

# Progresso tecnológico e adoção de inovação na produção agrícola do alto Paranaíba/MG.

Lavinia de Almeida Vinhal<sup>1</sup>

Fábio André Teixeira<sup>2</sup>

Ricardo Freitas Martins da Costa<sup>3</sup>

Julienne de Jesus Andrade Widmarck<sup>4</sup>

Sthefany Rosa Martins<sup>5</sup>

## Resumo

O agronegócio no Alto Paranaíba, Minas Gerais, passou por um processo de modernização, com destaque para as transformações iniciadas na década de 70. Esse avanço foi impulsionado pelo uso de inovações tecnológicas ligadas a mecanização agrícola, biotecnologia e agricultura de precisão, que ajudaram a impulsionar a produtividade e a eficiência econômica do Alto Paranaíba. Este estudo tem como objetivo analisar o progresso tecnológico e a adoção de inovações na produção agrícola do Alto Paranaíba, investigando os principais fatores que impulsionaram esse desenvolvimento e avaliando seus impactos sobre a produtividade, preço e substituição de máquinas e equipamentos. A pesquisa combina métodos qualitativos e quantitativos, utilizando dados dos Censos Agropecuários de 2006 e 2017, SIDRA IBGE além de gráficos que retratam produtividade e preços agrícolas. Para aprofundar a análise, foram aplicadas fórmulas de densidade de maquinário, permitindo comparar uso de tecnologias entre municípios e evidenciar a evolução e os impactos da modernização agrícola na região. Essas inovações aumentaram a competitividade regional, e contribuíram para a sustentabilidade ambiental, ao otimizar o uso de recursos e reduzir custos e desperdícios.

**Palavras-chave:** Agricultura, Inovação, Políticas públicas.

## Abstract

Agribusiness in Alto Paranaíba, Minas Gerais, has undergone a process of modernization, with emphasis on the transformations that began in the 1970s. This advancement was driven by the use of technological innovations linked to agricultural mechanization, biotechnology and precision agriculture, which helped boost productivity and economic efficiency in Alto Paranaíba. This study aims to analyze technological progress and the adoption of innovations in agricultural production in Alto Paranaíba, investigating the main factors that drove this development and evaluating their impacts on productivity, price and replacement of machinery and equipment. The research combines qualitative and quantitative methods, using data from the 2006 and 2017 Agricultural Censuses, SIDRA IBGE and graphs that portray agricultural productivity and prices. To deepen the analysis, machinery density formulas were applied, allowing the comparison of technology use between municipalities and highlighting the evolution and impacts of agricultural modernization in the region. These innovations increased regional competitiveness and contributed to environmental sustainability by optimizing the use of resources and reducing costs and waste.

**Keywords:** Agriculture, Innovation, Public policies.

---

<sup>1</sup> Estudante de graduação e bolsista IC da Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba.

<sup>2</sup> Professor do Instituto de Ciência Humanas e Sociais – IHP – UFV Campus Rio Paranaíba. Email: fateixeira@ufv.br

<sup>3</sup> Professor do Instituto de Ciência Humanas e Sociais – IHP – UFV Campus Rio Paranaíba. Email: ricardo.fcosta@ufv.br

<sup>4</sup> Doutora em Economia Aplicada - Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

<sup>5</sup> Estudante de graduação e bolsista IC na Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba.

**Área de submissão: 12 - Empreendedorismo, redes, arranjos produtivos e inovação**  
**Classificação JEL: O33; Q16; R11.**

## **Introdução**

A agricultura é um dos principais pilares para a economia brasileira, desempenhando um papel de grande importância na geração de renda, na criação de empregos e na garantia da segurança alimentar do país. Contudo, a perpetuação da sustentabilidade e a manutenção da competitividade do setor agrícola requerem uma observação atenta e um entendimento dos avanços tecnológicos e de sua adoção pelos produtores rurais (WIDMARCK, 2023). A modernização da agricultura, impulsionada pelo uso de novas tecnologias, não apenas aumenta a competitividade do país, mas tem um papel muito importante na transformação produtiva do setor agrícola.

No Brasil, o agronegócio apresenta elevada competitividade e contribui para o crescimento do PIB, respondendo por aproximadamente 24,8% de toda a riqueza produzida, mais de 20% de todos os empregos e 49% das exportações totais do país (ABAG, 2023; Ministério da Agricultura, 2023). Devido à ampla variedade de produtos agrícolas, a soja se destaca como um dos principais produtos estratégicos do agronegócio nacional.

O país é um dos maiores exportadores de soja, beneficiando-se da alta demanda global por ração animal e biocombustíveis (MAPA, 2020). O uso de tecnologias avançadas, como sementes geneticamente modificadas e práticas de agricultura de precisão, tem aumentado a produtividade, tornando o Brasil altamente competitivo no mercado de soja.

O milho, outra cultura agrícola relevante, é fundamental tanto para o consumo interno quanto para exportações. A prática da safrinha (segunda safra) maximiza a produção, garantindo a competitividade do Brasil (EMBRAPA, 2020). O estado de Mato Grosso, localizado na região Centro-Oeste, lidera a produção nacional de grãos, especialmente soja e milho, consolidando-se como referência no uso de tecnologias modernas no campo. Minas Gerais, embora em posição secundária no volume total, vem se destacando por regiões de alto desempenho produtivo, como o Alto Paranaíba, que será abordado a seguir.

A modernização do setor agrícola brasileiro tem sido fundamental para o desenvolvimento econômico e social do país, especialmente das microrregiões de Araxá, Patrocínio e Patos de Minas, objeto de estudo deste trabalho. Cada uma dessas regiões, localizada no estado de Minas Gerais, apresenta características econômicas e sociais únicas que contribuem para sua relevância no cenário agrícola nacional. Araxá é amplamente conhecida por suas águas minerais radioativas, lamas medicinais e turismo, além de uma economia diversificada que inclui agropecuária e mineração, destacando-se na produção de nióbio. Patrocínio, por sua vez, é uma das principais áreas produtoras de café arábica do país, favorecida por condições ideais de clima e solo. Já Patos de Minas serve como um núcleo econômico e cultural para o Alto Paranaíba, com uma produção agrícola volumosa e um setor de serviços desenvolvido (TEIXEIRA et al., 2023).

Nos últimos anos, estas microrregiões têm experimentado um intenso progresso tecnológico, marcado pela incorporação de novas tecnologias e práticas inovadoras nas atividades agrícolas, como por exemplo, o uso de drones para monitoramento de safras. A agricultura de precisão emprega tecnologias de ponta para supervisionar e administrar cada fase do processo agrícola, permitindo que os produtores rurais obtenham informações precisas sobre as condições do solo, o clima, a saúde das plantas, entre outros aspectos. Além disso, softwares de gestão são utilizados para melhorar a eficiência e a tomada de decisões.

Este estudo tem como objetivo investigar o progresso tecnológico e a adoção de inovações na produção agrícola do Alto Paranaíba, identificando os principais fatores que impulsionaram esse processo avaliando seus impactos sobre a produtividade, preço e

substituição de máquinas e equipamentos. Questões como 'qual é o nível de adoção de novas tecnologias na agricultura do Alto Paranaíba?', 'Quais são as principais inovações na região e em quais culturas foram implementadas?' e 'Como a evolução tecnológica tem influenciado a produtividade agrícola no Alto Paranaíba?' serão abordadas para fornecer uma compreensão abrangente do contexto atual e futuro da agricultura na região.

A relevância deste estudo se manifesta na possibilidade de compreender os padrões de modernização e desenvolvimento tecnológico da agricultura no Alto Paranaíba, proporcionando subsídios para a formulação de políticas públicas e estratégias de fomento. Especificamente, o conhecimento sobre os produtos em que a região detém maior competitividade pode elucidar vantagens comparativas, direcionando investimentos e esforços para maximizar o potencial produtivo (DELGADO, 1998; PASTORE, 2005). Ademais, entender como a adoção tecnológica tem influenciado a produtividade ao longo do tempo é vital para mitigar desigualdades regionais, uma vez que o incremento na produtividade agrícola pode catalisar o desenvolvimento socioeconômico local (VERA FILHO et. al., 2010; GRAZIANO DA SILVA, 2012).

Para alcançar tais objetivos, serão empregadas abordagens teóricas e metodológicas que permitam a análise de indicadores de progresso tecnológico e a identificação das principais inovações adotadas pelos produtores. A realização deste estudo contribuirá para o avanço do conhecimento sobre o processo de modernização da agricultura no Alto Paranaíba, fornecendo dados para a formulação de políticas e estratégias que promovam o desenvolvimento sustentável do setor agrícola nessa relevante região brasileira.

## **2. Inovações tecnológicas: definição, principais contribuições e fatores condicionantes**

Inovações tecnológicas representam avanços e descobertas que revolucionaram a forma como realizamos tarefas cotidianas, introduzindo novas soluções, produtos e serviços para facilitar nossas vidas (BING, [s.d.]). Adicionalmente, as inovações tecnológicas têm o potencial de gerar novos empregos, aumentar a eficiência e reduzir custos em diversas empresas e organizações. Segundo Hasenclever e Ferreira (2013, p. 91), “a implementação de inovações está intrinsecamente ligada ao processo de mudança tecnológica, que resulta do esforço das empresas em investir em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e na subsequente incorporação desses resultados em novos produtos, processos e formas organizacionais”.

