

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

HELOISA CAMPOS CORDEIRO
RAISSA FIGUEIREDO DE MATOS

TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 NA CADEIA PRODUTIVA DA SOJA
MINEIRA: UMA ANÁLISE DOS ELOS DE INSUMOS, PRODUÇÃO E
DISTRIBUIÇÃO

JOÃO MONLEVADE – MG

2026

HELOISA CAMPOS CORDEIRO
RAISSA FIGUEIREDO DE MATOS

TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 NA CADEIA PRODUTIVA DA SOJA
MINEIRA: UMA ANÁLISE DOS ELOS DE INSUMOS, PRODUÇÃO E
DISTRIBUIÇÃO

Monografia apresentada à Universidade
Federal de Ouro Preto, como requisito parcial
para obtenção do título de Engenheiro de
Produção.

Orientadora: Prof.^a Luciana Paula Reis

JOÃO MONLEVADE – MG

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M433t Matos, Raissa Figueiredo de.

Tecnologias da indústria 4.0 na cadeia produtiva da soja mineira
[manuscrito]: uma análise dos elos de insumo, produção e distribuição. /
Raissa Figueiredo de Matos. Heloisa Campos Cordeiro. - 2026.
40 f.: il.: color., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Paula Reis.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia de
Produção .

1. Agroindústria - Aspectos econômicos. 2. Indústria 4.0. 3. Inovações
tecnológicas. 4. Soja - Indústria. I. Cordeiro, Heloisa Campos. II. Reis,
Luciana Paula. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 631.17:633.34(81)

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6/2431



FOLHA DE APROVAÇÃO

Heloísa Campos Cordeiro

Raissa Figueiredo de Matos

Tecnologias da Indústria 4.0 na cadeia produtiva da soja mineira: uma análise dos elos de insumos, produção e distribuição

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção

Aprovada em 07 de julho de 2026

Membros da banca

Dra. Luciana Paula Reis - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)

Dr. Rafael Lucas Machado Pinto (Universidade Federal de Ouro Preto)

Me. Thairone Ezequiel de Almeida (Universidade Federal de Ouro Preto)

Luciana Paula Reis, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 09/07/2026



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Paula Reis, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/07/2026, às 09:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1136932** e o código CRC **8A8CA289**.

RESUMO

A Indústria 4.0 (I4.0) tem promovido transformações significativas no agronegócio, especialmente por meio da integração de tecnologias digitais aos processos produtivos. Nesse contexto, a cadeia produtiva da soja, por sua relevância econômica no Brasil, apresenta elevado potencial para a adoção dessas tecnologias. O presente estudo tem como objetivo identificar e analisar as principais barreiras para a adoção das tecnologias da I4.0, bem como suas respectivas ações mitigadoras, na perspectiva de diferentes atores da cadeia produtiva da soja. A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso múltiplo, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e caráter descritivo. A coleta de dados será realizada por meio de entrevistas semiestruturadas, com o apoio de um questionário estruturado em blocos temáticos. Espera-se que os resultados contribuam para a compreensão dos desafios e oportunidades relacionados à digitalização do agronegócio, oferecendo subsídios para a tomada de decisão e formulação de estratégias no setor.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Agronegócio. Soja. Cadeia produtiva. Tecnologias digitais.

ABSTRACT

Industry 4.0 (I4.0) has promoted significant transformations in agribusiness through the integration of digital technologies into production systems. In this context, the soybean production chain, due to its economic relevance in Brazil, presents a high potential for the adoption of such technologies. This study aims to identify and analyze the main barriers to the adoption of I4.0 technologies, as well as possible mitigating actions, from the perspective of different actors in the soybean production chain. The research is characterized as a multiple case study, with an applied nature, qualitative approach, and descriptive purpose. Data collection will be carried out through semi-structured interviews supported by a questionnaire organized into thematic blocks. The results are expected to contribute to the understanding of the challenges and opportunities related to digital transformation in agribusiness.

Keywords: Industry 4.0. Agribusiness. Soybean. Supply chain. Digital technologies.

SUMÁRIO

1. Introdução	7
1.1 Tecnologias da Indústria 4.0 no agronegócio	7
1.2 Problema de pesquisa	9
1.3 Objetivos.....	10
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 Justificativa	11
1.5 Estrutura do trabalho	11
2. Revisão de literatura	13
2.1 Tecnologia da I4.0 no agronegócio	13
2.2 Tecnologias da I4.0 na cadeia da soja	14
2.3 Barreiras e ações mitigadoras	16
3. Metodologia de pesquisa	20
4. Caso prático	22
4.1 Cadeia produtiva da soja	22
4.2 Tecnologias adotadas.....	24
4.2.1 Tecnologias de Informação, Gestão e Comunicação.....	25
4.2.2 Tecnologias de processo (operacionais) e monitoramento	26
4.2.3 Tecnologias de dados, inteligência e tecnologias avançadas da I4.0	26
4.3 Barreiras	27
4.4 Ações mitigadoras	30
5. Discussão	32
6. Conclusões.....	35
Referências	38

1. Introdução

1.1 Tecnologias da Indústria 4.0 no agronegócio

A Indústria 4.0 (I4.0) caracteriza-se pela integração de tecnologias digitais avançadas aos sistemas produtivos, envolvendo o uso de Internet das Coisas (IoT), big data (BD), computação em nuvem (CC), automação (AUT), sistemas ciberfísicos (CPS) e inteligência artificial (IA). No agronegócio, essas tecnologias vêm promovendo transformações significativas ao possibilitar maior controle dos processos produtivos, tomada de decisão baseada em dados e aumento da eficiência operacional ao longo das cadeias agrícolas (Brotto *et al.*, 2025; Yadav *et al.*, 2022; Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013)

No contexto internacional, a aplicação das tecnologias da I4.0 no agronegócio tem se intensificado sobretudo em sistemas de agricultura de precisão, rastreabilidade digital e automação de máquinas agrícolas (De Oliveira *et al.*, 2024; Yadav *et al.*, 2022). Entretanto, no agronegócio brasileiro, a adoção dessas tecnologias ainda ocorre de forma desigual. Grandes produtores e empresas integradas tendem a incorporar inovações com maior rapidez, enquanto pequenos e médios produtores enfrentam barreiras relacionadas à infraestrutura tecnológica, custos de implementação, conectividade no meio rural e qualificação da mão de obra (Embrapa, 2024; Cestari; Ducos; Exposito, 2020).

A soja destaca-se como uma das principais commodities do agronegócio brasileiro, desempenhando papel central na economia nacional e no comércio exterior. Sua cadeia produtiva envolve múltiplos elos, desde o melhoramento genético e a produção de sementes, passando pelo preparo do solo, plantio, manejo da lavoura e colheita, até o armazenamento, processamento industrial, transporte e comercialização. O setor da soja ocupa posição estratégica na economia brasileira, consolidando-se como um dos principais pilares do agronegócio nacional. O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores e exportadores mundiais da commodity, desempenhando papel relevante no abastecimento do mercado internacional (Embrapa, 2024; Romero, 2024).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2024), a produção de soja no Brasil supera 150 milhões de toneladas anuais, refletindo o elevado nível de especialização produtiva e a expansão da fronteira agrícola. No âmbito macroeconômico, o agronegócio representa cerca de 25% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, sendo a soja um dos principais componentes

desse desempenho (Romero, 2024). A complexidade e a extensão dessa cadeia tornam a soja um objeto relevante para a análise da aplicação das tecnologias da I4.0, especialmente no que se refere à integração de informações e à coordenação entre os diferentes agentes (Kersten *et al.*, 2024; Neves; Hanashiro, 2023; Zylbersztajn, 2005).

Do ponto de vista social, a cadeia produtiva da soja envolve diversos agentes econômicos e gera impactos relevantes em termos de emprego e renda, abrangendo atividades que vão desde a produção agrícola até a logística e exportação (Neves; Zylbersztajn, 2005). No entanto, apesar de sua importância, o setor ainda enfrenta desafios relacionados à modernização tecnológica e à integração dos elos produtivos (Cestari; Ducos; Exposito, 2020).

Nesse contexto, esta pesquisa explora as tecnologias da I4.0 que vêm sendo adotadas na cadeia produtiva da soja, buscando compreender como essas inovações estão sendo incorporadas, quais barreiras limitam sua difusão e quais ações podem mitigar esses obstáculos no agronegócio brasileiro.

Este estudo delimita-se à análise da cadeia produtiva da soja de alguns atores da cadeia produtiva da soja em Minas Gerais, concentrando-se na adoção de tecnologias da I4.0, nas barreiras existentes e nas possíveis ações de melhoria nesses elos da cadeia.

1.2 Problema de pesquisa

Apesar do avanço das discussões sobre I4.0 no agronegócio, observa-se uma lacuna significativa na literatura quando se trata da aplicação dessas tecnologias especificamente na cadeia produtiva da soja. A partir de um levantamento bibliográfico realizado com o termo “industry 4.0 AND technolog* AND soy” na base Scopus, foram encontrados 48 artigos, dos quais apenas cinco apresentaram relação direta com a cadeia produtiva da soja. Além da escassez numérica, observa-se que esses estudos adotam recortes analíticos distintos e parciais, o que dificulta uma compreensão sistêmica do fenômeno.

O estudo de De Oliveira et al. (2024) diferencia-se por concentrar-se no elo de pós-colheita e distribuição, analisando principalmente a aplicação de blockchain e sensores inteligentes para fins de rastreabilidade e atendimento a exigências internacionais. Em comparação, o presente estudo não se restringe ao uso de uma tecnologia específica nem a um único elo da cadeia, mas busca analisar de forma comparativa como diferentes atores da cadeia da soja percebem e enfrentam as

barreiras à adoção das tecnologias da Indústria 4.0.

