produtores (Tavares, 2018; Resende et al., 2025).

No estado de Goiás, nota-se também um processo gradual de substituição das pastagens convencionais por sistemas mais sustentáveis. Dados recentes indicam que cerca de 18% das áreas de pastagem do estado já se encontram em transição para modelos integrados ou de manejo conservacionista, refletindo tanto o avanço das políticas públicas quanto a conscientização dos produtores sobre a importância do uso eficiente dos recursos naturais (Medina et al., 2022; Silva et al., 2025).

Grande parte dessas práticas é impulsionada pela agricultura familiar, sobretudo na região central do estado, onde há elevada concentração de pequenos produtores e maior interação com serviços de assistência técnica (Pires & Quaglio, 2022; Goiás, 2025). Esse contexto reforça a necessidade de políticas que priorizem a capacitação, o cooperativismo e o acesso a tecnologias alinhadas aos princípios da sustentabilidade (Medina et al., 2022; Silva et al., 2025).

Entretanto, os resultados da análise de clusters deste estudo mostram que 88% dos municípios goianos apresentam baixa ou média adesão às práticas agrícolas sustentáveis (Figura 2), revelando uma assimetria territorial significativa. Essa constatação está diretamente ligada aos objetivos específicos da pesquisa, que buscou identificar padrões ambientais e produtivos entre os 246 municípios goianos. Os clusters evidenciam que a menor adesão resulta de desafios estruturais, como o acesso limitado ao crédito, a fragilidade dos serviços de extensão rural e a baixa disponibilidade de tecnologias adequadas ao perfil dos pequenos produtores (Vaistman et al., 2023; Purcell et al., 2023; Resende et al., 2025).

A ausência de assistência técnica contínua é um dos fatores que mais restringem a consolidação de modelos sustentáveis. Sem orientação adequada, os agricultores familiares enfrentam dificuldades para implementar práticas de manejo conservacionista, acessar linhas de financiamento específicas e cumprir as exigências ambientais. A sustentabilidade agrícola deve ser encarada, portanto, como uma oportunidade estratégica para fortalecer a competitividade da agricultura familiar, e não como um custo adicional. Com políticas articuladas, esse processo pode promover desenvolvimento rural, aumentar a produtividade e gerar renda de maneira ambientalmente equilibrada (Prizibiszki, 2024).

Considerando ainda os desafios econômicos e sociais associados à segurança alimentar e ao crescimento populacional, torna-se fundamental estruturar ações coordenadas de capacitação técnica e democratização do acesso a tecnologias sustentáveis. Quando adequadamente apoiada, a agricultura familiar sustentável tem potencial para conservar o meio ambiente, gerar mais empregos e garantir maior equidade na adoção de práticas sustentáveis entre diferentes perfis produtivos (Castro & Pereira, 2020; Pacheco-Porto, Puntel & Chuquillanque, 2021; Prizibiszki, 2024; Silva et al., 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da agricultura sustentável em Goiás revela sua relevância para o desenvolvimento econômico e ambiental do estado, mas evidencia uma adoção desigual entre os municípios, marcada por limitações estruturais, diferenças de infraestrutura, de acesso desigual a mercados, crédito e assistência técnica, e de disponibilidade hídrica. Enquanto regiões de alta adesão, como Alexânia, Catalão, Jataí e Rio Verde, se beneficiam de melhor organização produtiva e integração às cadeias agroindustriais, localidades de baixa adesão, especialmente no Norte e no Nordeste, enfrentam restrições naturais e institucionais que dificultam a transição para práticas sustentáveis. Diante dessas disparidades, torna-se fundamental a adoção de políticas públicas regionalizadas que considerem as especificidades territoriais, ampliem o acesso a tecnologias sustentáveis, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, e fortaleçam a agricultura familiar por meio de crédito, assistência técnica e monitoramento contínuo da sustentabilidade agrícola. O avanço dessas estratégias permitirá não apenas melhorar a eficiência da gestão ambiental, mas também promover a inclusão produtiva, a segurança alimentar e um maior equilíbrio na adoção de práticas sustentáveis em todo o estado.