Joseph Schumpeter (1942) destaca que o progresso tecnológico está ligado ao empreendedorismo, que transforma o mercado por meio de inovações como novos produtos, processos ou métodos organizacionais. Segundo Dutra (2024), essas inovações geram rupturas econômicas, promovendo o desenvolvimento por meio de cinco formas: novos produtos, processos, mercados, fontes de suprimentos e modelos organizacionais.

As inovações podem ser classificadas em duas categorias: de produto e de processo. Uma inovação tecnológica de produto diz respeito à introdução ou comercialização de um produto com desempenho aprimorado, proporcionando aos consumidores serviços novos ou melhorados. Como exemplo, na agricultura o uso de drones para monitoramento de lavouras. Esses drones coletam dados sobre a saúde das plantas e auxiliam os agricultores a otimizarem o uso de recursos, como água e fertilizantes (SingularityUBrasil, 2023). A inovação de processo relaciona-se à implantação/adoção de métodos de produção ou comercialização significativamente aprimorados, podendo envolver mudanças de equipamentos, recursos humanos, métodos de trabalho ou uma combinação destes (OCDE, 2004, p. 21).

De acordo com a Teoria da Difusão da Inovação, proposta por Rogers (2003), a forma como uma inovação é percebida influencia diretamente sua taxa de adoção. Essa teoria explica como as inovações se espalham entre os membros de um sistema social ao longo do tempo, considerando que a percepção dos adotantes molda o ritmo e o sucesso da difusão. Nesse

processo, cinco características principais são apresentadas por Rogers como determinantes para a adoção de inovações tecnológicas: vantagem relativa, compatibilidade, complexidade, experimentabilidade e observabilidade. Essas características atuam de forma inter-relacionada, determinando como e em que velocidade uma inovação se difunde em uma população ou mercado específico, influenciando a decisão dos indivíduos ou organizações em adotá-la ou rejeitá-la

Nesse contexto, cinco características principais são apontadas por Rogers como determinantes para a adoção de inovações tecnológicas, conforme detalhado no Quadro 1:

**Quadro 1:** Cinco características das inovações tecnológicas.

Fato	Descrição	Exemplo
Vantagem Relativa	Grau em que a inovação é percebida como melhor do que a prática anterior que ela substitui.	Tecnologias agrícolas que aumentam significativamente a produtividade .
Compatibilidade	Coerência da inovação com valores, necessidades e experiências dos adotantes. Facilita a incorporação com menor resistência.	Métodos de cultivo adaptados às condições climáticas locais.
Complexidade	Quanto mais simples for o uso da inovação maior será sua adoção.	Inovações com suporte técnico ou treinamento que simplifiquem o aprendizado
Experimentabilidade	Possibilidade de testar a inovação antes da adoção completa, reduzindo custos e riscos iniciais.	Testes em pequena escala de tecnologias agrícolas para avaliar benefícios.
Observabilidade	Resultados visíveis aumentam a confiança e incentivam a adoção	Resultados claros em produtividade ao adotar novas práticas agrícolas.

**Fonte:** Elaboração própria (2024)

Hayami e Ruttan (1988) propuseram que a inovação tecnológica é influenciada pela distribuição histórica dos fatores de produção. Segundo os autores, as inovações tendem a economizar o fator mais escasso e a intensificar o uso do fator mais abundante. Nos Estados Unidos, por exemplo, onde a mão de obra é relativamente escassa, as inovações foram mecânicas, como tratores automatizados. Já no Japão, onde a terra é escassa e a mão de obra abundante, o foco foi em inovações químicas, como fertilizantes que maximizam a produtividade da terra.

A inovação é considerada um motor de transformação nas esferas econômica e social, promovendo melhorias significativas na produtividade e criando novas oportunidades de emprego, destacando como ela impulsiona o crescimento econômico e o mercado de trabalho. Conforme destacado por Fagerberg (2005), inovações em produtos e processos são fundamentais para o aumento da eficiência produtiva e para a gestão aprimorada dos recursos. Essas inovações permitem que as empresas não apenas otimizem suas operações, mas também se adaptem de forma mais eficaz às demandas do mercado e às mudanças no ambiente de negócios.

A introdução de novas tecnologias nos processos produtivos é um elemento central para aumentar a eficiência operacional, reduzir custos e melhorar a agilidade das operações. Estudos como os de Brynjolfsson e McAfee (2014), destacam o papel de tecnologias emergentes, como automação e inteligência artificial, em amplificar esses impactos. Além disso, o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P & D) permanece essencial para impulsionar a inovação, a criação de novos produtos e serviços e o fortalecimento do conhecimento estratégico das

empresas, especialmente em setores intensivos em tecnologia, como apontado por Griliches (1998).

A adoção de inovações tecnológicas melhora a adaptação das empresas aos mercados em constante mudança. Ferramentas como sistemas ERP (SAP, TOTVS), CRM (Salesforce), automação de processos (RPA), e plataformas de BI (Power BI) otimizam operações e decisões estratégicas (Citeforma, 2023). No setor agrícola, soluções como o AgroHUB, sensores IoT, drones e agricultura de precisão (Trimble) permitem o monitoramento em tempo real e o uso eficiente de recursos, aumentando a produtividade e a sustentabilidade (AgroHUB, 2023).

Nesse sentido, a inovação tecnológica representa não apenas uma resposta às exigências de um mercado em constante mudança, mas também um caminho concreto para alcançar práticas mais sustentáveis e competitivas, como propõem Porter e Van Der Linde. Ao incorporar soluções que aumentam a eficiência e reduzem desperdícios como softwares de gestão, automação de processos e ferramentas de agricultura de precisão, as empresas não apenas respondem às pressões de mercado, mas também adotam práticas sustentáveis que contribuem para a competitividade e a preservação ambiental.

A inovação desempenha um papel fundamental na criação e transformação de empregos, influenciando tanto a quantidade quanto a qualidade das oportunidades de trabalho disponíveis. David Autor et al. (2003) abordam a complexidade dessa relação, destacando que, embora tecnologias como a automatização e a digitalização possam substituir tarefas manuais e rotineiras, elas também geram novas ocupações que exigem habilidades mais avançadas. De forma complementar, Acemoglu e Restrepo (2019) introduzem a ideia de "destruição criativa", na qual a inovação tecnológica leva à substituição de empregos antigos por novas funções, impulsionadas pelo avanço das tecnologias. Assim, as transformações tecnológicas afetam o mercado de trabalho de maneira ambígua, ao mesmo tempo em que impõem desafios e oferecem oportunidades.

Segundo Greenan e Guellec (2000) por fim, a inovação também tem um papel a desempenhar no conhecimento técnico ou formação superior, na melhoria da qualidade dos empregos. Muitas inovações tecnológicas favorecem melhores condições de trabalho, aumentam a segurança no emprego e melhoram a satisfação no trabalho.

James Bessen sugere que a inovação em tecnologia pode resultar em uma demanda maior por habilidades analíticas e de resolução de problemas complexos. Bessen (2015) argumenta que as tecnologias de automação não apenas substituem empregos de baixa qualificação, mas também complementam as capacidades humanas, levando a um aumento na produtividade e na criação de empregos que requerem um nível de habilidade mais elevado.

Entretanto, a adaptação ao mercado de trabalho modificado pela tecnologia requer políticas educacionais e de treinamento robustas. Aghion et al. (2019) destacam a importância de sistemas educacionais que possam antecipar as demandas futuras de habilidades e fornecer à população as ferramentas necessárias para prosperar na nova economia.

### **3. Modernização agrícola**

No Brasil, a modernização agrícola se intensificou na década de 1970, transformando o setor rural de uma agricultura tradicional e extensiva, para um modelo altamente tecnológico e produtivo. Impulsionado por políticas públicas, investimentos em pesquisa e inovações tecnológicas, esse processo aumentou a produção e a competitividade no mercado internacional. Esse período foi marcado por avanços como a chegada de equipamentos agrícolas, o uso intensivo de fertilizantes químicos, pesticidas e sementes híbridas, e o aumento da área de cultivo, especialmente no Cerrado. O estabelecimento da Embrapa em 1973 foi crucial para adaptar a região e transformá-la em uma nova zona agrícola.

A partir da década de 1970, apesar das crises econômicas e flutuações políticas, a modernização da agricultura brasileira continuou, com o aumento da produção de grãos e o

desenvolvimento de novas variedades de sementes adaptadas ao clima brasileiro e resistentes a pragas. No ano 2000, essa modernização entrou em uma nova etapa com a implementação de tecnologias digitais e o crescimento da atenção à sustentabilidade. A agricultura de precisão incorporou sistemas de GPS, drones, sensores e programas de análise de dados, permitindo o acompanhamento minucioso das plantações e otimizando a eficácia e a produtividade.

A biotecnologia também ganhou espaço com a adoção de sementes geneticamente modificadas, mais adaptáveis às condições ambientais. A evolução da agricultura no Brasil, desde a Agricultura 2.0 (marcada pela mecanização e uso de insumos químicos) até a mais recente 5.0 (baseada em inteligência artificial, internet das coisas e sustentabilidade), mostra como cada fase incorporou inovações tecnológicas que não apenas aumentaram a produtividade, mas também transformaram radicalmente as práticas agrícolas e a relação entre agricultura e mercado.