Por sua vez, Yadav et al. (2022) e Karunathilake et al. (2023) concentram-se predominantemente no elo produtivo, com ênfase em tecnologias como Internet das Coisas, inteligência artificial e sensores aplicados às atividades de plantio, manejo e colheita. Esses trabalhos diferenciam-se do presente estudo ao adotarem uma abordagem predominantemente tecnológica e produtivista, com foco nos ganhos de eficiência, enquanto a pesquisa aqui proposta amplia a análise para além do elo produtivo, incorporando a comparação entre diferentes elos da cadeia e destacando as barreiras organizacionais, estruturais e sociais associadas à adoção dessas tecnologias.

Kersten et al. (2024), por outro lado, direciona sua análise à digitalização das cadeias agroalimentares sob a perspectiva da logística e da coordenação interorganizacional, enfatizando plataformas digitais e sistemas de gestão da informação. Embora esse estudo avance na discussão sobre integração entre elos, diferencia-se do presente trabalho por não se concentrar especificamente na cadeia produtiva da soja e por não realizar uma investigação empírica comparativa entre distintos perfis de atores, como produtores de diferentes portes e agentes de comercialização.

Já Cricelli et al. (2024) adotam uma abordagem transversal ao analisar barreiras à adoção da Indústria 4.0 em cadeias agroalimentares de forma geral, propondo uma classificação ampla dessas barreiras. Apesar de contribuir conceitualmente para o entendimento do tema, esse estudo não explora empiricamente uma cadeia específica nem considera as particularidades regionais e estruturais do contexto brasileiro, lacuna que o presente trabalho busca preencher ao analisar a cadeia da soja no estado de Minas Gerais.

A partir da comparação entre esses trabalhos, observa-se que a literatura apresenta duas limitações principais: (i) a predominância de estudos focados em elos isolados ou tecnologias específicas, e (ii) a ausência de análises empíricas que comparem, simultaneamente, as percepções de diferentes atores ao longo da cadeia produtiva da soja, especialmente no que se refere às barreiras e às estratégias para mitigá-las.

Dessa forma, evidencia-se um gap relevante na literatura quanto à compreensão integrada das barreiras e das ações mitigadoras associadas à adoção das tecnologias da Indústria 4.0 ao longo da cadeia produtiva da soja, especialmente sob a perspectiva de diferentes atores. Essa lacuna justifica a problemática central deste estudo, que busca responder à seguinte questão de pesquisa: Quais são as diferenças e semelhanças, entre os distintos elos da cadeia produtiva da soja em Minas Gerais,

no que se refere às barreiras à adoção das tecnologias da Indústria 4.0 e às ações adotadas para mitigá-las?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Identificar e analisar as principais barreiras para a adoção das tecnologias da I4.0, bem como suas respectivas ações mitigadoras, na perspectiva de alguns atores da cadeia produtiva da soja mineira.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar a cadeia produtiva da soja, identificando seus principais elos e etapas do processo produtivo;
- ✓ Mapear e descrever as tecnologias da I4.0 adotadas por cada elo da cadeia da soja, considerando as diferentes fases do processo produtivo;
- ✓ Identificar e classificar as barreiras à adoção das tecnologias da I4.0 na cadeia produtiva da soja em sociais, organizacionais, estruturais e ambientais;
- ✓ Propor ações mitigadoras para reduzir as barreiras à adoção das tecnologias da I4.0 na cadeia produtiva da soja.

1.4 Justificativa

A relevância deste trabalho reside na contribuição teórica e prática para a compreensão da I4.0 aplicada ao agronegócio da soja. Do ponto de vista acadêmico, o estudo busca preencher uma lacuna identificada na literatura, ao analisar as barreiras e ações mitigadoras ao longo da cadeia produtiva da soja (Cricelli *et al.*, 2024; Yadav *et al.*, 2022).

Do ponto de vista prático, compreender os entraves à adoção das tecnologias digitais possibilita a proposição de estratégias e políticas públicas voltadas à modernização do setor, contribuindo para o aumento da eficiência, sustentabilidade e competitividade do agronegócio brasileiro. Assim, o estudo apresenta relevância para produtores, gestores, formuladores de políticas públicas e pesquisadores.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em etapas que acompanham o desenvolvimento da pesquisa sobre a adoção das tecnologias da I4.0 na cadeia produtiva da soja no Brasil.

No capítulo 1, apresenta-se a introdução, na qual são contextualizados o tema, o problema de pesquisa, os objetivos e a relevância acadêmica e prática do estudo.

No capítulo 2, o referencial teórico reúne as principais discussões sobre Indústria 4.0, tecnologias digitais aplicadas ao agronegócio e estudos específicos sobre a cadeia da soja, sintetizando contribuições de autores nacionais e internacionais.

No capítulo 3, a metodologia descreve o delineamento adotado, incluindo a classificação da pesquisa, o processo de coleta de dados por meio de entrevistas e o método de análise utilizado para interpretar as informações obtidas.

No capítulo 4, apresenta-se o caso prático, composto pela contextualização da cadeia produtiva da soja, a descrição dos elos analisados e os dados obtidos nas entrevistas, organizados de forma a atender aos objetivos específicos do estudo.

Por fim, são discutidos os resultados e conclusões, relacionando-os ao problema proposto, aos objetivos traçados e às barreiras e oportunidades identificadas, além de expor limitações e sugestões para estudos futuros.

2. Revisão de literatura

A revisão de literatura tem como objetivo fundamentar teoricamente a presente pesquisa, contextualizando os principais conceitos, abordagens e resultados de estudos anteriores relacionados à I4.0 no agronegócio, à aplicação dessas tecnologias na cadeia produtiva da soja e às barreiras e ações mitigadoras associadas à sua adoção. Essa etapa é fundamental para compreender o estado da arte sobre o tema, identificar lacunas existentes na literatura e justificar a relevância do estudo proposto.

A I4.0, originalmente associada ao setor industrial, tem ampliado sua aplicação para o contexto agroindustrial, dando origem a conceitos como Agricultura 4.0 ou Agricultura Digital. Nesse cenário, tecnologias digitais passam a desempenhar papel central na integração dos elos produtivos, na coleta e análise de dados em tempo real e no suporte à tomada de decisão estratégica.

2.1 Tecnologia da I4.0 no agronegócio

A I4.0 refere-se à integração de tecnologias digitais avançadas aos sistemas produtivos, promovendo maior automação, conectividade, flexibilidade e inteligência nos processos produtivos (Brotto *et al.*, 2025; Yadav *et al.*, 2022; Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013). No contexto do agronegócio, esse paradigma tem sido associado à chamada agricultura digital ou agricultura inteligente, caracterizada pelo uso intensivo de dados, sensores e sistemas automatizados para apoiar a tomada de decisão e aumentar a eficiência produtiva (Karunathilake *et al.*, 2023). Entre suas principais tecnologias aplicadas ao agronegócio destacam-se a IoT, IA, o BD, a CC, os CPS, os sensores inteligentes e os veículos autônomos. A IoT permite a interconexão de máquinas, equipamentos agrícolas e sensores distribuídos no campo, possibilitando o monitoramento contínuo de variáveis como umidade do solo, temperatura, índices climáticos, produtividade e consumo de insumos (Karunathilake *et al.*, 2023). Esses dados são coletados em tempo real e integrados a plataformas digitais, fornecendo informações estratégicas para o planejamento e o controle das operações agrícolas.

A IA amplia o potencial analítico desses dados, sendo aplicada em sistemas de previsão de safra, identificação de pragas e doenças, otimização do uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, bem como na automação de máquinas e processos. Segundo Hassoun *et al.* (2023), o uso combinado de IA e BD no agronegócio contribui para a redução de desperdícios, o aumento da produtividade e

a mitigação de riscos associados à variabilidade climática.

A computação em nuvem desempenha papel fundamental ao viabilizar o armazenamento, o processamento e o compartilhamento de grandes volumes de dados gerados ao longo da cadeia produtiva agrícola. Essa tecnologia favorece a integração entre diferentes atores, como produtores, cooperativas, fornecedores de insumos e empresas de logística, promovendo maior transparência e eficiência operacional. Além disso, possibilita a implementação de plataformas digitais de gestão agrícola, que apoiam o controle de custos, a rastreabilidade e a conformidade com exigências regulatórias e de mercado (Cestari, Ducos, Exposito, 2020).

No contexto brasileiro, a adoção das tecnologias da I4.0 no agronegócio tem avançado de forma gradual, impulsionada principalmente por grandes produtores e culturas de larga escala. De acordo com a Embrapa (Embrapa, 2024), observa-se crescimento no uso de agricultura de precisão, sistemas de georreferenciamento, sensores de produtividade e máquinas agrícolas automatizadas. Contudo, persistem desafios relevantes, como a limitada conectividade no meio rural, os elevados custos de investimento inicial e a necessidade de capacitação técnica dos usuários.

Assim, embora as tecnologias da I4.0 apresentem elevado potencial para transformar o agronegócio, sua adoção ainda ocorre de maneira heterogênea, evidenciando a necessidade de estudos que analisem sua aplicação de forma integrada ao longo das cadeias produtivas, especialmente em setores estratégicos como o da soja.

2.2 Tecnologias da I4.0 na cadeia da soja

A cadeia produtiva da soja apresenta elevado potencial para a incorporação das tecnologias da I4.0, em razão de sua ampla escala de produção, do alto nível de mecanização e de sua forte inserção no comércio internacional. A crescente demanda por rastreabilidade, eficiência logística e sustentabilidade tem impulsionado a adoção de soluções digitais ao longo dos diferentes elos da cadeia, especialmente nas etapas de produção agrícola e logística (De Oliveira *et al.*, 2024; Kersten *et al.*, 2024).