REFERÊNCIAS

- Abdala, K. O., Ribeiro, F. L., & Ferreira, M. E. (2016). Risco de impactos ambientais gerados pelas dinâmicas de uso do solo no Estado de Goiás: Uma abordagem multimétodos. *Revista Brasileira de Cartografia*, 68(2), 235-252.
- Castro, C. N. D., & Pereira, C. N. (2020). Estado e desenvolvimento rural (Texto para Discussão, No. 2564). Brasília: IPEA. Recuperado de <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-rocha/publicacoes/outras-publicacoes/caderno-de-caracterizacao-estado-de-goias.pdf>
- Ferreira, C. V., Miziara, F., & Vázquez-González, I. (2022). Intensificação da pecuária em Goiás. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60(4), e242960. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.242960>
- Geraque, E. (2023, October 26). *O Cerrado em seu momento mais difícil*. Jornal da USP. Recuperado de <https://jornal.unesp.br>
- Goiás. (2014). Macrozoneamento ecológico-econômico do estado de Goiás. *Governo do Estado de Goiás*. Recuperado de <https://goias.gov.br/imb/macrozoneamento-destaque/>
- Goiás. (2024). Agronegócio em Goiás emprega mais de 1 milhão de pessoas em 2023. *Governo do Estado de Goiás*. Recuperado de <https://goias.gov.br/imb/agronegocio-em-goias-emprega-mais-de-1-milhao-de-pessoas-em-2023/>. https://suap.ifgoiano.edu.br/media/documentos/arquivos/Atlas_compressed-versao-final.pdf
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). Censo agropecuário. IBGE. Recuperado de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). Cidades. IBGE.
- Leão, M. L. (2024). Núcleos de Educação Ambiental - Goiás. Ibama. Recuperado de <https://ambientes.ambientebrasil.com.br>
- Medina, G. (2018). Agricultura familiar em Goiás: lições para o assessoramento técnico. Editora UFG. Recuperado de https://files.cercomp.ufg.br/web/up/688/o/ebook/agricultura_familiar.pdf#page=253
- Medina, G., Corciolli, G., Gosh, M., & Verano, T. (2022). Atlas da agricultura familiar em Goiás - a força da agricultura familiar goiana revelada em números e imagem (3ª ed.). CERCOMP UFG/IF Goiano.
- Neto, O. A. (2014). A pecuária extensiva em Goiás: a técnica no espaço rural e o crescimento horizontal da bovinocultura entre 1920 e 1960. *Boletim Goiano de Geografia*, 34(3), 501-523. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3371/337137823007.pdf>
- Pacheco-Porto, C. R., Puntel, J. G., & Chuquillanque, D. A. (n.d.). Agricultura camponesa e multifuncionalidade: muito além da produção. In *Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar* (Vol. 2). Recuperado de <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/210303896.pdf>
- Paiva, G. R. (2024). O consumo hídrico pela agroindústria brasileira e goiana e os impactos ambientais. SME Goiânia. Recuperado de <https://sme.goiania.go.gov.br>
- Pasqualetto, A., Souza, B. M. G. A., Raimundo, H. B., Pasqualetto, T. L. L., & Pasqualetto, A. G. N. (2022). Diagnóstico da disponibilidade e demanda de recursos hídricos em Goiás. *Research, Society and Development*, 11(7), e25111730084. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30084>

Pires, M. J. S., & Quaglio, G. M. (n.d.). Heterogeneidade estrutural e agricultura: um olhar sobre as regiões imediatas do estado de Goiás e do Distrito Federal entre 2002 e 2018. *IPEA*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.38116/9786556350394cap7>

Przibisczki, C. (2024). Desmatamento no Cerrado vai chegar a 12 mil km² em 2024, caso ritmo se mantenha. *O Eco*. Recuperado de <https://oeco.org.br/noticias/desmatamento-no-cerrado>

Purcell, W., Neubauer, T., & Mallinger, K. (2023). Digital Twins in agriculture: challenges and opportunities for environmental sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 61, 101252. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101252>

Resende, S. C. P., Guimarães, H. R. C. R., & Tavares, P. A. (2025). Os impactos das mudanças climáticas nas cadeias produtivas do agronegócio em Goiás. *Revista Tocantinense de Geografia*, 14(32), 343-358.

Sheth, J. N., & Sherman, L. (2011). Cluster analysis and its applications in marketing research. *Marketing Classics Press*.

Silva, E. B. da, et al. (2021). Políticas públicas de desenvolvimento territorial rural em Goiás. *Sociedade e Território*, 33(2), 18-40. Recuperado de <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/artic le/view/22143/15251>

Silva, E. B. da. (2023). A estrutura fundiária de Goiás: mediações e conteúdo subjacente à propriedade privada da terra. *Geosp*, 27(1), e-199823. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2023.199823.pt>

Silva, L. D., Anjos, M. P., Almeida, V. G., Silveira, Y., & Araújo, I. (2025). Goiás em alerta: enfrentando os desafios ambientais e suas consequências. In *Mudanças climáticas: Impactos, adaptações e soluções sustentáveis*, 1, 9-17). *Científica Digital*. <https://doi.org/10.37885/241218379>

Tavares, M. F. F. (2018). Introdução à gestão do agronegócio. *Grupo A*.

Vaistman, J., Duarte, N. S., Lobato, L. V., & Paes-Sousa, R. (2023). Práticas tradicionais e desenvolvimento sustentável: indicadores locais de sustentabilidade entre caiçaras e quilombolas da Bocaina. *Revista Ambiente & Sociedade*, 26. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210169r1vu2023L1AO>

Viola, E., & Mendes, V. (2022). Agricultura 4.0 e mudanças climáticas no Brasil. *Revista Ambiente & Sociedade*, 25. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200246r2vu2022L3AO>

Zuin, L. F. S., & Queiróz, T. R. (2019). Agronegócios: gestão, inovação e sustentabilidade. (2ª ed.). *Saraiva Uni*.