Esta evolução explora a agricultura através de diferentes estágios tecnológicos, destacando como cada fase contribuiu para a transformação do setor agrícola, aumentando a produtividade e promovendo a sustentabilidade. As principais etapas dessa evolução tecnológica incluem Agricultura 2.0, 3.0, 4.0 e 5.0.

O período da Agricultura 2.0 (1900-1950) marcou o início da mecanização no campo com a introdução de máquinas como tratores e colheitadeiras, substituindo o trabalho manual e animal. Segundo Deere (1980), isto aumentou a eficiência das operações agrícolas possibilitando o cultivo em maior escala e reduzindo a necessidade de mão de obra, sendo uma transição fundamental para a agricultura moderna.

A Agricultura 3.0, associada à Revolução Verde nas décadas de 1960 e 1970, introduziu tecnologias como melhoramento de plantas, fertilizantes químicos e pesticidas. Segundo Borlaug (1970), o desenvolvimento de variedades de alto rendimento, como trigo e arroz, aliado ao uso de insumos químicos, resultou em grandes aumentos na produtividade agrícola. Além disso, a Revolução Verde destacou práticas de irrigação avançadas e a aplicação de ciência na agricultura, promovendo a segurança alimentar global, mas gerando preocupações sobre sustentabilidade ambiental e impactos ecológicos (PIMENTEL, 2006).

A chamada Agricultura 4.0, que emergiu no final da década de 1990 e se consolidou no início dos anos 2000, é caracterizada pela introdução da agricultura de precisão. Esse período aproveita tecnologias como sistemas de posicionamento global (GPS), sensores, drones e big data para monitorar e gerenciar culturas com alta precisão. Segundo Bongiovanni e Lowenberg-DeBoer (2004), a agricultura de precisão permite a aplicação exata de insumos, como água, fertilizantes e pesticidas, reduzindo desperdícios e maximizando a eficiência.

Por fim, a agricultura 5.0, que começou a se consolidar a partir da década de 2020, representa uma nova fase marcada pela integração de tecnologias como inteligência artificial, internet das coisas (IoT), robótica e biotecnologia. Essa abordagem busca automatizar processos, monitorar as atividades agrícolas em tempo real e tomar decisões de forma autônoma. Com a IA analisando grandes volumes de dados e a IoT conectando sistemas e dispositivos, a agricultura 5.0 propõe um modelo mais eficiente, sustentável e resiliente, capaz de enfrentar desafios como as mudanças climáticas e a segurança alimentar (Russo et al., 2018; Jankovic, 2018; Wolfert et al., 2017).

A evolução da agricultura das eras 2.0 a 5.0 demonstra avanços tecnológicos que tornaram o setor mais produtivo e sustentável. O foco na sustentabilidade envolve inovações que reduzem os impactos ambientais e promovem o uso consciente dos recursos. Cada fase trouxe melhorias na eficiência e ampliou as capacidades dos agricultores. Na era 5.0, a agricultura moderna integra tecnologia de ponta para enfrentar desafios futuros com produção robusta e sustentável.

### 3.1. Agronegócio e relação com as inovações

No Alto Paranaíba, a modernização agrícola avança com a mecanização, biotecnologia e automação. A mecanização utiliza máquinas modernas para plantio, colheita e manejo, otimizando a eficiência. A biotecnologia desenvolve plantas mais resistentes e produtivas, enquanto a automação e robótica realiza tarefas agrícolas e pecuárias de forma automatizada, reduzindo custos e aumentando a produtividade (MORAES et al., 2020).

Essas tecnologias, incluindo a agricultura de proteção, aumentam a eficiência no uso de insumos, aceleram processos e promovem ganhos por hectare. Além disso, contribuem para a melhoria da qualidade dos produtos agrícolas, por meio do desenvolvimento de cultivares mais resistentes a pragas, com maior valor nutricional e melhor adaptação às condições climáticas. Esses avanços também reduzem os impactos ambientais, promovendo práticas mais sustentáveis no setor agrícola (Moraes et al., 2020; Pinto, 2020; Goddard, 2017).

Cada inovação representa avanços significativos em áreas como sustentabilidade, processos, mecanização, TI, automação, precisão agrícola e biotecnologia. Esses desenvolvimentos aumentaram a eficiência operacional, reduziram os custos, minimizam o impacto ambiental e aumentaram a produtividade geral.

O quadro 2 mostra como vários pesquisadores estudaram e registraram essas mudanças, demonstrando a evolução constante do setor agrícola.

**Quadro 2** - Descrição das Inovações

Autor	Inovação	Descrição
Martins e Carvalho (2014)	Inovações Organizacionais	Implementação de novas estruturas organizacionais que aumentam a eficiência, controle de custos.
Ribeiro (2015)	Inovações em Processos Agrícolas	Adoção de novos métodos de produção que melhoram a eficiência e reduzem custos.
Almeida et al. (2016)	Sustentabilidade no Agronegócio	Práticas agrícolas sustentáveis que minimizem o impacto ambiental.
Silva e Souza (2017)	Mecanização Agrícola	Introdução de tratores, colheitadeiras e outras máquinas que aumentaram a eficiência e reduziram a dependência da mão de obra
Costa e Ferreira (2018)	Big Data e Agricultura Inteligente	Utilização de big data para otimização das operações agrícolas e tomada de decisão baseada em dados.
Santos e Oliveira (2019)	Automação e Robótica	Implementação de tecnologias automatizadas para tarefas como colheita e ordenha, aumentando a eficiência operacional.
Moraes et al. (2020)	Agricultura de Precisão	Tecnologias que permitem aplicação eficiente de insumos agrícolas e aumento da produtividade.
Pinto (2020)	Biotecnologia Agrícola	Desenvolvimento de variedades de plantas mais resistentes a pragas e doenças, melhorando a qualidade e a produtividade.

**Fonte:** Elaboração própria (2024)

As mudanças observadas no setor agrícola brasileiro demonstram elevada capacidade de absorção de tecnologias emergentes, corroborando um processo contínuo de modernização orientado pela sustentabilidade. A adoção de práticas como a mecanização intensiva, a agricultura de precisão e o uso de big data reforça o caráter tecnológico da atividade, mesmo diante de desafios ambientais e das exigências do mercado internacional. Nesse cenário, o

investimento sistemático em inovação e desenvolvimento tecnológico constitui um vetor estratégico para consolidar o protagonismo do Brasil na agricultura global.

#### 4. Metodologia

A mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, localizada em Minas Gerais, é uma das regiões importantes do estado. Composta por três microrregiões (Araxá, Patrocínio e Patos de Minas) que abrangem uma variedade de municípios importantes para a economia e o progresso regional, com destaque para o agronegócio. O posicionamento estratégico do Alto Paranaíba favorece a conexão com outras áreas de Minas Gerais e do Brasil, fazendo dele um centro econômico e de infraestrutura relevante.

Para analisar a inovação em implementos agrícolas na região do Alto Paranaíba, foi calculada a densidade de maquinário agrícola. Utilizou-se a seguinte fórmula para obter a densidade básica Equação 1:

$$DENSIDADE DE MAQUINÁRIO = \frac{NÚMERO DE MÁQUINAS EM UM MUNICÍPIO}{ÁREA TOTAL DE MUNICÍPIO} \quad (1)$$

O número de máquinas agrícolas foi extraído dos dados do IBGE, representa a soma de todos os equipamentos agrícolas existentes no município, como tratores, colheitadeiras, plantadeiras, entre outros, e a área total do município ou o número de produtores foram utilizados como denominadores, corresponde à extensão territorial do município em quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>), conforme dados oficiais de órgãos geográficos.

Para ajustar as diferenças entre municípios de tamanhos variados, aplicou-se a fórmula de densidade ajustada Equação 2:

$$DENSIDADE AJUSTADA = \frac{NÚMERO DE MÁQUINAS EM UM MUNICÍPIO}{NÚMERO DE MÁQUINAS NA REGIÃO} \quad (2)$$

Esta fórmula considera a distribuição de máquinas em relação ao número total de municípios da região, oferecendo uma visão mais equilibrada da adoção de tecnologias agrícolas. A densidade ajustada é calculada pela relação entre o número de máquinas agrícolas em um município e o total de máquinas presentes na região a que ele pertence. Esse indicador permite avaliar a participação relativa do município dentro do contexto regional, destacando sua concentração de maquinário em comparação com outras localidades próximas. Assim, a densidade ajustada contribui para identificar a distribuição espacial do maquinário agrícola e possíveis desigualdades no acesso à tecnologia.

Foram criados gráficos para aprofundar a análise de produtividade e preço utilizando o cálculo de substituição. Esta técnica requer a detecção de variáveis, como produtividade e preços agrícolas, obtidas no SIDRA/IBGE e CEPEA/ESALQ. Os critérios de substituição, como a troca de um tratamento antigo por um mais moderno, são levados em conta para avaliar como a troca de equipamentos pode afetar a produtividade e os gastos. O custo e o produto marginal são específicos ao comparar o custo do novo equipamento com o anterior.