A cadeia da soja caracteriza-se por sua elevada complexidade e interdependência entre múltiplos agentes econômicos, abrangendo desde o desenvolvimento genético e a produção de sementes até o processamento industrial, o transporte e a distribuição aos mercados interno e externo. Essa estrutura exige elevados níveis de coordenação e integração entre os elos para garantir eficiência operacional, redução de perdas e competitividade internacional (Embrapa, 2024;

Romero, 2024; Neves; Zylbersztajn, 2005).

No contexto brasileiro, a soja ocupa posição estratégica na economia nacional, sendo o país um dos maiores produtores e exportadores mundiais da commodity. Sua inserção em cadeias globais de valor impõe exigências crescentes relacionadas à qualidade, à sustentabilidade, à rastreabilidade e à conformidade regulatória, reforçando a necessidade de adoção de tecnologias digitais integradas ao longo da cadeia produtiva (De Oliveira *et al.*, 2024; Kersten *et al.*, 2024.).

Além disso, os estudos analisados indicam que essas tecnologias contribuem para a melhoria da eficiência operacional e da gestão da cadeia, embora sua adoção ainda ocorra de forma limitada e pouco integrada entre os diferentes elos. Outros trabalhos discutem a utilização de sistemas digitais para o monitoramento remoto das lavouras, a gestão de estoques e a otimização dos fluxos logísticos. Contudo, essas aplicações concentram-se majoritariamente nas etapas de produção e pós-colheita, enquanto aspectos relacionados à integração estratégica dos elos da cadeia e ao uso dos dados para suporte à tomada de decisão permanecem pouco explorados (Yadav *et al.*, 2022).

Desse modo, os estudos indicam que a adoção das tecnologias da I4.0 na cadeia da soja ocorre de maneira fragmentada, com iniciativas isoladas e baixo nível de integração entre os agentes envolvidos. Além disso, observa-se uma lacuna significativa de pesquisas empíricas que analisem, de forma sistêmica e multielos, as barreiras enfrentadas pelos diferentes elos da cadeia produtiva para a adoção dessas tecnologias, especialmente no contexto brasileiro (Cricelli *et al.*, 2024; Yadav *et al.*, 2022).

O estudo de De Oliveira *et al.* (2024) concentra-se na rastreabilidade digital na cadeia da soja, destacando o uso de tecnologias como blockchain e sensores inteligentes. Os autores evidenciam que essas ferramentas contribuem para aumentar a transparência e atender às exigências de mercados internacionais, embora apontem desafios relacionados à integração de sistemas e aos custos de implementação.

Kersten *et al.* (2024) analisam a digitalização das cadeias agroalimentares, enfatizando o papel das plataformas digitais na integração logística e na coordenação entre os elos da cadeia. O estudo destaca que a falta de integração e cooperação entre os agentes limita o potencial das tecnologias digitais.

Cricelli *et al.* (2024) investigam as barreiras à adoção da I4.0 em cadeias agroalimentares, classificando-as em organizacionais, tecnológicas e institucionais. Os autores apontam que a ausência de estratégias estruturadas e a baixa maturidade

digital são fatores críticos que dificultam a implementação dessas tecnologias.

Yadav *et al.* (2022) apresentam uma revisão abrangente das tecnologias da I4.0 na agricultura, destacando aplicações de inteligência artificial, internet das coisas e big data. O estudo ressalta os ganhos potenciais em eficiência e produtividade, mas também evidencia a necessidade de adaptação dessas tecnologias às especificidades de cada cadeia produtiva.

Por fim, Karunathilake *et al.* (2023) discutem os desafios da agricultura inteligente, enfatizando questões como conectividade, custos de implementação e necessidade de capacitação técnica, fatores que também se manifestam de forma significativa na cadeia produtiva da soja no Brasil.

De forma integrada, esses estudos evidenciam que, embora haja avanços relevantes no uso de tecnologias digitais, sua adoção ainda ocorre de maneira fragmentada, com limitações estruturais e organizacionais que comprometem a plena integração da cadeia produtiva (Cricelli *et al.*, 2024; Kersten *et al.*, 2024).

Tabela 1 – Síntese das tecnologias da I4.0, aplicações e benefícios

Autor	Tecnologia	Aplicação na cadeia da soja	Benefícios
De Oliveira <i>et al.</i> (2024)	Blockchain, sensores	Rastreabilidade da produção	Transparência e controle
Kersten <i>et al.</i> (2024)	Plataformas digitais	Gestão logística e integração	Eficiência operacional
Cricelli <i>et al.</i> (2024)	Tecnologias I4.0 (geral)	Cadeias agroalimentares	Estrutura analítica
Yadav <i>et al.</i> (2022)	IA, IoT, Big Data	Agricultura digital	Aumento de produtividade
Karunathilake <i>et al.</i> (2023)	IoT, sensores	Monitoramento agrícola	Dados em tempo real

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em De Oliveira *et al.* (2024), Kersten *et al.* (2024), Cricelli *et al.* (2024), Yadav *et al.* (2022) e Karunathilake *et al.* (2023).

2.3 Barreiras e ações mitigadoras

A adoção das tecnologias da I4.0 na cadeia produtiva da soja enfrenta

diferentes tipos de barreiras que limitam sua implementação de forma ampla e integrada. A literatura aponta que essas barreiras podem ser classificadas em sociais, organizacionais, estruturais e ambientais, refletindo a complexidade do contexto agroindustrial e a diversidade de agentes envolvidos ao longo da cadeia produtiva (Cricelli *et al.*, 2024).

As barreiras sociais estão relacionadas, principalmente, à resistência à mudança, à limitada familiaridade dos atores com ferramentas digitais e à escassez de capacitação técnica. Muitos produtores e gestores apresentam dificuldades na compreensão dos benefícios associados às tecnologias da I4.0, o que compromete sua aceitação e uso efetivo. Além disso, fatores culturais e a preferência por práticas tradicionais de produção contribuem para a baixa adoção de soluções digitais, especialmente em pequenas e médias propriedades rurais (Embrapa, 2024; Kersten *et al.*, 2024).

As barreiras organizacionais referem-se à ausência de estratégias estruturadas de digitalização e à fragmentação dos processos de gestão ao longo da cadeia da soja. A falta de integração entre sistemas de informação, a inexistência de padrões tecnológicos e a limitada cooperação entre os elos da cadeia dificultam a implementação de soluções baseadas em dados. Segundo Cestari, Ducos e Exposito (2020), a ausência de uma visão sistêmica e colaborativa compromete o potencial das tecnologias da I4.0 para gerar ganhos de eficiência e competitividade.

As barreiras estruturais estão associadas à infraestrutura necessária para viabilizar a adoção das tecnologias digitais. Destacam-se a limitada conectividade no meio rural, os elevados custos de investimento inicial em equipamentos e sistemas, bem como a dificuldade de acesso a linhas de financiamento específicas para inovação tecnológica no agronegócio. No contexto brasileiro, esses fatores representam obstáculos significativos, especialmente para produtores localizados em regiões mais afastadas dos grandes centros urbanos (Embrapa, 2024).

Por fim, as barreiras ambientais e institucionais envolvem aspectos regulatórios, políticos e econômicos que influenciam o processo de adoção tecnológica. A ausência de políticas públicas consistentes, incentivos governamentais insuficientes e a instabilidade econômica são fatores que aumentam a percepção de risco e desestimulam investimentos em inovação. Além disso, a falta de diretrizes claras para a padronização e interoperabilidade dos sistemas tecnológicos limita a difusão das soluções da I4.0 ao longo da cadeia produtiva da soja (Kersten *et al.*, 2024; Yadav *et al.*, 2022).

Como ações mitigadoras, a literatura destaca a necessidade de investimentos em infraestrutura de conectividade rural, programas de capacitação e treinamento voltados aos diferentes elos da cadeia, bem como o desenvolvimento de estratégias colaborativas de digitalização. A criação de políticas públicas de incentivo à inovação, o fortalecimento de parcerias entre empresas, instituições de pesquisa e produtores rurais, e a adoção de plataformas integradas de gestão são apontadas como medidas essenciais para superar as barreiras identificadas e promover a adoção efetiva das tecnologias da I4.0 na cadeia da soja (Cricelli *et al.*, 2024; Embrapa, 2024; Cestari, Ducos, Exposito, 2020).

No contexto brasileiro, o papel do governo é fundamental para a promoção da adoção das tecnologias da I4.0 no agronegócio. Políticas públicas voltadas ao financiamento agrícola e à inovação tecnológica têm sido utilizadas como instrumentos para estimular a modernização do setor (Embrapa, 2024). Entre essas iniciativas, destacam-se programas de crédito rural, como o Plano Safra, que oferece linhas de financiamento para aquisição de máquinas, equipamentos e tecnologias voltadas à agricultura de precisão. Além disso, instituições públicas de pesquisa, como a Embrapa, desempenham papel central no desenvolvimento e difusão de tecnologias digitais adaptadas ao contexto do agronegócio brasileiro (Embrapa, 2024).

Entretanto, a literatura aponta que tais incentivos ainda são insuficientes para promover uma adoção ampla e homogênea das tecnologias da I4.0. Fatores como dificuldades de acesso ao crédito, limitações de infraestrutura e desigualdades regionais reduzem a efetividade dessas políticas, especialmente para pequenos e médios produtores (Cricelli *et al.*, 2024; Cestari; Ducos; Exposito, 2020).

Dessa forma, torna-se necessário o fortalecimento de políticas públicas voltadas à conectividade rural, capacitação técnica e incentivo à inovação, a fim de promover uma transformação digital mais inclusiva e integrada na cadeia produtiva da soja (Embrapa, 2024; Yadav *et al.*, 2022).

Tabela 2 – Síntese das tecnologias da I4.0, aplicações e barreiras

Autor	Tecnologia	Aplicação na cadeia da soja	Barreiras
De Oliveira <i>et al.</i> (2024)	Blockchain, sensores	Rastreabilidade da produção	Integração e custo
Kersten <i>et al.</i> (2024)	Plataformas digitais	Gestão logística e integração	Falta de coordenação

Cricelli <i>et al.</i> (2024)	Tecnologias I4.0 (geral)	Cadeias agroalimentares	Barreiras organizacionais
Yadav <i>et al.</i> (2022)	IA, IoT, Big Data	Agricultura digital	Adaptação tecnológica
Karunathilake <i>et al.</i> (2023)	IoT, sensores	Monitoramento agrícola	Conectividade e custo

Fonte: Elaborado pelas autoras (2026) com base em De Oliveira *et al.* (2024), Kersten *et al.* (2024), Cricelli *et al.* (2024), Yadav *et al.* (2022) e Karunathilake *et al.* (2023).

3. Metodologia de pesquisa

Esta pesquisa caracterizou-se como um estudo de caso múltiplo, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e caráter descritivo, conforme indicado na literatura metodológica (YIN, 2015). O estudo buscou compreender a aplicação de tecnologias da I4.0 na cadeia produtiva da soja, bem como identificou barreiras e possíveis ações para sua implementação.

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas, utilizando um roteiro de perguntas como instrumento de apoio (Apêndice A). O instrumento foi organizado em quatro blocos de temas, elaborados para identificar o perfil do respondente e ter relação com a transformação digital na cadeia produtiva da soja:

- Bloco 1: Características do Entrevistado e da Operação - Este bloco teve como foco inicial identificar o perfil do entrevistado. Incluiu questões sobre a função desempenhada, o tempo de atuação no setor e o elo da cadeia produtiva em que a atividade se insere, estabelecendo o contexto para as respostas subsequentes.
- Bloco 2: Diagnóstico Tecnológico Atual - Dedicado a mapear as tecnologias já integradas ao cotidiano do entrevistado. O foco também foi na utilização de tecnologias da I4.0, incluindo sensores, automação, sistemas de gestão digital (ERP), monitoramento em tempo real, etc.
- Bloco 3: Barreiras e Desafios à Digitalização - Investigou os obstáculos que dificultam ou impedem a adoção de novas tecnologias.
- Bloco 4: Visão de Futuro, Inovação e Impacto - Explorou a percepção de valor do entrevistado sobre a transformação digital. Este bloco buscou entender o que se planeja adotar a curto e longo prazo, além de avaliar se o respondente enxerga importância estratégica e impacto real no desempenho do processo produtivo ao utilizar tecnologias da I4.0.

Foram realizadas quatro entrevistas, contemplando diferentes elos da cadeia produtiva da soja, incluindo produtores rurais (pequena e média escala), agentes envolvidos na produção e comercialização da soja. As entrevistas foram conduzidas de forma presencial ou online, conforme a disponibilidade dos participantes, com duração média de 40 a 60 minutos. Os entrevistados foram selecionados por amostragem intencional, considerando profissionais com experiência mínima de cinco anos na cadeia produtiva da soja e atuação direta em processos produtivos e

logísticos. A escolha desse perfil buscou garantir que os participantes possuam conhecimento prático e técnico sobre o tema investigado.

Tabela 3– Caracterização dos entrevistados.

Entrevistado	Elo que pertence	Porte
Entrevistado 1	Produção	Médio
Entrevistado 2	Produção	Pequeno
Entrevistado 3	Insumos	Grande
Entrevistado 4	Distribuição	Médio

Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

Os dados coletados nas entrevistas foram transcritos integralmente e posteriormente analisados por meio de categorização temática das respostas, permitindo identificar padrões e percepções recorrentes entre os participantes. As informações foram organizadas em categorias relacionadas às tecnologias adotadas, barreiras para implementação e possíveis ações mitigadoras e os dados foram sistematizados em tabelas comparativas. Por fim, a análise conjunta das evidências da literatura e das percepções obtidas nas entrevistas permitiu ampliar a compreensão do fenômeno investigado, contribuindo para maior consistência e confiabilidade dos resultados apresentados no estudo.

4. Caso prático

Este capítulo apresenta a análise empírica do estudo, a partir da investigação realizada com diferentes atores da cadeia produtiva da soja. Inicialmente, é apresentada a caracterização da cadeia produtiva, seguida da análise das tecnologias adotadas, das barreiras identificadas e das ações mitigadoras.

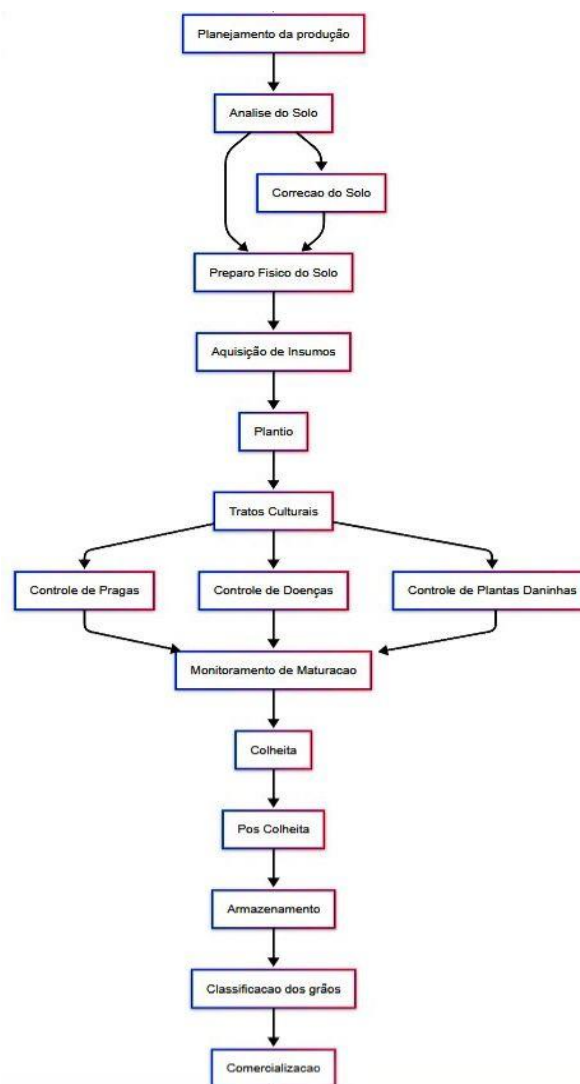
4.1 Cadeia produtiva da soja

A cadeia produtiva da soja pode ser compreendida como um sistema integrado composto por diferentes etapas interdependentes, que se estendem desde o planejamento da produção até a comercialização final dos produtos derivados. Para melhor compreender as etapas da cadeia, seus principais elos e interações, bem como o nível operacional do processo produtivo, foram elaborados dois fluxogramas.

O primeiro fluxograma (Figura 1) representa, de forma detalhada, o processo produtivo da soja no nível do produtor rural. Observa-se que a cadeia se inicia com o planejamento da produção, etapa estratégica que orienta as decisões subsequentes. Em seguida, ocorre a análise do solo, que pode demandar correções específicas, evidenciando um fluxo não linear nessa fase inicial. Após essa etapa, são realizadas as atividades de preparo físico do solo e aquisição de insumos, que viabilizam o plantio.

Na sequência, o processo avança para o plantio e para os tratos culturais, que englobam atividades essenciais ao desenvolvimento da lavoura, como o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Essas atividades ocorrem de forma simultânea e integrada, refletindo a complexidade do manejo agrícola. Posteriormente, destaca-se o monitoramento da maturação, etapa fundamental para a definição do momento ideal da colheita. Após a colheita, o fluxo segue para as etapas de pós-colheita, armazenamento, classificação dos grãos e, por fim, comercialização. Essas fases são essenciais para garantir a qualidade do produto e sua adequação às exigências do mercado, evidenciando que o processo produtivo não se encerra na colheita, mas se estende até a inserção do produto na cadeia de valor.

Figura 1: Fluxograma Processo produtivo da soja no nível do produtor rural



Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

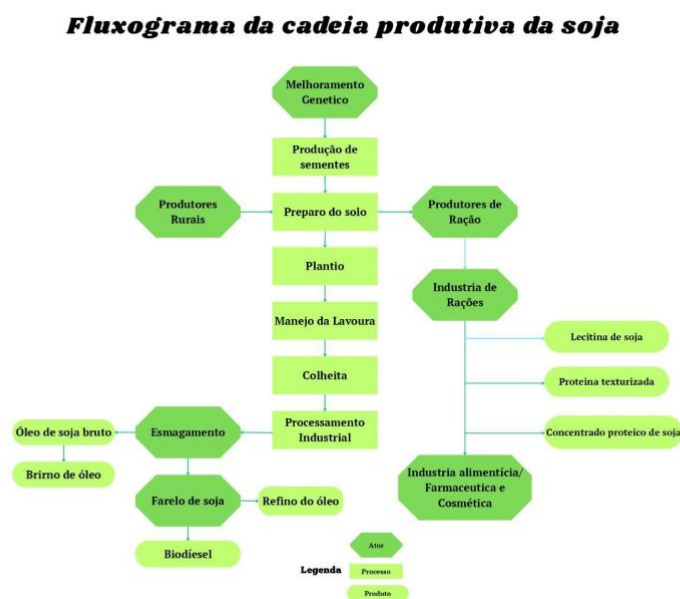
O segundo fluxograma (Figura 2) apresenta uma visão mais ampla da cadeia produtiva da soja, incorporando diferentes elos além da produção agrícola. Nesse modelo, a cadeia se inicia nas etapas de melhoramento genético e produção de sementes, fundamentais para o desenvolvimento de cultivares mais produtivas e adaptadas às condições locais. Em seguida, são representadas as etapas produtivas no campo, como preparo do solo, plantio, manejo da lavoura e colheita.