Os gráficos são elaborados para demonstrar as conexões entre a troca de equipamentos agrícolas e as variáveis relevantes, exibindo a variação média da produtividade e as variações de preços ligadas às trocas de equipamentos agrícolas. Destacando como a modernização do setor ajudou a aumentar a produtividade e estabilizar os preços durante o período estudado. Essa técnica permitiu avaliar o avanço tecnológico e compreender como ele afeta o setor agrícola do Alto Paranaíba.

#### 5. Indicadores de avanço tecnológico agrícola

Entre 2006 e 2017, o setor agrícola em Minas Gerais experimentou um aumento no uso de equipamentos agrícolas, refletindo avanços tecnológicos, conforme os dados do Censo Agropecuário do IBGE apresentados na Tabela 2. Nesse período, o número de tratores

aumentou de 96.095 para 127.834 unidades, um crescimento de aproximadamente 33%. As colhedeiras passaram de 3.708 para 5.463 unidades, um aumento de cerca de 47%. Os pivôs de irrigação, medidos em hectares, cresceram de 13.412 para 17.925, indicando uma expansão de aproximadamente 33%. As ordenhadeiras mecânicas registraram um aumento considerável, passando de 5.121 para 6.893 unidades, o que representa um crescimento de cerca de 35%. Esses dados, detalhados na Tabela 2, demonstram o avanço da mecanização e a modernização do setor agrícola mineiro ao longo desse período.

**Tabela 2.** Equipamentos agrícolas em Minas Gerais (2006-2017).

Equipamento/Indicador	2006	2017	Crescimento (em %)
Tratores	96.095	127.834	33%
Colhedeiras	3.708	5.463	47%
Pivôs de Irrigação	13.412 (ha)	17.925 (hectares)	33%
Ordenhadeiras Mecânicas	5.121	6.893	35%
Agricultura de Precisão (GPS ou Drone)	nd	24.3% de propriedades	nd
Institutos de Pesquisa e Inovação	8 institutos	10 institutos	25%
Outras Máquinas e Equipamentos	37.326	49.657	33%
Barracões para Secagem de Alho	nd	2.132 barracões	nd

Fonte: Censo Agropecuário, (2006;2017)

Outras máquinas e equipamentos como plantadeiras, colheitadeiras e grade distribuidoras de adubos aumentaram de 37.326 para 49.657, um crescimento de aproximadamente 33%. É relevante notar que essa é uma média de crescimento para a maioria desses equipamentos. A agricultura de precisão mostrou que 24,3% das propriedades adotaram o uso de GPS e drones em 2017, apesar da falta de dados disponíveis em 2006. O número de institutos de pesquisa e inovação subiu de 8 para 10, evidenciando um investimento contínuo em pesquisa e desenvolvimento. Barracões para secagem de alho foram contabilizadas em 2.132 em 2017, um dado que não estava disponível em 2006.

As informações relativas aos barracões para secagem de alho foram coletadas devido à sua relevância no aprimoramento dos processos pós-colheita, os quais são determinantes para a qualidade e conservação do produto final. Tais estruturas configuram uma inovação tecnológica ao propiciar um ambiente controlado que minimiza perdas por deterioração, além de possibilitar maior durabilidade e valorização do produto. A incorporação desses barracões reflete avanços significativos na infraestrutura agrícola, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência da cadeia produtiva. Dessa forma, o registro de 2.132 unidades em 2017, dado inexistente em 2006, evidencia a adoção crescente de práticas inovadoras que impactam positivamente a produtividade e a competitividade do setor agrícola.

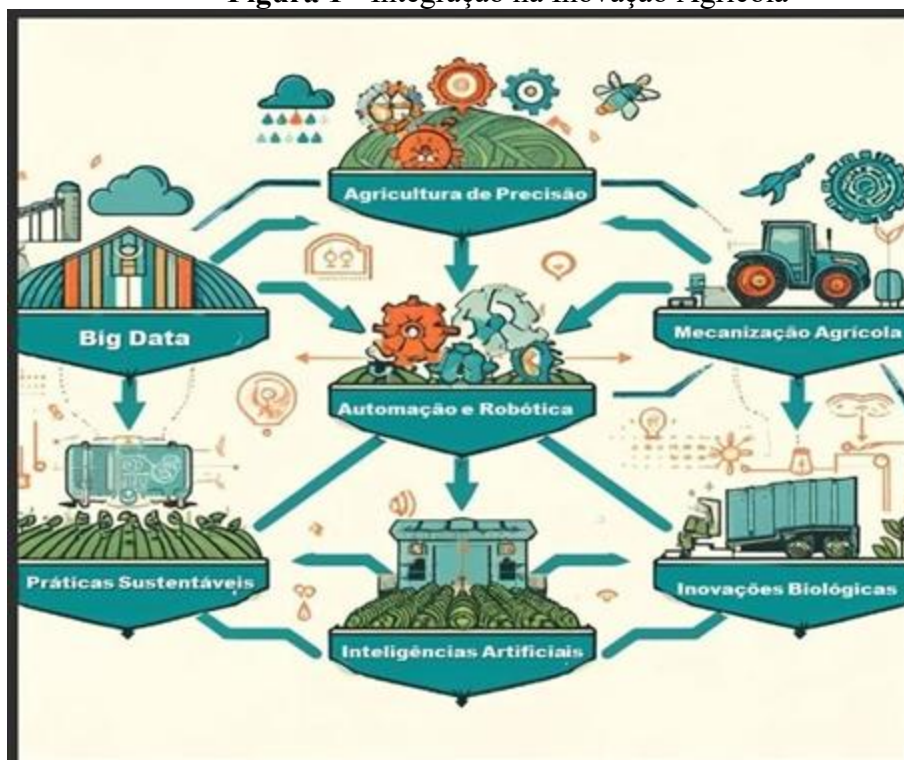
## 5.1 Integração na Inovação Agrícola

Conforme ilustrado na **Figura 1**, que sintetiza os elementos centrais dessas inovações tecnológicas no campo, a **agricultura de precisão** aparece como uma prática crucial. Moraes et al. (2020) explicam que o uso de tecnologias como GPS, sensores e drones otimizam a aplicação de insumos e maximizam a produtividade, reduzindo desperdícios e impactos ambientais.

Silva e Souza (2017) destacam a mecanização agrícola como um indicador crucial, com a introdução de máquinas modernas, como tratores e colheitadeiras, que aumentam a eficiência e reduzem a necessidade de mão de obra manual, especialmente em grandes áreas cultiváveis.

Santos e Oliveira (2019) complementam ao ressaltar o avanço da automação e robótica, que permitem maior precisão nas operações agrícolas e redução dos custos de produção.

**Figura 1 - Integração na Inovação Agrícola**



**Fonte:** Elaboração própria (2024)

Costa e Ferreira (2018) apontam o uso de Big Data e inteligência artificial como um indicador emergente na agricultura. A capacidade de coletar e analisar grandes volumes de dados provenientes de diversas fontes, como sensores, satélites e equipamentos agrícolas, permite aos agricultores em decisões mais conscientes e estratégicas. A inteligência artificial pode prever padrões climáticos, detectar pragas e otimizar a rotação de culturas, contribuindo para uma gestão agrícola mais eficiente e sustentável.

Almeida et al. (2016) enfatizam a importância das práticas sustentáveis e da inovação biotecnológica. O desenvolvimento de novas variedades de plantas, resistentes a pragas e condições climáticas adversas, tem sido fundamental para aumentar a produtividade e garantir a segurança alimentar. Além disso, práticas como a agricultura orgânica e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) mostram como a tecnologia pode ser utilizada para promover a sustentabilidade ambiental e a conservação dos recursos naturais.

A automação na agricultura otimiza recursos e aumenta a eficiência com o uso de máquinas avançadas, como tratores autônomos e colheitadeiras inteligentes, que reduzem a dependência de mão de obra (Bongiovanni; Lowenberg-DeBoer, 2004). A agricultura de precisão, com softwares e tecnologias, controla a produção, aplicando insumos de forma otimizada e reduzindo desperdícios (Zarco-Tejada, 2003). Robótica e automação, em processos como colheita e ordenha, proporcionam maior controle operacional e redução de custos.

Em complemento a inteligência artificial (IA) está se tornando uma ferramenta indispensável na resolução de problemas complexos e na geração de dados em tempo real. Sistemas de IA podem analisar grandes volumes de dados para prever condições climáticas, detectar pragas e doenças, e otimizar as operações agrícolas, contribuindo significativamente para a tomada de decisões informadas (RUSSO et al., 2018).

A produção sustentável é uma tendência que visa reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover o reaproveitamento de insumos, alinhando-se com os objetivos globais de sustentabilidade ambiental. Práticas como a rotação de culturas, o uso de energias renováveis

e a implementação de técnicas de cultivo conservacionistas são exemplos de como a sustentabilidade está sendo incorporada no agronegócio moderno (PIMENTEL, 2006).

A agricultura vertical, considerada uma prática sustentável, permite a produção em camadas verticais, otimizando o uso do espaço e possibilitando o cultivo em ambientes urbanos. Essa técnica reduz a necessidade de grandes áreas agrícolas, diminui o consumo de água e energia, e minimiza a emissão de gases ao aproximar a produção dos centros consumidores. Já o marketplace agrícola funciona como uma plataforma digital que facilita a compra e venda de produtos agrícolas, conectando produtores e consumidores de maneira mais eficiente e transparente (JANKOVIC, 2018).