A partir desse ponto, o fluxograma evidencia a transição para os elos industriais e de transformação, incluindo o processamento industrial da soja. Destacam-se atividades como o esmagamento do grão, que dá origem a produtos como óleo bruto e farelo de soja, além de processos de refino e transformação que resultam em produtos de maior valor agregado, como biodiesel, lecitina, proteína texturizada e concentrados proteicos.

Além disso, o fluxograma demonstra a diversidade de agentes envolvidos na cadeia, incluindo produtores rurais, indústrias de ração, indústria alimentícia,

farmacêutica e cosmética. Essa multiplicidade de atores evidencia a complexidade e a interdependência da cadeia produtiva da soja, reforçando a necessidade de coordenação e integração entre os elos.

Figura 2: Fluxograma da cadeia produtiva da soja (visão sistêmica)



Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

Ao comparar os dois fluxogramas, observa-se que o primeiro apresenta um enfoque operacional e detalhado das atividades realizadas no nível da produção agrícola, enquanto o segundo adota uma perspectiva sistêmica, abrangendo toda a cadeia produtiva, desde a geração de insumos até a transformação industrial e distribuição dos produtos. Dessa forma, ambos se complementam, permitindo uma compreensão mais abrangente do funcionamento da cadeia da soja.

Essa análise evidencia que a cadeia produtiva da soja é caracterizada por sua elevada complexidade, pela presença de múltiplos agentes, como grandes e pequenos produtores, responsáveis pelo melhoramento genético, logística, distribuição. Nesse contexto, a adoção de tecnologias da I4.0 torna-se especialmente relevante, uma vez que pode contribuir para a melhoria da eficiência, da rastreabilidade e da coordenação ao longo da cadeia, aspecto que será explorado nas seções seguintes.

4.2 Tecnologias adotadas

A análise das entrevistas permitiu identificar diferentes níveis de adoção de tecnologias da I4 entre os elos entrevistados. Observa-se que essa adoção varia conforme o porte da operação e elo da cadeia. Para uma análise mais estruturada, as

tecnologias foram organizadas em dimensões, de acordo com sua finalidade: (i) Tecnologias de Informação, Gestão e Comunicação; (ii) Tecnologias de Processo (Operacionais) e Monitoramento; e (iii) Tecnologias de Dados e Inteligência.

4.2.1 Tecnologias de Informação, Gestão e Comunicação

Essa dimensão engloba tecnologias voltadas à gestão das operações, controle administrativo e comunicação entre agentes da cadeia, de modo geral, observou-se que essas tecnologias são as mais difundidas entre os entrevistados, embora com diferentes níveis de sofisticação.

No elo de produção, o Entrevistado 1 (produtor de médio porte) apresenta um nível intermediário de digitalização, utilizando plataformas digitais voltadas à comercialização, como o aplicativo Grão Direto, além de ferramentas de comunicação como WhatsApp, telefone e e-mail. Conforme relatado, “as negociações hoje acontecem muito pelo WhatsApp e pelo aplicativo Grão Direto, o que facilita bastante a comunicação com clientes e fornecedores”. No entanto, os controles internos ainda são realizados por meio de planilhas eletrônicas e métodos tradicionais.

Já o Entrevistado 2 (produtor de pequeno porte) apresenta um nível mais inicial de digitalização, com predominância de controles em planilhas de Excel, registros informais e uso intensivo de WhatsApp e telefone. Segundo o entrevistado, “a gente ainda faz muito controle nas planilhas e no WhatsApp, porque os sistemas mais completos acabam ficando caros para propriedades menores”.

Nos elos de insumos e distribuição, observa-se maior formalização dessas tecnologias. O Entrevistado 3 relatou que “praticamente todas as vendas e entregas passam por aplicativos e plataformas digitais”, evidenciando o uso de sistemas digitais voltados à comercialização e logística. Já o Entrevistado 4 destacou a utilização de sistemas ERP para gestão interna, além de plataformas online para realização de pedidos, complementadas pelo uso de WhatsApp e redes sociais como principais canais de comunicação com clientes.

Observa-se que, embora amplamente difundidas, essas tecnologias ainda apresentam baixo nível de integração entre sistemas, sendo utilizadas de forma complementar a práticas tradicionais.

4.2.2 Tecnologias de processo (operacionais) e monitoramento

São as tecnologias aplicadas diretamente às operações produtivas, automação

agrícola e monitoramento das atividades.

No elo de produção, observa-se maior presença dessas tecnologias, especialmente entre produtores com maior nível de tecnificação. O Entrevistado 1 relatou o uso de sensores de produtividade e umidade, além de monitores embarcados em máquinas agrícolas, que permitem o acompanhamento em tempo real das operações. Segundo o entrevistado, “os sensores ajudam muito no acompanhamento da produtividade e permitem tomar decisões mais rápidas durante o plantio e a colheita”.

O Entrevistado 2 também utiliza tecnologias operacionais, como GPS, piloto automático e monitores de plantio e colheita, destacando que “essas tecnologias ajudam bastante na aplicação de adubo e na redução de desperdícios na lavoura”. Essas ferramentas são características da agricultura de precisão, ainda que utilizadas de forma menos integrada.

No elo de insumos, o Entrevistado 3 indicou o uso indireto de dados provenientes de sensores para análise de desempenho de cultivares, evidenciando a aplicação dessas tecnologias no desenvolvimento de produtos.

Já no elo de distribuição, o Entrevistado 4 destacou o uso de sensores em silos para monitoramento de temperatura e umidade, além de aplicativos conectados às operações para acompanhamento de desempenho. Conforme relatado, “alguns produtores já conseguem acompanhar praticamente tudo em tempo real pelo celular”.

4.2.3 Tecnologias de dados, inteligência e tecnologias avançadas da I4.0

Essa dimensão abrange o uso de dados para tomada de decisão, bem como tecnologias mais avançadas, como inteligência artificial, blockchain e gêmeos digitais.

Observa-se que, embora todos os entrevistados utilizam dados em seus processos, esse uso ocorre predominantemente de forma descritiva e empírica, com baixo nível de maturidade analítica.

No elo de produção, o Entrevistado 1 utiliza dados relacionados à produtividade, condições do solo e preços de insumos para planejamento da safra, embora as análises sejam realizadas de forma manual. Já o Entrevistado 2 baseia-se principalmente na experiência prática e em observações de campo, indicando um estágio inicial de uso de dados.

Nos elos de insumos e distribuição, o uso de dados também ocorre de forma limitada. O Entrevistado 3 relatou que os dados são utilizados no desenvolvimento

de produtos, mas sem o uso de ferramentas preditivas. O Entrevistado 4 afirmou utilizar dados históricos de vendas para planejamento de estoque, caracterizando um uso básico de analytics.

Em relação às tecnologias avançadas da I4.0, como inteligência artificial, blockchain e gêmeos digitais, verificou-se que sua aplicação prática ainda é muito limitada. Os entrevistados demonstraram conhecimento sobre essas tecnologias, mas seu uso restringe-se a aplicações pontuais, como pesquisas e apoio à tomada de decisão. Conforme relatado pelo Entrevistado 2, “eu uso mais para pesquisar algumas coisas e tirar dúvidas rápidas, mas ainda não é algo integrado na operação”.

Observou-se que essas tecnologias ainda se encontram em estágio inicial de adoção na cadeia produtiva da soja, sendo mais reconhecidas pelo seu potencial do que efetivamente utilizadas.

4.3 Barreiras

Foi possível identificar um conjunto de barreiras que dificultam a adoção das tecnologias da I4.0 na cadeia produtiva da soja. Essas barreiras manifestam-se de forma distinta entre os elos analisados, mas apresentam convergência com as categorias discutidas na literatura, sendo classificadas em sociais, organizacionais, estruturais e ambientais.

No que se refere às barreiras sociais, destacam-se limitações relacionadas à capacitação técnica, à familiaridade com ferramentas digitais e à resistência à mudança. No elo de produção, os entrevistados 1 e 2 evidenciaram dificuldades na adaptação às novas tecnologias, com predominância de práticas tradicionais no cotidiano das operações. O Entrevistado 2 destacou que “muita gente ainda tem dificuldade de mexer nesses sistemas mais novos e acaba preferindo fazer tudo do jeito que já está acostumado”, enquanto o Entrevistado 1 apontou que “a tecnologia vem entrando aos poucos, mas ainda tem muita coisa que continua sendo feita da forma tradicional”. No elo de distribuição, o Entrevistado 4 também ressaltou a limitação da equipe quanto ao uso de sistemas digitais. Esses achados indicam que a baixa capacitação e a resistência cultural não apenas dificultam a adoção de novas tecnologias, mas também impactam diretamente outras dimensões, como a integração de sistemas e o uso de dados, reforçando o caráter interdependente das barreiras.

Em relação às barreiras organizacionais, observa-se a ausência de estratégias estruturadas de digitalização e a baixa integração entre tecnologias e processos. Nos

elos de produção, a adoção tecnológica ocorre de forma pontual, sem planejamento estratégico, como evidenciado pelas falas dos entrevistados 1 e 2, que destacam a falta de integração entre sistemas e o uso predominantemente manual das informações. No elo de insumos, o Entrevistado 3 indicou a utilização de tecnologias mais básicas, sem adoção de ferramentas avançadas, enquanto no elo de distribuição, o Entrevistado 4 evidenciou o uso de soluções digitais voltadas principalmente a demandas operacionais. Esses resultados demonstram que, embora existam iniciativas de digitalização, elas não estão inseridas em uma lógica estratégica, o que limita a geração de valor e a integração entre os elos da cadeia. Além disso, essa ausência de planejamento está diretamente relacionada às barreiras sociais, uma vez que a baixa capacitação dificulta a implementação de estratégias mais estruturadas.

Já às barreiras estruturais, destacam-se as limitações de infraestrutura, especialmente relacionadas à conectividade no meio rural, e os elevados custos de implementação das tecnologias da I4.0. Os entrevistados 1 e 2 relataram dificuldades no acesso à internet de qualidade, o que compromete o uso de tecnologias que dependem de conectividade contínua. Conforme destacado pelo Entrevistado 2, “em algumas áreas a internet ainda funciona muito mal, o que dificulta usar sistemas que dependem de conexão o tempo todo”. Além disso, os altos custos de investimento em máquinas e sistemas foram apontados como obstáculos relevantes, especialmente para produtores de menor porte. Essas limitações também impactam outros elos da cadeia, como evidenciado pelos entrevistados 3 e 4, que destacam dificuldades na digitalização e integração com produtores. Dessa forma, observa-se que as barreiras estruturais não apenas restringem o acesso às tecnologias, mas também ampliam as desigualdades entre os agentes, reforçando a heterogeneidade na adoção tecnológica.

Por fim, as barreiras ambientais referem-se a fatores externos relacionados ao ambiente institucional, político e de mercado, que influenciam a adoção das tecnologias da I4.0. O Entrevistado 1 destacou a falta de incentivos e limitações relacionadas à integração de sistemas no setor, além de dificuldades logísticas e políticas que impactam o avanço tecnológico. No elo de insumos, o Entrevistado 3 indicou que a adoção de tecnologias mais avançadas depende da demanda dos produtores, evidenciando a influência das dinâmicas de mercado sobre as decisões de investimento. Esses resultados demonstram que a adoção tecnológica na cadeia produtiva da soja não depende apenas das capacidades internas dos agentes, mas também de condições externas que, muitas vezes, extrapolam sua capacidade de

atuação. Nesse sentido, observa-se que as barreiras ambientais tendem a reforçar as demais categorias, dificultando a consolidação de estratégias mais estruturadas de transformação digital.

Os resultados evidenciam que as barreiras à adoção das tecnologias da I4.0 na cadeia produtiva da soja são multidimensionais e interdependentes, exigindo abordagens integradas para sua superação. Observa-se que, enquanto barreiras sociais e organizacionais estão mais relacionadas às capacidades internas dos agentes, as barreiras estruturais e ambientais dependem de fatores externos, como infraestrutura e políticas públicas, o que torna o processo de transformação digital ainda mais complexo no contexto analisado.

Tabela 4 – Síntese das barreiras identificadas nas entrevistas

Tipo de barreira	Descrição	Evidências das entrevistas	Elos mais afetados
Sociais	Relacionadas à capacitação técnica, familiaridade com tecnologias digitais e resistência cultural à mudança	“Muita gente ainda tem dificuldade de mexer nesses sistemas mais novos” (E2); “a tecnologia vem entrando aos poucos” (E1); “a equipe não tem treinamento suficiente” (E4)	Produção (E1 e E2) e Distribuição (E4)
Organizacionais	Ausência de planejamento estratégico de digitalização e baixa integração entre sistemas e processos	“Falta integrar melhor as tecnologias” (E1); “é tudo muito separado e manual” (E2); uso restrito a tecnologias básicas (E3); foco operacional sem estratégia (E4)	Todos os elos (E1, E2, E3 e E4)
Estruturais	Limitações de infraestrutura (principalmente conectividade) e altos custos de implementação tecnológica	“A internet ainda funciona muito mal” (E2); “o custo para implantar tecnologias é muito alto” (E1); limitações regionais (E4); dificuldade de digitalização com produtores (E3)	Principalment e Produção (E1 e E2), mas também Distribuição (E4) e Insumos (E3)
Ambientais	Fatores externos	“Faltam mais	Produção (E1)

	institucionais, políticos e de mercado que influenciam a adoção tecnológica	incentivos” (E1); dificuldades logísticas e políticas; “depende da demanda dos produtores” (E3)	e Insumos (E3), com reflexos em toda a cadeia
--	---	---	---

Fonte: Elaborado pelas autoras (2026) com base nos dados da pesquisa.

4.4 Ações mitigadoras

A partir das barreiras identificadas nas entrevistas, foi possível mapear um conjunto de ações que vêm sendo adotadas, ainda que de forma incipiente, para viabilizar a adoção das tecnologias da I4.0 na cadeia produtiva da soja. Essas ações estão diretamente relacionadas à tentativa de superação das limitações sociais, organizacionais, estruturais e ambientais previamente discutidas.

No que se refere às barreiras sociais, as ações mitigadoras estão principalmente relacionadas à capacitação e ao aprendizado gradual no uso de tecnologias digitais. No elo de distribuição, o entrevistado 4 destacou a realização de treinamentos como forma de melhorar a utilização dos sistemas, afirmando que “a gente busca fazer treinamentos para facilitar o uso dos sistemas no dia a dia”. Além disso, observa-se a preferência por ferramentas mais simples e intuitivas, o que facilita a adaptação dos usuários. No elo de produção, as ações ainda ocorrem de forma mais gradual. O entrevistado 2 indicou que pretende “ir aprendendo aos poucos e testando alguma coisa nova”, enquanto o entrevistado 1 demonstra maior proatividade ao utilizar ferramentas digitais, como inteligência artificial, para apoio à tomada de decisão, contribuindo para o desenvolvimento de competências digitais. Essas iniciativas indicam um processo de aprendizagem progressivo, ainda que pouco estruturado.

Em relação às barreiras organizacionais, as ações mitigadoras concentram-se na ampliação do uso de ferramentas digitais e na melhoria da comunicação entre os agentes da cadeia. O entrevistado 3 destacou o uso de aplicativos e plataformas digitais como forma de facilitar a comunicação com produtores, reduzindo falhas e aumentando a eficiência dos processos. No elo de produção, o entrevistado 1 ressaltou o uso do aplicativo Grão Direto como uma ferramenta que melhora a integração com compradores e agiliza as negociações, afirmando que “o Grão Direto facilita muito a negociação e o acesso às informações do mercado”. Já o entrevistado 2, embora ainda em estágio inicial, demonstra intenção de ampliar o uso de

tecnologias, indicando um movimento gradual de adaptação. Observa-se que essas ações ainda não configuram estratégias estruturadas de digitalização, mas representam avanços na organização e integração das atividades. Infelizmente as ações identificadas contribuem para ganhos pontuais, mas não configuram uma estratégia estruturada de transformação digital

No que se refere às barreiras estruturais, especialmente aquelas relacionadas à infraestrutura e aos custos de implementação, as ações mitigadoras envolvem a busca por soluções mais acessíveis e o estabelecimento de parcerias. O entrevistado 4 destacou a importância de parcerias com fornecedores que oferecem suporte tecnológico, afirmando que “as parcerias ajudam bastante porque trazem suporte e facilitam o acesso às tecnologias”. No elo de produção, observa-se o aproveitamento de tecnologias já embarcadas em máquinas agrícolas, como GPS, piloto automático e sensores, permitindo ganhos de eficiência sem necessidade de investimentos adicionais elevados. Além disso, o entrevistado 1 relatou o uso de dados para otimizar a aplicação de insumos, reduzindo desperdícios e custos operacionais. Essas ações evidenciam estratégias de adaptação às limitações estruturais, buscando maximizar os recursos disponíveis.

Diferentemente das demais categorias, não foram identificadas ações mitigadoras estruturadas para as barreiras ambientais. As iniciativas observadas caracterizam-se predominantemente como respostas adaptativas às condições externas, como mercado, políticas e infraestrutura, e não como estratégias capazes de atuar diretamente na superação dessas limitações. Esse resultado indica que as barreiras ambientais extrapolam a capacidade de atuação individual dos agentes da cadeia, exigindo intervenções em nível institucional e políticas públicas

As ações mitigadoras identificadas evidenciam um processo gradual de adaptação à transformação digital, caracterizado por iniciativas pontuais, aprendizado progressivo e busca por soluções compatíveis com a realidade dos agentes. Observa-se que tais ações tendem a ser mais estruturadas em organizações de maior porte, enquanto produtores menores apresentam estratégias mais simples e baseadas na experiência, reforçando as diferenças no nível de maturidade digital ao longo da cadeia produtiva da soja.

Tabela 5 - Ações mitigadoras

Barreiras	Ações
-----------	-------

Sociais	Treinamentos
	Aprendizado gradual
	Apoio de IA para aquisição de conhecimento
	Ferramentas simples
Organizacionais	Uso de plataformas digitais
	Melhoria da comunicação
	Início da integração com aplicativos de comercialização
Estruturais	Parcerias com fornecedores
	Uso de tecnologias já embarcadas
	Otimização de recursos e insumos

Fonte: Elaborado pelas autoras com base nos dados da pesquisa.

5. Discussão

Os resultados desta pesquisa permitem retomar e responder ao gap identificado na literatura, a carência de estudos empíricos que analisem, de forma comparativa e multielos, as barreiras e ações mitigadoras associadas à adoção das tecnologias da I4.0 considerando diferentes perfis de atores no contexto brasileiro (Cricelli et al., 2024; Yadav et al., 2022). Conforme apontado no levantamento bibliográfico realizado na base Scopus, os estudos existentes se concentravam predominantemente em elos isolados ou tecnologias específicas, sem explorar de forma integrada as percepções de múltiplos agentes da cadeia. O presente estudo buscou preencher essa lacuna ao investigar quatro elos distintos produção (pequeno e médio porte), insumos e distribuição por meio de entrevistas semiestruturadas.