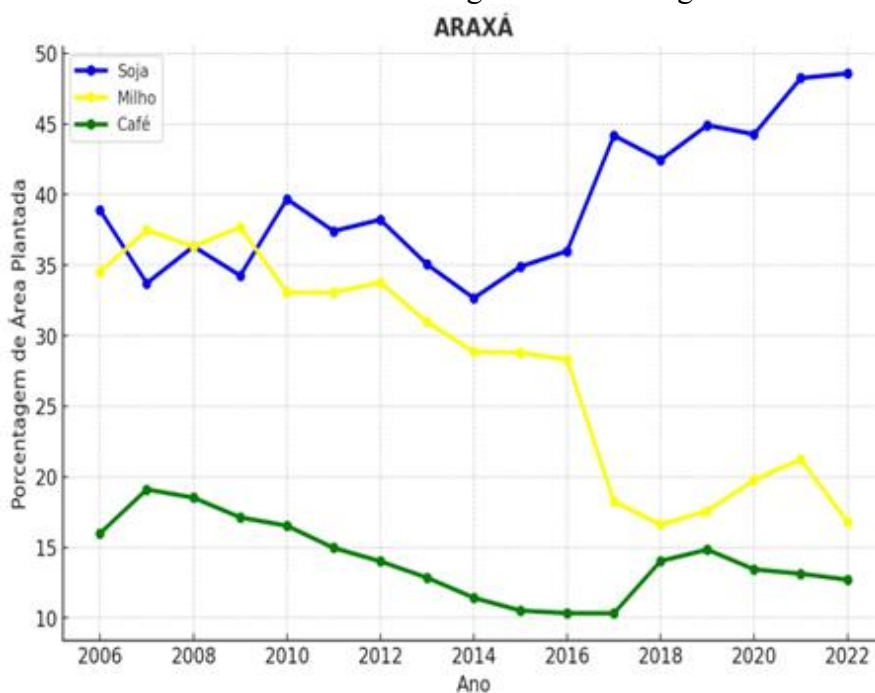
Essas inovações não apenas aumentam a produtividade, representando avanços nos processos produtivos, como também elevam a qualidade dos produtos agrícolas, configurando melhorias no produto. Além disso, contribuem para uma agricultura mais sustentável e resiliente. A adoção dessas tecnologias e práticas é essencial para garantir a segurança alimentar global e enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas.

Importante salientar que, apesar de serem extremamente necessárias, a implementação dessas inovações impõe desafios significativos aos produtores rurais. A dificuldade de obter recursos financeiros para adquirir equipamentos avançados é uma barreira notável. Além disso, o conhecimento e a capacitação necessários para utilizar essas tecnologias representam outra dificuldade, especialmente em regiões onde a agricultura familiar predomina. A restrição de acesso a informações, formação técnica e investimentos financeiros pode restringir a adoção de práticas inovadoras.

## 5.2 Dinâmica do mercado agrícola do Alto Paranaíba

Com o intuito de entender as dinâmicas do mercado agrícola na região do Alto Paranaíba e sua conexão com o processo de inovação no campo, examinaram-se as mudanças nas áreas de plantio de 2006 a 2022. Os dados utilizados para a criação desses gráficos foram obtidos do SIDRA/IBGE (2024). Os gráficos mostram como as áreas plantadas de soja, milho e café mudaram de 2006 para 2022 em três microrregiões no Alto Paranaíba: Araxá, Patrocínio e Patos de Minas.

Gráfico 1 – Mercado Agrícola Microrregião Araxá



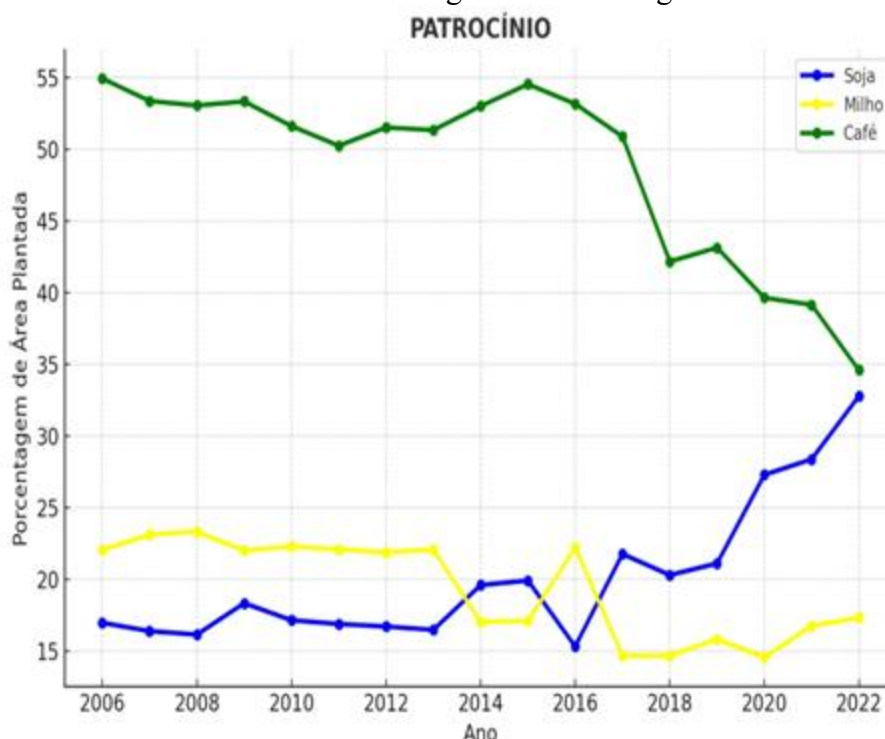
Fonte: Elaboração própria (2024)

Em Araxá, a soja se destaca com um crescimento expressivo a partir de 2012, tornando-se a principal cultura em 2022, ocupando cerca de 45% da área plantada. O milho, que inicialmente tinha uma participação semelhante à da soja, reduziu gradualmente, estabilizando-se em torno de 20%. O café, por sua vez, manteve-se em uma faixa mais baixa, com cerca de 15% da área plantada, sem grandes variações.

Vários motivos podem levar os agricultores a escolher a soja ao invés do milho. O milho pode proporcionar uma rentabilidade financeira superior devido aos preços atrativos ou à demanda do mercado. O milho pode ser selecionado devido à sua adaptação a certas condições climáticas e de solo, bem como pelas suas vantagens em sistemas de rotação de culturas, contribuindo para a melhoria da saúde do solo e a maximização da produtividade.

A escolha da área a ser plantada com soja ou milho é uma decisão estratégica que envolve diversas variáveis, como a expectativa de retorno financeiro, as condições de mercado, os preços e as condições locais de cada propriedade. Os produtores consideram o potencial de lucro, o custo de produção, a demanda do mercado e, especialmente, as características específicas do solo e clima. Nesse contexto, o cultivo da safrinha uma segunda safra que geralmente utiliza o milho, é uma prática comum em algumas regiões, aproveitando a janela de plantio após a colheita da soja. Assim, enquanto a soja tem demonstrado maior crescimento e rentabilidade, incentivando sua expansão, o milho pode ser cultivado em menor escala, mas com relevância estratégica em função dessas condições locais e da dinâmica do mercado.

Gráfico 2 – Mercado Agrícola Microrregião Patrocínio



**Fonte:** Elaboração própria (2024)

Em Patrocínio, o café predominou em todo o período analisado, representando mais de 50% da área plantada até 2016. Contudo, desde o ano de 2016, o café registrou uma queda acentuada, e, em contraposição, a soja começou a ganhar espaço, com participação superior a 30% na área plantada em 2022, enquanto o café caiu para um patamar próximo a 35%. O milho, embora menos expressivo, mantém-se estável ao longo dos anos, representando, em média, cerca de 20% da área plantada.

Vários fatores contribuíram para a queda da área de café em Patrocínio a partir de 2016. A queda do preço do café e o aumento do custo de produção impactaram a lucratividade da

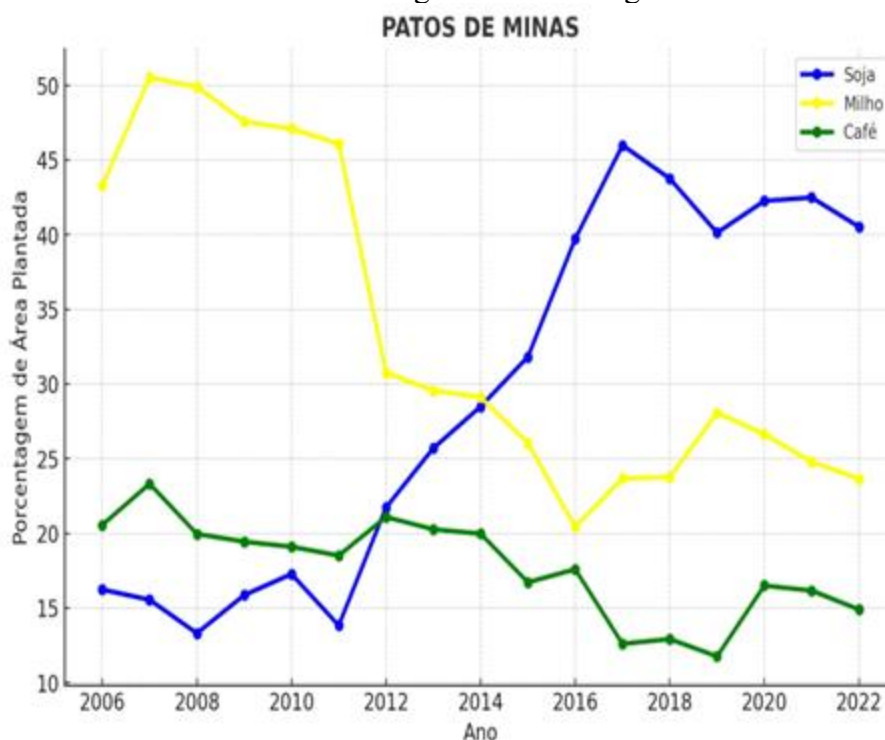
lavoura, estimulando os agricultores a investir em outras culturas. Além disso, questões como doenças e pragas, condições climáticas desfavoráveis (geadas, seca prolongadas) prejudicaram a produtividade do café.

Em contrapartida, a expansão do cultivo da soja em Patrocínio pode ser justificada pelas seguintes razões: a) lucratividade superior em relação ao café, impulsionada pelo aumento da procura no mercado; b) as condições climáticas e do solo propícios para a produção de soja ser especialmente propícios para a produção de soja.

Embora Patrocínio seja tradicionalmente uma região conhecida pela produção de café, as mudanças no mercado e nas condições agrícolas têm levado a uma maior diversificação de culturas. A transição para a soja reflete uma adaptação às novas condições econômicas e de mercado, enquanto a estabilidade do milho sugere que essa cultura continua a desempenhar um papel constante na agricultura local.

Já em Patos de Minas (gráfico 3), observa-se uma troca significativa entre as culturas. Em 2011, o comportamento do gráfico foi semelhante ao das outras microrregiões. A soja está substituindo as áreas de milho e café. O milho, que dominava o cenário até 2012, caiu drasticamente. Em 2012, a região de Patos de Minas passou por uma transformação notável na produção agrícola, com a soja gradualmente assumindo o protagonismo em relação ao milho. Essa mudança foi motivada por alguns fatores. Primeiramente, a rentabilidade da soja se mostrou superior à do milho, incentivando os produtores locais a expandirem suas áreas dedicadas a essa cultura. A elevada demanda chinesa por soja impulsionou ainda mais essa mudança. As condições climáticas da região também se mostraram favoráveis ao cultivo da soja, que se adaptou muito bem às características locais, resultando em colheitas mais produtivas (Notícias Agrícolas, 2013).

Gráfico 3 – Mercado Agrícola Microrregião Patos de Minas



**Fonte:** Elaboração própria (2024)

A partir de 2014, o milho foi superado pela soja, que cresceu rapidamente e se estabilizou em cerca de 40% da área plantada. Embora a participação do café seja menor, alguns municípios da região são tradicionalmente produtores de café, mantendo-se em torno de 15% a 20% ao longo do período, com variações menos acentuadas. Por fim, os gráficos mostram uma tendência geral de que as três cidades têm mais áreas plantadas de soja, enquanto

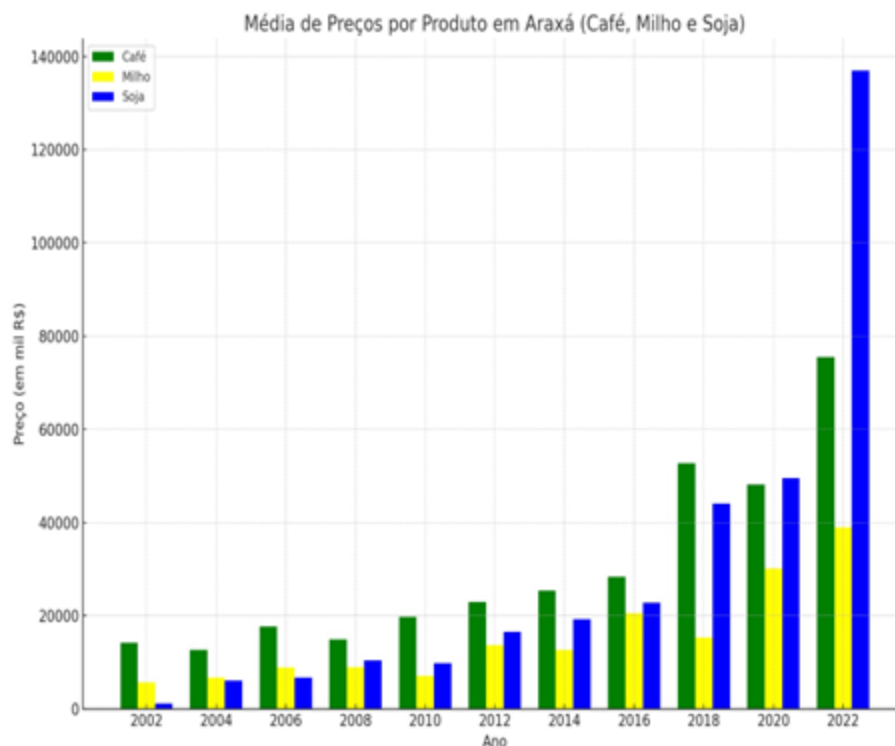
o milho tem diminuído, principalmente em Patos de Minas. Apesar da expansão do café não ter sido tão expressiva, ele ainda tem uma presença relevante, principalmente em Patrocínio. Ao longo dos anos, essas mudanças refletem as dinâmicas econômicas e as preferências agrícolas da região.

O crescimento expressivo da soja em todas as microrregiões pode ser atribuído ao aumento da demanda global e aos preços elevados que a soja alcançou nos mercados internacionais, tornando-a uma cultura mais lucrativa para os agricultores. Inovações tecnológicas, como o uso de sementes geneticamente modificadas e técnicas de agricultura de precisão, têm aumentado a produtividade e reduzindo os custos de produção, tornando a soja uma opção mais atraente.

## 6. Evolução dos preços e inovações tecnológicas no setor agrícola para as microrregiões.

As inovações tecnológicas desempenharam um papel fundamental na variação e no crescimento dos preços do café, milho e soja nas microrregiões de Araxá, Patrocínio e Patos de Minas ao longo de duas décadas. Os gráficos que mostram a média de preços desses produtos revelam tendências importantes, com destaque para o aumento expressivo da soja nos últimos anos. Esses valores, que refletem o total recebido pelos produtores ao multiplicar o preço médio pela produção total, mostram o impacto de tecnologias avançadas, como sementes geneticamente modificadas e a agricultura de precisão, que impulsionaram os rendimentos.

Figura 2 - Média de Preços Agrícolas comparação Microrregiões de Araxá, Patos de Minas e Patrocínio

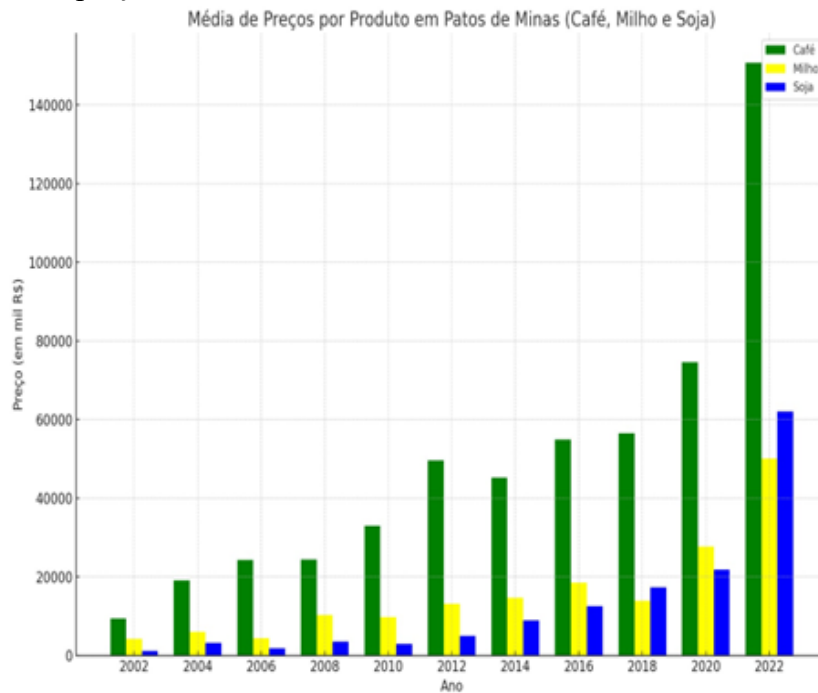


Fonte: Elaboração própria (2024)

Em Araxá, a análise dos preços médios do café, milho e soja ao longo das últimas duas décadas revela um crescimento constante, com especial destaque para a soja, que apresentou um aumento expressivo em 2022. Esse aumento está diretamente relacionado à adoção de inovações agrícolas, como sementes geneticamente modificadas e o uso de técnicas de agricultura de precisão, que têm aumentado a produtividade e a rentabilidade, particularmente da soja. O café também mostrou tendência de alta, o crescimento foi mais moderado, refletindo

a adoção de inovações focadas na melhoria da qualidade do produto, como práticas sustentáveis e técnicas aprimoradas de colheita.

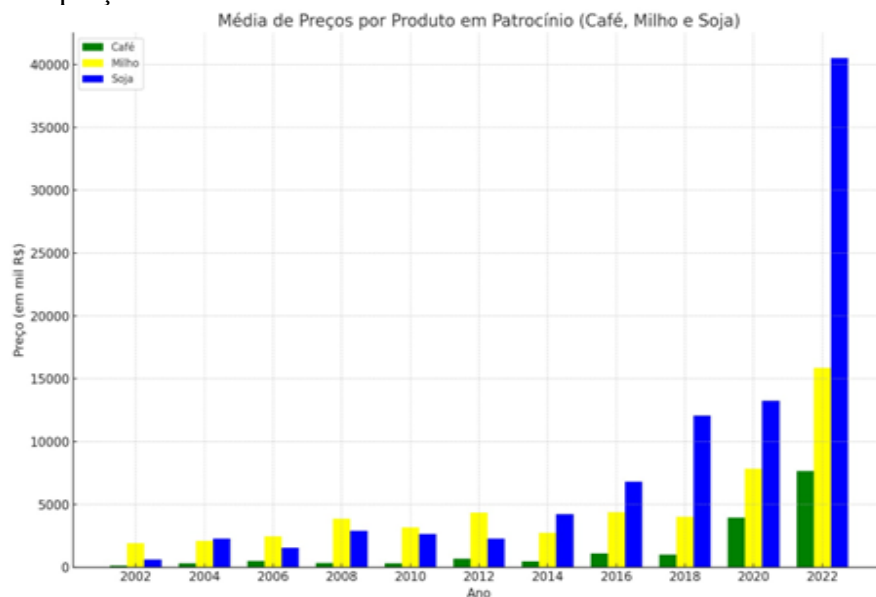
Figura.3 Média dos preços



**Fonte:** Elaboração própria (2024)

Patos de Minas, continua sendo a principal cultura do café, com aumento em seu preço desde 2020. Esse crescimento pode estar ligado às inovações tecnológicas no processamento do café e aos sistemas de supervisão agrícola. Embora o café continue sendo o principal valor de mercado, há uma diversificação gradual com o milho e a soja ganhando espaço e aumentando os preços desde 2014. Isso reflete a adoção de práticas que otimizam o uso de recursos e o manejo cultural, bem como tecnologias que ajudam a mitigar os impactos das mudanças climáticas, garantindo sustentabilidade e lucratividade para os agricultores da região.

Figura 4-Média dos preços



**Fonte:** Elaboração própria (2024)

Na microrregião de Patrocínio, os gráficos sugerem uma mudança significativa nos padrões de cultivo, com uma migração de áreas antes dedicadas ao café para o plantio de soja e milho. Essa transição é explicada pelo aumento da rentabilidade dessas culturas, impulsionado por inovações tecnológicas como o uso de sementes geneticamente modificadas e métodos avançados de manejo do solo. A demanda global crescente por soja e milho, aliada à sua maior resiliência frente às mudanças climáticas, também incentivou essa mudança. A diversificação das culturas tem sido uma estratégia, proporcionando maior sustentabilidade econômica e adaptabilidade às condições de mercado e climáticas.

## 7. Papel essencial da assistência técnica na agricultura

A orientação técnica no campo desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de inovações agrícolas, pois facilita a transferência de conhecimento e a adoção de novas tecnologias pelos produtores rurais. Segundo Feder et al. (2004), a assistência técnica melhora a capacidade dos agricultores de adotar práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis, contribuindo diretamente para o aumento da produtividade e para a redução de custos operacionais. Essa orientação é importante em contextos de pequenas propriedades, onde o acesso à informação e à tecnologia é limitado, restringindo a capacidade dos agricultores de implementar inovações que poderiam melhorar significativamente seus rendimentos.

Além disso, a orientação técnica promove a disseminação de conhecimentos sobre manejo de solo, uso racional de insumos, e novas técnicas de cultivo, o que é essencial para a sustentabilidade da produção agrícola. Anderson e Feder (2007) destacam que a presença de extensionistas no campo cria um canal direto entre as pesquisas agrícolas e o produtor, permitindo que as inovações sejam ajustadas às condições locais e às necessidades específicas dos agricultores. Esse processo adaptativo é crucial para garantir que as inovações não sejam apenas tecnicamente viáveis, mas também economicamente acessíveis e ecologicamente sustentáveis, maximizando os benefícios para os produtores.

Finalmente, a orientação técnica contribui para a resiliência do setor agrícola ao facilitar a adaptação a mudanças climáticas e a desafios econômicos. Segundo Davis et al. (2012), a formação contínua dos agricultores através de programas de extensão os prepara para enfrentar variabilidades e incertezas, tornando o sistema agrícola mais dinâmico e menos vulnerável a choques externos. Dessa forma, a orientação técnica não só impulsiona a inovação, mas também fortalece a capacidade adaptativa dos agricultores, consolidando um desenvolvimento agrícola mais robusto e inclusivo.

**Tabela 3.** Orientação técnica nas microrregiões de Araxá, Patos de Minas e Patrocínio.

Ano	2006			2017		
	Patrocínio	Patos de Minas	Araxá	Patrocínio	Patos de Minas	Araxá
Governo	699	865	717	277	521	287
Próprio produtor	1110	1040	827	2101	1627	1548
Cooperativas	1390	649	561	1528	1301	483
Empresas integradoras	397	169	132	347	571	381
Empresas privadas	759	488	140	44	53	60
ONGS	6	6	4	3	2	1
Sistema S	0	0	0	36	7	8
Outra	68	26	54	169	144	127
Total	9193	10846	5271	9838	11753	6156
Recebe	4429	3243	2435	4505	4226	2895
Não Recebe	4764	7603	2836	5983	8137	3699

**Fonte:** Elaboração própria, IBGE, (2024).

A tabela 3 apresenta dados do Censo Agropecuário sobre a origem do apoio técnico recebido pelos produtores rurais das microrregiões de Patrocínio, Patos de Minas e Araxá nos anos de 2006 e 2017. As principais fontes de orientação técnica listadas são governos (federal, estadual ou municipal), cooperativas, empresas integradoras, empresas privadas de planejamento, ONGs, Sistema S, e outros. Além disso, a tabela também apresenta a quantidade total de produtores que receberam ou não orientação técnica em cada ano.

Entre 2006 e 2017, houve uma redução significativa na orientação fornecida por governos em todas as microrregiões, indicando uma possível retração do suporte governamental ou uma mudança nas políticas públicas de corte de gastos e assistência técnica. O suporte técnico “próprio ou do próprio produtor” cresceu substancialmente, especialmente em Patrocínio, onde os números mais que dobraram. Isso sugere um movimento crescente de autossuficiência ou uma falta de alternativas confiáveis de suporte.

As cooperativas mantiveram uma posição de destaque, mas houve uma queda na microrregião de Araxá, o que pode indicar mudanças na atuação ou estrutura das cooperativas locais. As empresas integradoras e o Sistema S apresentaram um crescimento no fornecimento de assistência, especialmente em Patos de Minas, onde a contribuição das empresas integradoras aumentou consideravelmente. Isso reflete a crescente participação do setor privado e de entidades paraestatais na oferta de assistência técnica. Às empresas privadas de planejamento, por outro lado, praticamente desapareceram como fonte de apoio em Patrocínio e Patos de Minas, mostrando uma tendência de desinvestimento neste setor.

Em termos de acesso geral à assistência técnica, observa-se que, em 2017, uma proporção maior de produtores não recebeu orientação técnica em todas as microrregiões comparado a 2006, especialmente em Patos de Minas. Isso reflete um aumento das dificuldades no acesso ao suporte, o que pode estar relacionado à redução do apoio governamental e mudanças na dinâmica das cooperativas e empresas de planejamento.

## **8. Considerações finais**

Este estudo destaca a relevância das inovações tecnológicas no setor agrícola, com foco nas microrregiões de Araxá, Patrocínio e Patos de Minas, localizadas no Alto Paranaíba. O progresso tecnológico tem sido fundamental para a modernização da agricultura, promovendo ganhos em produtividade e eficiência. Tecnologias como drones, sensores, softwares de gestão agrícola e a agricultura de precisão, iniciada na segunda metade da década de 1990, tem se intensificado nas últimas décadas, impulsionada pela popularização do GPS e pelo desenvolvimento de outras ferramentas. Essas inovações aumentaram a competitividade regional, e contribuíram para a sustentabilidade ambiental, ao otimizar o uso de recursos e reduzir custos e desperdícios.

A modernização da agricultura resultou em aumentos consideráveis na produtividade, especialmente em culturas como a soja, o milho e o café, que predominam a produção agrícola do Alto Paranaíba. A introdução de novas técnicas, como o uso de sementes geneticamente modificadas e a mecanização, permitiu que os produtores aumentassem sua eficiência operacional e reduzissem custos, refletindo diretamente na rentabilidade da cultura. Esse aumento na competitividade também impulsionou as exportações e garantiu um lugar de destaque para a agricultura da região no cenário nacional e global.

Outro aspecto relevante é a relação entre inovação e sustentabilidade. A adoção de tecnologias voltadas para a agricultura de precisão e práticas de manejo sustentável têm permitido que os produtores conciliem a necessidade de aumentar a produção com práticas sustentáveis. O uso de insumos de forma mais eficiente e a aplicação de técnicas como a rotação de culturas têm ajudado a mitigar os impactos ambientais da agricultura intensiva. Além disso,

a biotecnologia tem sido crucial para o desenvolvimento de plantas mais resistentes, que demandam menos defensivos agrícolas e suportam melhor as condições climáticas adversas.

Entretanto, a adoção de inovações tecnológicas não ocorre de forma homogênea em todas as propriedades agrícolas. Pequenos produtores, especialmente aqueles que dependem da agricultura familiar, enfrentam desafios significativos para incorporar essas tecnologias, seja pela falta de acesso a financiamento, seja pela limitada capacitação técnica. Essa desigualdade no acesso às inovações pode perpetuar as disparidades regionais, destacando a necessidade de políticas públicas que incentivem a difusão tecnológica de maneira mais equitativa, garantindo que os benefícios da modernização agrícola sejam compartilhados por todos.

A orientação técnica tem se mostrado essencial para o sucesso na adoção dessas inovações. A assistência de cooperativas, empresas integradoras e outras entidades tem sido fundamental para capacitar os produtores no uso de novas tecnologias e práticas agrícolas. No entanto, o estudo revela uma diminuição no suporte técnico oferecido pelo governo ao longo dos anos, o que pode impactar negativamente a capacidade dos produtores de adotarem novas tecnologias, especialmente os de menor porte.

Por fim, este estudo reforça a importância de continuar investindo em pesquisa e desenvolvimento no setor agrícola. O avanço tecnológico é um motor essencial para o crescimento econômico e a sustentabilidade da agricultura e a região do Alto Paranaíba tem potencial para se consolidar como uma referência de inovação agrícola no Brasil. No entanto, é fundamental que as políticas públicas estejam alinhadas com as necessidades dos produtores, incentivando a adoção de tecnologias de maneira inclusiva e sustentável.

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho (Projeto nº APQ-00793-22).

### **Referências Bibliográficas**

- ABAG - Associação Brasileira do Agronegócio. (2023). Números do Agro. <https://www.abag.com.br/>.
- AgroHUB. (2023). Monitoramento em tempo real das atividades agrícolas. <https://www.agrohub.com.br>.
- ANDERSON, J. R.; FEDER, G. Agricultural Extension: Good Intentions and Hard Realities. *The World Bank Research Observer*, v. 19, n. 1, p. 41-60, 2004.
- BESSEN, J. *Learning by Doing: The Real Connection between Innovation, Wages, and Wealth*. Yale University Press, 2015.
- BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision Agriculture and Sustainability. *Precision Agriculture*, v. 5, n. 4, p. 359-387, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/B:PRAG.0000040806.39604.aa>.
- BORLAUG, N. E. *The Green Revolution, Peace and Humanity*. Nobel Lecture, 1970.
- CENSO AGROPECUÁRIO (2006; 2017).
- Citeforma. (2023). Inovações tecnológicas e adaptação empresarial.
- DAVIS, K.; NAGARAJAN, L.; KEHURST, M.; GUEST, D. Extension and Advisory Services in Agricultural Innovation Systems. *Journal of Agricultural Education and Extension*, v. 18, n. 3, p. 265-273, 2012. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2012.692017>
- DEERE, J. B. Agricultural Mechanization: A Historical Overview. *Journal of Agricultural History*, v. 54, n. 3, p. 256-272, 1980.
- DUTRA, H. B. S. (2024). Teoria dos ciclos de inovação de Joseph Schumpeter. *In Desvendando a complexidade humana: Estudos interdisciplinares em ciências humanas (Cap. 8)*. Universidade Federal da Fronteira Sul.
- EMBRAPA. Competitividade da agricultura brasileira. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>.

FEDER, G.; WILLETT, A.; ZWICK, M. E. Extension and Rural Development: Converging Views on Institutional Approaches? *The World Bank Research Observer*, v. 19, n. 1, p. 79-98, 2004.

FERREIRA, Leila da Costa. Agricultura, território e desenvolvimento no Alto Paranaíba/MG: a relação entre as políticas públicas, a modernização agrícola e o desenvolvimento local. *Revista GeoPantanal*, v. 2, n. 3, p. 24-40, 2016.

GODDARD, E. Agricultural innovation and technological change: A revisionist history. The SCHMELZER, Matthias. A hegemonia do crescimento: a OCDE e a construção do paradigma do crescimento econômico. *Economic History Review*, v. 70, n. 3, p. 832-853, ago. 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ehr.12440>.

GRILICHES, Z. R&D and Productivity: The Econometric Evidence. University of Chicago Press, 1998. DOI: ss. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226256807.001.0001>

HASENCLEVER, L.; FERREIRA, M. F. Inovação Tecnológica e Desenvolvimento Econômico. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 12, n. 2, p. 85-108, 2013.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. *Agricultural Development: An International Perspective*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1988.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Recuperado de <https://sidra.ibge.gov.br>

JANKOVIC, M. The Impact of IoT on Agriculture. *Journal of Agricultural Technology*, v. 15, n. 2, p. 210-229, 2018.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2023). Exportações do agronegócio fecham 2023 com US\$ 166,55 bilhões em vendas.

MORAES, B. C. B. et al. Avaliação do progresso tecnológico na produção de café no Brasil. *Coffee Science*, v. 15, n. 1, p. 12-21, 2020. <https://doi.org/10.25186/cfs.v15i1.1036>

MORAES, B. C. B., & PINTO, M. E. O. Transformações recentes na agricultura brasileira: um olhar sobre o Alto Paranaíba. *Caderno Prudentino de Geografia*, 2020.

Notícias Agrícolas. (2013). IBGE: Produção do milho cresce e supera a da soja em 2012.

OCDE. Manual de Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Finep, 2004.

OCDE. Organisation for Economic Co-operation and Development (2004). Manual de Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Finep.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. Manual de Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. 3. ed. Brasília: FINEP, 2004.

PIMENTEL, D. Impacts of Organic Farming on the Efficiency of Energy Use in Agriculture. *Annu. Rev. Energy Environ.*, v. 31, p. 1-31, 2006.

PINTO, Márcio Eustáquio de Oliveira. Transformações recentes na agricultura brasileira: um olhar sobre o Alto Paranaíba. *Caderno Prudentino de Geografia*, v. 42, n. 1, p. 157-174, 2020.

QAIM, M. (2020). Role of new plant breeding technologies for food security and sustainable agricultural development. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42(1), 129-150. <https://doi.org/10.1002/aep.13044>

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5ª ed.). New York, NY: Free Press.

RUSSO, G. COSTANTINO, N.; DELL'AQUILA, D.; PAPETTI, A.; PELLEGRINI, D.; ANDRETTA, M. Artificial Intelligence in Agriculture: Application in Precision Farming. *IEEE Access*, v. 6, p. 12356-12363, 2018. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2809961>

SCHUMPETER, J. A. *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harper & Brothers, 1942.

SILVA, Marco Aurélio da. Desenvolvimento Rural Sustentável e Agroecologia: Uma Abordagem Integrada para a Sustentabilidade Ambiental e Social. *Revista Educação Ambiental em Ação*, n. 87, 30 maio de 2024.

SINGULARITY U BRASIL. Inovação tecnológica: o que é, importância e exemplos. 2023.

TEIXEIRA, F. A.; ROCHA, T. C.; GOOD GOD, P. I. V. ANUNCIAÇÃO, J. C. L.; SOUZA, J. P. O. Produção e a gestão do café no Alto Paranaíba: relevância e necessidades de aprimoramento produtivo. In: Perfil produtivo e potencialidades do Alto Paranaíba vol. II. Belo Horizonte: Editora: D'Plácido, 2023. p.51-72.

V.W. Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais. Tradução de M.V. von Bulow e J.S.W. von Bulow. Brasília: EMBRAPA, 1988, p. 583.

WIDMARCK, J. D. J. A. Em busca do desenvolvimento territorial rural do Matopiba: uma análise do Cerrado. Revista Economia Ensaios, v. 35, n. 2, p. 1983-1994, 2020.

WIDMARCK, J. D.J.A, Matopiba em transformação: ascensão da soja, financeirização da terra e impactos socioeconômicos. UFU. 2023.

WOLFERT, S., Ge, L., VERDOUW, C., & BOGAARDT, M., J. . Big data in smart farming. Agricultural Systems, 153, 69-80. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.023>

WOLFERT, S.; GE, L.; VERMEULEN, B.; BOGAARDEN, J. The Role of Big Data in Smart Farming. Agricultural Systems, v. 153, p. 69-80, 2017.

ZARCO-TEJADA, P. J. Precision Agriculture: An Overview of Techniques. Agricultural and Forest Meteorology, v. 112, n. 1, p. 1-30, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(02\)00261-](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(02)00261-6)