No que se refere às tecnologias adotadas, a literatura apresenta um portfólio amplo e sofisticado de soluções da I4.0 aplicáveis ao agronegócio, incluindo IoT, IA, BD, CC, CPS e sensores inteligentes (Yadav et al., 2022; Karunathilake et al., 2023; De Oliveira et al., 2024). Yadav et al. (2022) destacam o potencial dessas tecnologias para aumentar a eficiência produtiva, reduzir desperdícios e apoiar a tomada de decisão em tempo real, enquanto De Oliveira et al. (2024) enfatizam o uso de

blockchain e sensores para garantir a rastreabilidade da soja em cadeias globais de valor. Kersten et al. (2024), por sua vez, ressaltam o papel das plataformas digitais na integração logística e na coordenação entre os elos da cadeia.

Na prática, os resultados obtidos nas entrevistas revelam um cenário de adoção tecnológica significativamente mais incipiente e heterogêneo do que o sugerido pela literatura. As tecnologias mais difundidas entre os entrevistados concentram-se nas dimensões de informação, gestão e comunicação, com destaque para o uso de aplicativos de comercialização, como o Grão Direto, sistemas ERP, planilhas eletrônicas e ferramentas de mensagens instantâneas como o WhatsApp. No elo de produção, observou-se o uso de sensores de produtividade e umidade, GPS, piloto automático e monitores embarcados em máquinas agrícolas, tecnologias características da agricultura de precisão que se alinham parcialmente ao que Karunathilake et al. (2023) e Yadav et al. (2022) descrevem como aplicações de IoT e sensoriamento remoto na agricultura. No entanto, tecnologias mais avançadas, como blockchain, IA preditiva, gêmeos digitais e sistemas ciberfísicos integrados amplamente discutidas na literatura como fronteiras da I4.0 no agronegócio (De Oliveira et al., 2024; Hassoun et al., 2023), praticamente não foram identificadas na prática, sendo conhecidas pelos entrevistados, mas restritas a usos pontuais, sem integração operacional. Esse resultado confirma o que Embrapa (2024) aponta sobre a adoção desigual das tecnologias da I4.0 no agronegócio brasileiro, com grandes produtores e empresas integradas avançando mais rapidamente do que pequenos e médios produtores.

Observa-se ainda que, enquanto a literatura enfatiza o potencial da integração entre sistemas e a geração de valor a partir da análise de dados (Kersten et al., 2024; Hassoun et al., 2023), os entrevistados relataram um uso predominantemente descritivo e empírico das informações, sem aplicação de ferramentas analíticas avançadas ou preditivas. Isso corrobora o diagnóstico de Cricelli et al. (2024), que identificam a baixa maturidade digital como um fator crítico que limita o potencial das tecnologias da I4.0 em cadeias agroalimentares, impedindo a geração de ganhos estratégicos mais significativos.

Os achados empíricos confirmam e aprofundam as categorias de barreiras propostas pela literatura, evidenciando que os obstáculos à digitalização da cadeia produtiva da soja são multidimensionais, interdependentes e se manifestam de forma distinta entre os elos analisados. No âmbito social, as barreiras identificadas resistência à mudança, baixa familiaridade com ferramentas digitais e escassez de

capacitação técnica, alinham-se ao que Cricelli et al. (2024) classificam como barreiras de ordem humana e cultural, e ao que Embrapa (2024) aponta sobre as dificuldades de qualificação da mão de obra no meio rural brasileiro, sendo especialmente evidentes nos elos de produção e distribuição. No plano organizacional, a ausência de estratégias estruturadas de digitalização e a baixa integração entre sistemas e processos, relatadas por todos os entrevistados, refletem o que Cestari, Ducos e Exposito (2020) identificam como falta de visão sistêmica e colaborativa, limitando o potencial das tecnologias da I4.0 para gerar ganhos efetivos de eficiência e competitividade, lacuna esta também destacada por Cricelli et al. (2024) ao apontarem a baixa maturidade digital como fator crítico para a não implementação dessas soluções. Quanto às barreiras estruturais, a conectividade limitada no meio rural e os elevados custos de implementação amplamente reconhecidos por Embrapa (2024) e Karunathilake et al. (2023) como desafios centrais para a agricultura inteligente, impactam de forma desigual os elos da cadeia, sendo os produtores rurais de menor porte os mais prejudicados, o que reforça a heterogeneidade na adoção tecnológica já sinalizada pela literatura. Por fim, as barreiras ambientais e institucionais manifestaram-se pela percepção generalizada de insuficiência dos incentivos governamentais e pela influência das dinâmicas de mercado sobre as decisões de investimento em tecnologia, convergindo com Kersten et al. (2024) e Cricelli et al. (2024), que apontam que as políticas públicas existentes a exemplo do Plano Safra e das iniciativas da Embrapa (2024), ainda não alcançam de forma homogênea todos os perfis de atores, reforçando as desigualdades estruturais já existentes e dificultando uma transformação digital mais inclusiva e integrada ao longo da cadeia.

Em relação às ações mitigadoras, a comparação entre a literatura e a prática revela uma lacuna significativa. A literatura propõe um conjunto amplo e estruturado de intervenções, como investimentos em infraestrutura de conectividade rural, programas de capacitação técnica, políticas públicas de incentivo à inovação, desenvolvimento de estratégias colaborativas de digitalização e adoção de plataformas integradas de gestão (Cricelli et al., 2024; Embrapa, 2024; Cestari, Ducos, Exposito, 2020). Na prática, no entanto, as ações identificadas são predominantemente pontuais, reativas e de menor escala, como a realização de treinamentos internos, a utilização de tecnologias já embarcadas em máquinas agrícolas, o estabelecimento de parcerias com fornecedores e o uso de aplicativos de comercialização. Essas ações são coerentes com o que a literatura denomina

estratégias adaptativas (Cricelli et al., 2024), mas estão longe de configurar um processo estruturado de transformação digital, como preconizado por Kersten et al. (2024) e Yadav et al. (2022).

Um aspecto particularmente revelador da prática é a ausência quase total de ações mitigadoras voltadas às barreiras ambientais e institucionais. Enquanto a literatura enfatiza a necessidade de políticas públicas consistentes, incentivos governamentais e estratégias interorganizacionais para superar esses obstáculos (Embrapa, 2024; Kersten et al., 2024), nenhum dos entrevistados relatou ações próprias voltadas a esse tipo de barreira, o que evidencia a percepção de que essas limitações extrapolam a capacidade de atuação individual dos agentes da cadeia. Esse achado reforça a argumentação de Cricelli et al. (2024) de que a superação das barreiras institucionais demanda intervenções coletivas e sistêmicas, não podendo ser resolvida apenas por iniciativas isoladas dos próprios atores econômicos.

O conjunto dos resultados corrobora a tese de que a adoção das tecnologias da I4.0 na cadeia produtiva da soja ocorre de maneira fragmentada, heterogênea e pouco integrada entre os elos, conforme já sinalizado por Cricelli et al. (2024) e Kersten et al. (2024) no contexto das cadeias agroalimentares. O presente estudo contribui para aprofundar essa discussão ao revelar, empiricamente, que essa fragmentação se manifesta não apenas nas tecnologias adotadas, mas também nas estratégias de resposta às barreiras, que variam significativamente entre os elos e portes dos agentes analisados. Ao comparar diferentes perfis de atores do pequeno produtor rural ao distribuidor de médio porte, este estudo amplia a compreensão do fenômeno para além das análises setoriais ou tecnológicas isoladas, preenchendo a lacuna empírica identificada no levantamento bibliográfico inicial (Cricelli et al., 2024; Yadav et al., 2022; De Oliveira et al., 2024).

6. Conclusões

O presente estudo teve como objetivo identificar e analisar as principais barreiras para a adoção das tecnologias da I4.0, bem como suas respectivas ações mitigadoras, na perspectiva de diferentes atores da cadeia produtiva da soja mineira. Para tanto, foram caracterizados três elos da cadeia, mapeadas as tecnologias adotadas por cada um deles, identificadas e classificadas as barreiras em sociais, organizacionais, estruturais e ambientais, e propostas ações capazes de reduzir esses obstáculos. Os resultados obtidos por meio de quatro entrevistas semiestruturadas com atores dos

elos de produção, insumos e distribuição evidenciaram que a adoção das tecnologias da I4.0 na cadeia da soja ocorre de forma heterogênea, fragmentada e predominantemente reativa, variando conforme o porte e o elo de atuação de cada agente. Enquanto os elos de insumos e distribuição apresentam maior formalização e uso de plataformas digitais, os produtores rurais, especialmente os de menor porte, ainda dependem de práticas tradicionais e ferramentas básicas, como planilhas e aplicativos de mensagens, para gerenciar suas operações. Tecnologias avançadas da I4.0, como blockchain, inteligência artificial preditiva e gêmeos digitais, praticamente não foram identificadas em uso efetivo, sendo reconhecidas pelos entrevistados mais pelo seu potencial do que pela sua aplicação prática.

Do ponto de vista das contribuições, este estudo demonstrou que as barreiras à digitalização da cadeia da soja são multidimensionais, interdependentes e se manifestam de modo distinto entre os elos analisados: as barreiras sociais, resistência cultural, baixa capacitação e familiaridade limitada com ferramentas digitais que convergem com o que apontam Cricelli et al. (2024) e Embrapa (2024); as barreiras organizacionais, marcadas pela ausência de estratégias estruturadas e baixa integração entre sistemas, refletem o diagnóstico de Cestari, Ducos e Exposito (2020); as barreiras estruturais, centradas na conectividade limitada e nos elevados custos de implementação, impactam desproporcionalmente os produtores rurais de menor porte, como apontado por Karunathilake et al. (2023) e Embrapa (2024); e as barreiras ambientais e institucionais, associadas à insuficiência de políticas públicas, extrapolam a capacidade de atuação individual dos agentes, demandando intervenções coletivas e sistêmicas, conforme destacado por Kersten et al. (2024) e Cricelli et al. (2024). Em relação às ações mitigadoras, os achados revelaram um distanciamento significativo entre as práticas observadas e as estratégias estruturadas propostas pela literatura, o que reforça a necessidade de abordagens mais integradas e colaborativas para viabilizar a transformação digital da cadeia produtiva da soja.

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A primeira diz respeito ao tamanho reduzido da amostra: foram realizadas apenas quatro entrevistas, contemplando um conjunto limitado de atores da cadeia produtiva da soja em Minas Gerais, o que restringe a generalização dos achados para outros contextos regionais ou para a totalidade dos elos da cadeia. A segunda limitação refere-se à escassez de literatura específica sobre a adoção das tecnologias da I4.0 na cadeia produtiva da soja: conforme identificado no levantamento bibliográfico realizado na base Scopus, apenas cinco dos 48 artigos

encontrados apresentaram relação direta com o tema, o que dificultou a construção de um referencial teórico mais robusto e aprofundado para a discussão dos resultados. Além disso, a abordagem qualitativa adotada, embora adequada à natureza exploratória do estudo, não permite a mensuração ou a quantificação das barreiras e ações identificadas, o que limita comparações de maior escala entre diferentes atores ou regiões. Por fim, o recorte geográfico restrito ao estado de Minas Gerais pode não capturar a diversidade de contextos presentes em outras regiões produtoras de soja no Brasil, como o Centro-Oeste, onde as condições de infraestrutura, porte das operações e nível de tecnificação podem diferir significativamente.

A partir das limitações identificadas, abre-se um conjunto de oportunidades para pesquisas futuras. Recomenda-se, em primeiro lugar, a realização de estudos com amostras maiores e mais representativas, que abranjam um número superior de atores e diferentes regiões produtoras de soja no Brasil, possibilitando uma visão mais abrangente e generalizável do fenômeno investigado. Em segundo lugar, seria relevante o desenvolvimento de pesquisas de natureza quantitativa, capazes de mensurar o grau de maturidade digital dos diferentes elos da cadeia e de estabelecer relações entre nível de adoção tecnológica, desempenho operacional e competitividade. Adicionalmente, estudos longitudinais poderiam acompanhar a evolução da transformação digital na cadeia da soja ao longo do tempo, identificando como as barreiras e as ações mitigadoras se transformam à medida que o setor avança na incorporação das tecnologias da I4.0. Por fim, investigar o papel específico das políticas públicas e dos programas governamentais, como o Plano Safra e as iniciativas da Embrapa, na promoção da digitalização do agronegócio, bem como analisar experiências internacionais bem-sucedidas de transformação digital em cadeias agroalimentares, pode oferecer subsídios valiosos para a formulação de estratégias mais eficazes no contexto brasileiro.

Referências

BROTTO, Osvaldo César *et al.* Um guia para implementação da abordagem Indústria 4.0 para pequenas empresas do agronegócio. 2025.

CESTARI, João Marcelo; DUCOS, Julien; EXPOSITO, Ernesto. **Digital**

transformation of agrifood systems: a systematic literature review. *Computers in Industry*, v. 123, p. 103308, 2020.

CRICELLI, Luigi *et al.* **Barriers and drivers of Industry 4.0 adoption in agri-food supply chains.** *Technological Forecasting and Social Change*, v. 196, p. 122882, 2024.

DE OLIVEIRA, Lucas *et al.* **Digital technologies and traceability in soybean supply chains.** *Journal of Cleaner Production*, v. 420, p. 139840, 2024.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.
Agricultura digital no Brasil: tendências, desafios e oportunidades. Brasília: Embrapa, 2024.

HANASHIRO, Fábio. **Aliança estratégica no agronegócio.** 2023.

HASSOUN, Mohammad *et al.* **Artificial intelligence applications in agriculture: a systematic review.** *Sustainability*, v. 15, n. 4, p. 1–25, 2023.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes.
Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Frankfurt: acatech – National Academy of Science and Engineering, 2013.

KARUNATHILAKE, Harsha *et al.* **Smart agriculture and Industry 4.0: technologies, challenges and future directions.** *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 206, p. 107640, 2023.

KERSTEN, Wolfgang *et al.* **Digitalization and Industry 4.0 in agri-food supply chains.** *The International Journal of Logistics Management*, v. 35, n. 1, p. 1–25, 2024.

NEVES, Marcos Fava; ZYLBERSZTAJN, Décio. **Coordenar para competir: a cadeia de agronegócio.** São Paulo: Atlas, 2005.

ROMERO, Gustavo. **Agronegócio: uma proposta conceitual.** *Revista Verde*

Grande: Geografia e Interdisciplinaridade, v. 6, n. 01, p. 307-340, 2024.

SLACK, Nigel *et al.* **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

YADAV, Gajendra *et al.* **Industry 4.0 technologies in agriculture: a review and research agenda**. *Production Planning & Control*, v. 33, n. 2–3, p. 1–18, 2022.

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

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

QUESTIONÁRIO – CADEIA DE SUPRIMENTOS NA INDÚSTRIA 4.0 NO AGRONEGÓCIO DA SOJA

BLOCO 1 – CARACTERÍSTICAS DO ENTREVISTADO E DA OPERAÇÃO

1. Qual é a sua função na empresa?

☐ Proprietário(a)

☐ Gestor(a)

☐ Supervisor(a)

☐ Técnico(a)

☐ Outro: _____

2. Há quanto tempo atua no setor do agronegócio da soja?

☐ Menos de 5 anos

☐ Entre 5 e 10 anos

☐ Entre 11 e 20 anos

☐ Mais de 20 anos

3. Em qual elo da cadeia produtiva da soja sua empresa atua?

☐ Produção de soja

☐ Fornecimento de insumos

☐ Distribuição/comercialização

☐ Outro: _____

4. Qual é o porte da sua operação/empresa?

☐ Pequeno porte

☐ Médio porte

☐ Grande porte

5. Quais são os principais produtos, insumos ou serviços relacionados à soja com os quais sua empresa trabalha?

(Se aplicável, informe os principais produtos comprados, produzidos ou fornecidos.)

6. Com quais tipos de empresas sua organização se relaciona dentro da cadeia da soja?

(Ex.: produtores, cooperativas, tradings, fornecedores, indústrias, exportadoras e distribuidores.)

BLOCO 2 – DIAGNÓSTICO TECNOLÓGICO ATUAL

7. Quais tecnologias da Indústria 4.0 estão presentes nos processos da sua empresa?

(Ex.: sensores, automação, GPS, piloto automático, sistemas de monitoramento, softwares de gestão – ERP, Internet das Coisas – IoT.)

8. Em quais etapas do processo essas tecnologias são utilizadas?

(Ex.: produção, compra de insumos, monitoramento, armazenagem, logística e vendas.)

9. Quais ferramentas digitais sua empresa utiliza atualmente para gestão, comunicação e comercialização?

(Ex.: ERP, planilhas Excel, WhatsApp, e-mail, aplicativos como Grão Direto, plataformas digitais.)

10. Sua empresa realiza algum tipo de monitoramento em tempo real das operações, máquinas, estoques, produção ou distribuição em tempo real?

☐ Sim

☐ Não

Se sim, como isso é feito?

11. Sua empresa utiliza ferramentas para prever produção, safra, demanda ou vendas com base em dados?

☐ Sim

☐ Não

Se sim, quais?

12. Quais tipos de dados sua empresa utiliza para tomada de decisão?

(Ex.: produtividade, solo, clima, preços de insumos, estoque, vendas e desempenho operacional.)

13. Existe integração digital entre sua empresa, transportadoras, armazéns, fornecedores ou clientes?

☐ Sim

☐ Não

Se sim, como ocorre?

14. Como ocorre a comunicação e negociação com clientes, fornecedores ou parceiros da cadeia?

BLOCO 3 – BARREIRAS E DESAFIOS À DIGITALIZAÇÃO

15. Quais fatores dificultam a adoção de tecnologias digitais ou avançadas na sua empresa?

(Pode envolver: falta de capacitação, resistência à mudança, custo elevado, internet/conectividade, integração de sistemas, falta de incentivos governamentais, entre outros.)

16. Na sua percepção, quais são as principais barreiras para adoção das tecnologias da Indústria 4.0 no setor da soja?

17. Que ações sua empresa já realizou, ou pretende realizar, para superar essas dificuldades?

(Ex.: treinamentos, parcerias, aquisição gradual de tecnologias, maior

digitalização de processos.)

BLOCO 4 – VISÃO DE FUTURO, INOVAÇÃO E IMPACTO

18. Sua empresa tem planos para ampliar o uso de tecnologias da Indústria 4.0 nos próximos anos?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Não sabe informar

Se sim, quais?

19. Sua empresa já utiliza ou pretende utilizar alguma das tecnologias abaixo?
(Marque as opções que se aplicam.)

- ☐ Inteligência Artificial (IA)
- ☐ Blockchain
- ☐ Gêmeos Digitais (Digital Twins)
- ☐ Internet das Coisas (IoT)
- ☐ Big Data e análise de dados
- ☐ Sensores inteligentes
- ☐ Outras: _____
- ☐ Nenhuma dessas
- ☐ Não sabe informar

20. Como os dados coletados por sensores, sistemas, softwares ou máquinas são utilizados na tomada de decisão da empresa?

21. Na sua percepção, a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 gera impacto positivo no desempenho das atividades da empresa?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Parcialmente

Justifique sua resposta: