

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

MATHEUS MURILO LEMOS FAGUNDES

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUSTENTABILIDADE NA CADEIA DE
SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA:
MONITORAMENTO, RASTREABILIDADE E GOVERNANÇA COMO VETORES
DE COMPETITIVIDADE

Uberlândia

2026

MATHEUS MURILO LEMOS FAGUNDES

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUSTENTABILIDADE NA CADEIA DE
SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA:
MONITORAMENTO, RASTREABILIDADE E GOVERNANÇA COMO VETORES
DE COMPETITIVIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Economia e Relações
Internacionais da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em Ciências
Econômicas.

Orientador: Bruno Benzaquen Perosa

Uberlândia

2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

F156
2026

Fagundes, Matheus Murilo Lemos, 2002-
Inovação tecnológica e sustentabilidade na cadeia de
suprimentos da indústria alimentícia: monitoramento,
rastreabilidade e governança como vetores de competitividade
[recurso eletrônico] / Matheus Murilo Lemos Fagundes. - 2026.

Orientador: Bruno Perosa.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal de Uberlândia, Graduação em Ciências Econômicas.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

1. Economia. I. Perosa, Bruno, 1981-, (Orient.). II. Universidade
Federal de Uberlândia. Graduação em Ciências Econômicas. III.
Título.

CDU: 330

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

MATHEUS MURILO LEMOS FAGUNDES

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUSTENTABILIDADE NA CADEIA DE
SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA:
MONITORAMENTO, RASTREABILIDADE E GOVERNANÇA COMO VETORES
DE COMPETITIVIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Economia e Relações
Internacionais da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em Ciências
Econômicas.

Uberlândia, data

Banca Examinadora:

Prof. Bruno Benzaquen Perosa – IERI/UFU

Prof. Marcelo Sartorio Loural – IERI/UFU

Prof. Daniel Caixeta Andrade – IERI/UFU

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à minha mãe Vitória, que, mesmo em tempos tão incertos e desafiadores, reuniu a coragem para me permitir bater minhas próprias asas, e, mesmo de longe, se manteve presente, possibilitando que eu pudesse seguir meus sonhos com muito amor e apoio.

Agradeço de coração às minhas amigas Amandas e ao meu amigo Victor. De Recife, minha amiga há muitos anos, que há muito vem torcendo por mim, celebrando mutuamente nossas conquistas, nosso amadurecimento e nossa transição para a vida adulta, atestando a força de sua amizade mesmo com a distância e tendo me ouvido e aconselhado durante tantas noites difíceis. De Araraquara, minha amiga há pouco tempo, mas que mesmo assim me acolheu em sua casa, celebrou festas e comemorações comigo e me ajudou a tornar este trabalho o que ele é. Juntamente com ela, meu amigo Victor, que compartilhou risadas e momentos difíceis comigo, que me ouviu e me aconselhou na minha fase mais sombria, e que segue torcendo e celebrando conquistas junto a mim.

Agradeço ao meu professor e orientador Bruno, que me forneceu todo o suporte para a conclusão deste trabalho, com muita paciência e zelo.

Um grande agradecimento à minha segunda mãe de consideração, Ana Paula, que durante toda essa jornada me acolheu como membro da família, que me nutriu com amor, sabedoria, conselhos, que me deu uma família em uma fase e local em que jamais achei que iria encontrar. Você me proporcionou um lar, um refúgio e vários dos melhores e mais amados momentos de minha vida, e por isso, serei eternamente grato.

E por último, mas não menos importante, à minha melhor amiga e amor da minha vida, Stéfani. Te agradeço, de coração e alma, por ter me encontrado durante o período mais obscuro e difícil da minha vida, por ter me estendido a mão e por, com o brilho de sua alma e do seu ser, ter me resgatado como um anjo. Do seu lado eu descobri o que é o amor, vivi os momentos mais especiais da minha vida, pude ser o pai orgulhoso da Pérola e tato da Nami, criei a coragem para correr atrás dos meus sonhos e sair do casulo de vergonha e introspecção que me segurava. Te agradeço por ter me entregue uma nova forma de enxergar a vida e por ter me ajudado a pintar meu mundo com uma nova paleta de cores, com as mais belas partituras, com o sorriso mais deslumbrante que já vi. A ti, meu coração irá sempre pertencer, e a ti, dedicarei tudo o que ainda hei de ser.

"Sou uma floresta e uma noite de escuras
árvores: mas aquele que não temer a minha
escuridão encontrará rosas debaixo dos meus
ciprestes."
(Nietzsche, Assim falou Zaratustra)

RESUMO

Este trabalho analisa o papel da inovação sustentável na indústria alimentícia, com ênfase nos investimentos em sustentabilidade realizados pela JBS e seus impactos sobre a competitividade empresarial. O estudo tem como objetivo compreender de que forma a incorporação de práticas sustentáveis, tecnologias inovadoras e mecanismos de governança ambiental contribui para a adaptação das empresas às exigências dos mercados internacionais. Para isso, realiza pesquisa bibliográfica de caráter exploratório e qualitativo, fundamentada em livros, artigos científicos, documentos institucionais e legislações relacionadas à inovação, sustentabilidade, cadeias globais de valor e comércio internacional, complementada por um estudo de caso da JBS, baseado na análise de relatórios de sustentabilidade, relatórios anuais e demais informações corporativas divulgadas pela empresa. Os resultados evidenciam que a sustentabilidade deixou de representar apenas um diferencial competitivo e passou a constituir um requisito estratégico para a permanência nos mercados globais, especialmente diante do fortalecimento de regulamentações ambientais, como aquelas relacionadas à rastreabilidade e ao combate ao desmatamento. Verifica-se que os investimentos da JBS em monitoramento territorial, rastreabilidade, certificações, eficiência energética, economia circular e inovação tecnológica fortaleceram sua capacidade de atender às exigências regulatórias e ampliar a transparência e a governança de sua cadeia produtiva. Entretanto, observa-se que os dados disponíveis não permitem estabelecer relação causal direta entre esses investimentos e indicadores financeiros específicos, limitando a mensuração de seus retornos econômicos. Conclui-se que a inovação sustentável desempenha papel estratégico na competitividade da indústria alimentícia, contribuindo para a mitigação de riscos, o fortalecimento da governança corporativa e a adaptação das empresas às novas exigências ambientais e comerciais que caracterizam o cenário internacional contemporâneo.

Palavras-chave: inovação sustentável; sustentabilidade; indústria alimentícia; competitividade; JBS; comércio internacional.

ABSTRACT

This study analyzes the role of sustainable innovation in the food industry, with a particular focus on JBS's sustainability investments and their impact on corporate competitiveness. The objective is to understand how the adoption of sustainable practices, innovative technologies, and environmental governance mechanisms contributes to companies' ability to adapt to the demands of international markets. To achieve this objective, the study employs an exploratory qualitative approach based on a literature review of books, scientific articles, institutional documents, and legislation related to innovation, sustainability, global value chains, and international trade. In addition, a case study of JBS is conducted through the analysis of sustainability reports, annual reports, and other corporate documents published by the company. The findings indicate that sustainability has evolved from being merely a competitive advantage to becoming a strategic requirement for maintaining access to global markets, particularly in response to increasingly stringent environmental regulations concerning traceability and deforestation. The analysis shows that JBS's investments in territorial monitoring, traceability, certifications, energy efficiency, circular economy initiatives, and technological innovation have strengthened its ability to comply with regulatory requirements while enhancing transparency and governance throughout its supply chain. However, the available data do not allow the establishment of a direct causal relationship between these investments and specific financial performance indicators, limiting the assessment of their economic returns. The study concludes that sustainable innovation plays a strategic role in the competitiveness of the food industry by contributing to risk mitigation, strengthening corporate governance, and enabling companies to adapt to the new environmental and commercial requirements that characterize the contemporary international market..

Keywords: sustainable innovation; sustainability; food industry; competitiveness; JBS; international trade

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema IoT Industrial.....	24
Gráfico 1 - Investimentos Ambientais JBS (2012-2021)	63
Figura 2 - Evolução dos investimentos e das principais iniciativas de sustentabilidade e rastreabilidade da JBS (2012–2022).....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Certificações e Selos de Garantia de Segurança Alimentar	29
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3PL	People, Planet and Profit
ABIA	Associação Brasileira da Indústria de Alimentos
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRC	British Retail Consortium
BRCGS	Brand Reputation through Compliance Global Standards
CAI	Complexo Agroindustrial Brasileiro
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CGF	Consumer Goods Forum
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUDR	European Union Deforestation Regulation
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GFSI	Global Food Safety Initiative
GVC	Global Value Chains
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IIoT	Internet Industrial das Coisas (Industrial IoT)
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IoT	Internet das Coisas (Internet of Things)
ISCC	International Sustainability & Carbon Certification
ISO	International Organization for Standardization
LWG	Leather Working Group
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MPF	Ministério Público Federal
ONU	Organização das Nações Unidas
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PIB	Produto Interno Bruto
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
SISORG	Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	16
1.1 Conceitualização de sustentabilidade	16
1.2 Inovação e Sustentabilidade.....	19
1.3 Tecnologias emergentes aplicadas à inovação sustentável no setor alimentício ...	23
1.3.1 <i>Internet das Coisas (IoT)</i>	23
1.3.2 <i>Blockchain</i>	25
2 SUSTENTABILIDADE, INOVAÇÃO E OS MECANISMOS INSTITUCIONAIS DA COMPETITIVIDADE NO SETOR ALIMENTÍCIO ALIMENTÍCIA.....	28
2.1 Pressões regulatórias internacionais e exigências ambientais no comércio global de alimentos	34
2.2 A transformação da sustentabilidade em requisito de mercado	35
2.3 EUDR e as novas barreiras ambientais no comércio internacional.....	37
2.4 Impactos das exigências internacionais sobre a indústria alimentícia brasileira .	41
2.5 Políticas Públicas e instrumentos de fomentação à inovação no Brasil.....	43
2.5.1 <i>O papel do Estado na promoção da inovação sustentável</i>	44
2.5.2 <i>O papel das instituições públicas no fomento à inovação sustentável no setor alimentício</i>	47
2.6 Desafios e Limitações da Inovação Sustentável	49
2.6.1 <i>Desafios financeiros e tecnológicos</i>	49
2.6.2 <i>Desafios organizacionais, culturais e institucionais</i>	50
2.6.3 <i>Desafios da integração e coordenação das cadeias de suprimentos</i>	50
3 O SETOR AGROINDUSTRIAL BRASILEIRO E A SUSTENTABILIDADE ...	53
4 ESTUDO DE CASO: JBS E A TRANSFORMAÇÃO SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	61
4.1 A JBS no contexto da indústria alimentícia global.....	61
4.2 Rastreabilidade, monitoramento territorial e governança da cadeia pecuária	64
4.3 Blockchain, transparência produtiva e digitalização da cadeia	66
4.4 Sustentabilidade operacional, economia circular e redução de emissões	69
4.5 Impactos estratégicos dos investimentos ambientais e tecnológicos da JBS	72
CONCLUSÃO.....	78
REFERÊNCIAS.....	81

INTRODUÇÃO

A crescente intensificação das mudanças climáticas, a pressão por transparência nas cadeias produtivas e a ampliação das exigências regulatórias têm colocado a sustentabilidade no centro do debate econômico contemporâneo. No setor alimentício, essa discussão assume relevância ainda maior, uma vez que sua cadeia de suprimentos é extensa, fragmentada e fortemente dependente de recursos naturais, tornando-se especialmente sensível a riscos ambientais, sociais e reputacionais.

Nesse contexto, empresas do setor enfrentam o desafio de conciliar eficiência produtiva, competitividade internacional e responsabilidade socioambiental. Para os fins deste estudo, adota-se uma concepção de competitividade alinhada à perspectiva de Porter (1985) e de Porter e van der Linde (1995), compreendendo-a como a capacidade das empresas de acessar, manter e ampliar sua participação nos mercados por meio da eficiência produtiva, da inovação, da adaptação às exigências regulatórias, do fortalecimento da governança das cadeias de suprimentos e da construção de uma reputação socioambiental capaz de gerar confiança entre consumidores, investidores e parceiros comerciais. Assim, a competitividade não é analisada apenas sob a perspectiva de custos ou produtividade, mas também como resultado da capacidade de responder às crescentes demandas ambientais, regulatórias e mercadológicas que caracterizam o comércio internacional contemporâneo.

Paralelamente, observa-se o avanço acelerado de tecnologias digitais e sistemas de informação, que vêm transformando a forma como as organizações produzem, monitoram e coordenam suas atividades. Ferramentas como Internet das Coisas (IoT), blockchain e análise de dados em tempo real têm ampliado significativamente a capacidade de rastreamento, controle e transparência ao longo das cadeias produtivas, permitindo não apenas ganhos operacionais, mas também a mitigação de riscos e o fortalecimento da governança corporativa. Nesse cenário, a inovação tecnológica deixa de ser apenas um diferencial competitivo e passa a desempenhar papel estratégico na construção de modelos produtivos mais sustentáveis.

Entretanto, a adoção dessas tecnologias não ocorre de forma isolada. Conforme discutido ao longo deste trabalho, a inovação sustentável deve ser compreendida como um processo sistêmico, que envolve a interação entre empresas, Estado, instituições de pesquisa e sociedade. No caso da indústria alimentícia, essa dinâmica se materializa na necessidade de coordenação entre diferentes elos da cadeia de suprimentos, especialmente diante das crescentes exigências por rastreabilidade, certificação e conformidade socioambiental. Assim, a

sustentabilidade não se limita à implementação de tecnologias, mas depende de mudanças organizacionais, institucionais e estruturais mais amplas.

No contexto brasileiro, essa discussão ganha contornos específicos. Apesar de sua relevância global como potência agroalimentar, o país enfrenta desafios estruturais relacionados à baixa intensidade tecnológica, à fragmentação produtiva e à dependência de mercados externos. Ao mesmo tempo, observa-se um movimento crescente de modernização das cadeias produtivas, impulsionado tanto por pressões internacionais quanto por iniciativas internas de inovação e governança. Nesse sentido, o Brasil apresenta-se como um ambiente relevante para a análise das interações entre tecnologia, sustentabilidade e competitividade industrial.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo analisar o papel das tecnologias de monitoramento e inovação na promoção da sustentabilidade ao longo da cadeia de suprimentos da indústria alimentícia, com foco no contexto brasileiro. Busca-se compreender de que forma ferramentas digitais e mecanismos de governança têm contribuído para aumentar a transparência, reduzir riscos socioambientais e fortalecer a competitividade das empresas do setor.

Diante desse contexto, este estudo parte de duas hipóteses centrais. A primeira sustenta que a sustentabilidade e a inovação tecnológica deixaram de representar apenas um diferencial competitivo e passaram a constituir um requisito estratégico essencial para a permanência das empresas nos mercados globais. A segunda estabelece que a incorporação de tecnologias de monitoramento, rastreabilidade e governança, como Internet das Coisas (IoT), blockchain e certificações, extrapola a dimensão operacional, contribuindo para a mitigação de riscos, o fortalecimento da governança corporativa e a garantia do acesso e da permanência em mercados internacionais.

Para alcançar esse objetivo, o trabalho está estruturado em três capítulos. O primeiro capítulo apresenta os fundamentos teóricos da sustentabilidade e da inovação tecnológica, discutindo suas principais abordagens conceituais e sua relação com o desenvolvimento econômico. O segundo capítulo analisa a sustentabilidade na indústria alimentícia, abordando aspectos como certificações, governança da cadeia de suprimentos e exigências de mercado. Por fim, o terceiro capítulo examina o mercado industrial brasileiro e apresenta um estudo de caso da empresa JBS, com o objetivo de identificar, na prática, como as estratégias de inovação e monitoramento têm sido utilizadas para promover a sustentabilidade no setor.

Dessa forma, este trabalho busca contribuir para o debate sobre inovação sustentável ao evidenciar que, no contexto da indústria alimentícia, a integração entre tecnologia, governança e coordenação da cadeia de suprimentos constitui um elemento central para a construção de

modelos produtivos mais eficientes, transparentes e alinhados às demandas socioambientais contemporâneas.

1 SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

A sustentabilidade e a inovação tecnológica assumem papel central nas transformações observadas na indústria alimentícia nas últimas décadas. A crescente preocupação com questões ambientais, sociais e econômicas, aliada ao avanço das tecnologias digitais, tem impulsionado mudanças significativas nos processos produtivos, na gestão das cadeias de suprimentos e nas estratégias competitivas das empresas. Nesse contexto, este capítulo apresenta os principais fundamentos teóricos relacionados ao conceito de sustentabilidade, à inovação tecnológica e à integração desses elementos no ambiente empresarial, fornecendo a base conceitual necessária para a análise do estudo de caso desenvolvido neste trabalho.

1.1 Conceitualização de sustentabilidade

O desejo pela maximização do benefício próprio, de acordo com Hardin (1968) leva à uma degradação do recurso comum, onde a exploração desenfreada de recursos pode levar ao colapso global. A Tragédia dos comuns, como é conhecido este clássico, traz a ideia de que recursos comuns tendem a ser explorados até o esgotamento quando não há o uso de práticas sustentáveis através de uma gestão compartilhada e consciente.

Seguindo nesse sentido, Lovelock (1979) sugere a hipótese de que a Terra funciona como um organismo vivo, onde cada elemento que integra esse organismo acaba exercendo um papel essencial na manutenção do sistema como um todo, sendo uma reflexão de extrema importância para a pauta da sustentabilidade. Lovelock enxerga o planeta como um sistema autorregulador em que processos naturais e biológicos mantêm seu equilíbrio, renovando os recursos desgastados.

Com isso, a ideia de escassez de recursos naturais foi reverberada, enquanto, paralelamente, crescia a necessidade de práticas sustentáveis, conduzindo ao desenvolvimento de conceitos mais estruturados que relacionavam sustentabilidade aos recursos necessários para o desenvolvimento. Assim, o conceito de desenvolvimento sustentável foi apresentado pela primeira vez no Relatório Brundtland (Nosso Futuro Comum), elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas (ONU) e publicado em 1988. O documento abordou de forma intrínseca a necessidade de conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação do meio ambiente e o bem-estar social. Segundo o relatório, desenvolvimento sustentável é “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades”

(ONU, 1988, p. 37). A necessidade de relacionar recursos necessários para que sua utilização perdure de forma contínua é expressa pelo relatório, ao defender que o desenvolvimento sustentável seja “um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades e aspirações humanas.” (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, 1991, p. 49)

Após alguns anos da Comissão Mundial de 1988, ainda aprimorando o conceito de desenvolvimento sustentável, John Elkington desenvolveu o termo “Tripple Bottom Line” (Tripé da Sustentabilidade) nos anos 90, em um período em que o conceito de “sustentabilidade” ainda não era popular, tanto na sociedade como no meio corporativo. De acordo com Elkington (1994) o termo aborda uma ideia de expansão através de ideias sustentáveis, relacionando sustentabilidade econômica, ambiental e social e, como ideia, Elkington propôs mensurar resultados de uma empresa a partir de 3 pilares básicos, os 3PL (People, Planet and Profit). Muito além do lucro, uma companhia deveria ser responsável a partir de seu posicionamento perante a sustentabilidade, dando ênfase no impacto que a empresa causa no planeta.

Ao trazer o conceito de sustentabilidade para a economia, uma correlação entre ambos pode ser realizada, iniciando a partir do surgimento do termo “economia”. Com sua origem datada há mais ou menos 400 anos a.c, o termo surgiu na Grécia antiga, fazendo uma junção da palavra oikos ou “casa de família” e nomos que pode ser entendida como “administração”. Assim, a economia, em uma primeira análise, pode ser vista como a arte de administração de um lar, cujo conceito trás relevância direta a pautas atuais, como é abordado por Schumacher (1973) onde ele ressalta que o objetivo da economia não seria o aumento da riqueza em si, e sim um meio que permita que as pessoas tenham uma vida melhor. O economista ainda ressalta que a otimização do uso de recursos que atendam as necessidades humanas não deva ultrapassar a capacidade de regeneração da natureza, enfatizando a importância de tecnologias apropriadas e escalas humanas de produção e consumo.

Seguindo nesse viés, o economista alemão Peter Bartelmus, grande estudioso da estatística aplicada no desenvolvimento sustentável, publicou em 2008 seu livro “Quantitative Eco-nomics: How sustainable are our economies?”, onde o autor coloca em jogo a sustentabilidade ambiental sob perspectiva de análises quantitativas. De acordo com Bartelmus (2008) a “Eco-nomics” pode ser usada como metodologia para quantificar a sustentabilidade através de indicadores que medem a saúde econômica levando em consideração os efeitos

ambientais. Ele demonstra a necessidade de criar modelos que integram variáveis ambientais e sociais com os dados econômicos tradicionais, defendendo que a sustentabilidade deve ser avaliada de forma quantitativa para, assim, tornar-se prática e aplicável dentro da política e economia.

Nesse viés, não somente fatores quantitativos apresentam-se como essenciais para a transição sustentável, mas também a compreensão de que sistemas como um todo devem passar por transições socioculturais e estruturais profundas. Para tanto, Geels (2004) retoma o conceito de mudanças “sociotécnicas”, indicando que mudanças sustentáveis não ocorrem de forma isolada, e sim por meio de transições sociotécnicas, nas quais os elementos sociais, culturais, institucionais e tecnológicos se entrelaçam. Diante deste modelo, o “sistema” não é apenas um conjunto de tecnologias, mas sim uma rede de práticas, crenças, regulamentações, infraestrutura e conhecimento técnico que se reproduz ao longo do tempo. Quando uma mudança significativa ocorre em uma dessas dimensões, ela pode reconfigurar o restante do sistema, incentivando a adoção de novas tecnologias e práticas.

A partir disso, uma redefinição do desenvolvimento econômico tradicional se mostra necessária para evitar um colapso ecológico. Para tal, Raworth (2012) propõe que o crescimento deve acontecer dentro de uma zona segura e que faça sentido para as necessidades da humanidade. Para que essa visão se materialize, é necessário transformar os fundamentos institucionais, culturais e comportamentais que sustentam o atual modelo de produção e consumo. Tal zona segura também compõe a teoria da “economia donut”, conceito apresentado por Kate Rathworth (2012) que introduz uma representação visual através de um donut, onde o espaço entre uma borda interna e externa acaba por definir os limites para o desenvolvimento humano sustentável. A parte interna representaria necessidades básicas para a sociedade, como saúde e alimentos, enquanto a borda externa simboliza fronteiras ambientais que não devem, a todo custo, serem ultrapassadas, fazendo com que o sucesso econômico seja medido pela prosperidade promovida dentro de limites ecológicos. Assim, a prosperidade é medida não apenas pelo crescimento econômico, mas pela capacidade de sustentar a vida dentro desses dois limites.

Contudo, para que esse modelo se concretize em sociedades industriais complexas como a que vivemos, não basta apenas definir esses limites: é preciso desenvolver soluções que possibilitem operá-los na prática. É nesse viés que entra a inovação tecnológica como um vetor essencial para transformar os modos de produção, consumo e gestão de recursos.

1.2 Inovação e Sustentabilidade

A transição para uma economia mais sustentável exige não apenas vontade política e mudanças de comportamento, mas também novas ferramentas, métodos e sistemas capazes de reconfigurar as estruturas produtivas. A inovação, portanto, deixa de ser apenas uma estratégia competitiva das empresas e passa a ocupar um papel central na construção de modelos econômicos viáveis a longo prazo.

Para tal, o conceito de “inovação” foi desenvolvido, de maneira crua, nos primórdios dos debates capitalistas e da relação entre firmas. Antes mesmo de sua forma completa, Schumpeter alegava que:

(...) Tão logo está em condições de enfrentar as despesas, a primeira coisa que uma firma moderna faz é fundar um departamento de pesquisas, cujos funcionários sabem que o pão de cada dia depende do êxito que obtiverem na descoberta de novas invenções. Essa prática, evidentemente, não sugere qualquer aversão ao progresso tecnológico. (SCHUMPETER, 1942, p. 125)

Continuando, Schumpeter (1942) enxergava uma incompatibilidade entre o progresso econômico e a concorrência perfeita, de modo que, ao mesmo passo em que um processo de inovação é adotado, a concorrência perfeita deixaria de existir. Essa análise mostra que, independentemente do mercado, o processo de inovação, mesmo décadas atrás, já era inerente à competitividade e à permanência no mercado. Mais ainda, a inovação assume um caráter de perpetuidade onde, segundo Schumpeter (1942, p. 167) “A resistência que se fundamenta em interesses ameaçados por uma inovação no processo produtivo provavelmente não desaparecerá enquanto persistir a ordem capitalista.” Desse modo, inovações bem-sucedidas desestabilizam um possível estado de equilíbrio, deslocando empresas que não acompanham o mecanismo da inovação e abrindo espaço para configurações mais eficientes. Nesse sentido, a inovação vista por Schumpeter não ocorre em ambiente neutro, sendo necessário a superação de disputas, custos de adaptação e transições entre modelos “antigos” e “novos”. A transição ecológica segue a mesma linha: ao exigir reestruturação do sistema econômico (rupturas), o uso de ferramentas tecnológicas se mostra como motor de um novo ciclo de uma “destruição criadora verde”, onde empresas capazes de inovar tendem a assumir posições de destaque, abrindo novos mercados e descobrindo novos modos de operar.

Seguindo nesse raciocínio, Drucker (1985, p. 20) aponta que a “Inovação é o instrumento específico do empreendedorismo, o meio pelo qual o empreendedor explora a mudança como uma oportunidade para um negócio ou serviço diferente.”. Nesse sentido, o

autor apresenta a inovação como uma forma de criação de valor, onde as empresas podem utilizá-la para enxergar desafios como oportunidades de mercado, enfatizando a importância de buscar oportunidades de inovação em mudanças demográficas, tecnológicas, de mercado e de percepção.

Ademais, de acordo com Romer (1990), o crescimento econômico é alavancado pelo acúmulo de conhecimento tecnológico que se dá através da inovação, trazendo uma concepção de que ideias são “bens não rivais”, podendo ser reutilizadas e compartilhadas por todos sem que ocorra perda de valor. Esse conceito se apresenta central para fazer um paralelo de como inovação tecnológica impulsiona a economia, uma vez que, a partir que uma inovação é criada, ela pode ser difundida e aplicada em diversas indústrias, transformando a inovação em um ativo multiplicador, capaz de alavancar múltiplos setores da economia por meio de sua replicação e adaptação, acelerando o progresso econômico.

Nesse processo de evolução conceitual, Porter e van der Linde (1995) ampliam o debate ao argumentar que práticas ambientais rigorosas podem, ao contrário da visão tradicional, estimular a inovação tecnológica e elevar a competitividade das empresas. Para os autores, a competitividade não se limita à redução de custos de produção, estando fortemente associada à capacidade das organizações de inovar continuamente, elevar sua produtividade e adaptar-se às transformações do ambiente competitivo. Regulamentações ambientais bem estruturadas expõem ineficiências, reduzem desperdícios e impulsionam o desenvolvimento de produtos, processos e tecnologias mais eficientes. Assim, a inovação deixa de ser apenas uma resposta estratégica e passa a representar um mecanismo capaz de alinhar desempenho econômico e sustentabilidade, antecipando tendências regulatórias, fortalecendo a capacidade competitiva das empresas e ampliando suas oportunidades de inserção em mercados mais exigentes. Essa perspectiva fundamenta a concepção de competitividade adotada neste trabalho, compreendida não apenas como eficiência produtiva ou redução de custos, mas também como a capacidade das empresas de responder às exigências regulatórias, incorporar inovações tecnológicas, fortalecer a governança de suas cadeias de suprimentos e consolidar posições em mercados cada vez mais orientados por critérios socioambientais.

Nesse contexto, a perspectiva de Hart e Milstein (2003) ganha espaço ao compreender que a criação de valor sustentável depende da capacidade das empresas de integrar as expectativas e pressões de diversos stakeholders, como consumidores, investidores, governos, comunidades e a sociedade civil como um todo. Para os autores, práticas ambientais e sociais robustas não constituem apenas mecanismos de conformidade, mas fontes de vantagem

competitiva capazes de fortalecer a reputação corporativa e reduzir riscos ao longo da cadeia produtiva.

Tal raciocínio é especialmente relevante em setores complexos como o alimentício, cujas cadeias de suprimentos são extensas, fragmentadas e sujeitas a riscos socioambientais significativos. A necessidade de comprovar a integridade dos processos produtivos coloca a governança da cadeia, incluindo transparência, monitoramento e responsabilização entre elos, como um elemento estratégico para a manutenção da competitividade.

Ao alinhar inovação, governança e reputação, as empresas conseguem responder mais rapidamente às pressões regulatórias, mitigar riscos reputacionais e atender às expectativas crescentes por práticas produtivas éticas e sustentáveis. Essa perspectiva estabelece uma conexão direta com o avanço das tecnologias disruptivas discutidas por Christensen (1997), que introduz o conceito de “inovação de ruptura” para explicar como certas inovações transformam mercados, deslocam empresas consolidadas e criam novos padrões competitivos. Assim, as inovações podem transformar mercados, criando produtos ou serviços que, em um primeiro ponto, atendem a nichos de mercado, mas que acabam desestruturando empresas estabelecidas, podendo, gradualmente, desestruturar modelos consolidados, transformando setores inteiros à medida que se tornam predominantes.

Em uma abordagem mais recente, proposta por Carayannis et al. (2012), é reforçada a importância de uma visão sistêmica da inovação por meio do modelo da hélice quádrupla, que inclui empresas, universidades, governos e sociedade civil como coatores na criação de soluções tecnológicas sustentáveis. Ao incluir o meio ambiente como um agente ativo no processo de inovação e produção de conhecimento, desafios como a crise climática, por exemplo, atuam como motor para soluções inovadoras, reforçando que a sustentabilidade deve ser integrada ao processo de inovação desde sua origem. O modelo sugere que nenhuma disciplina isolada é suficiente para enfrentar os desafios da sustentabilidade. A inovação precisa nascer de conexões entre áreas distintas, integrando desde as ciências naturais até ciências sociais e humanas, tendo o conhecimento como recurso central.

Desse modo, o Manual de Oslo (OCDE, 2018) representa um marco contemporâneo na compreensão do que constitui inovação. Diferentemente das primeiras formulações centradas quase exclusivamente em avanços tecnológicos e em invenções de caráter físico, o documento amplia o escopo conceitual ao reconhecer quatro categorias principais de inovação: inovações de produto, de processo, organizacionais e de marketing, sintetizadas como inovações de produto e de processo de negócio. Essa ampliação rompe com visões tecnicistas e reconhece

que a capacidade inovativa das empresas depende tanto da adoção de novas tecnologias quanto da reconfiguração estrutural de práticas, rotinas e formas de gestão.

O Manual de Oslo (OCDE, 2018) estabelece que a inovação não se limita ao desenvolvimento de novos produtos ou ao avanço tecnológico formal, ela também pode surgir de mudanças em processos organizacionais, métodos de operação, formas de gestão e estruturas de informação. Ao adotar a categoria ampla de business process innovation, o Manual reconhece que melhorias em rotinas internas, reorganização de atividades, padronização de processos e integração de fluxos de informação constituem inovações com impacto direto sobre o desempenho das empresas. Assim, mesmo mudanças imateriais, como revisões de procedimentos, novos sistemas de coleta e uso de dados ou mecanismos de coordenação entre unidades, são consideradas formas legítimas e relevantes de inovação.

Essa perspectiva torna-se particularmente importante em setores caracterizados por cadeias produtivas longas, fragmentadas e altamente reguladas, como a indústria alimentícia. De acordo com o Manual, a capacidade de inovar depende não apenas da introdução de tecnologias avançadas, mas também da existência de sistemas organizacionais capazes de absorver conhecimento, reorganizar fluxos de trabalho e aprimorar a gestão da informação. Isso significa que inovações voltadas à rastreabilidade, padronização, controle de qualidade e melhoria dos processos de coordenação da cadeia de suprimentos enquadram-se plenamente na definição de inovação proposta pelo Manual.

Além disso, o Manual enfatiza que a inovação é influenciada por exigências externas, como regulações, padrões técnicos e novas demandas do mercado. No contexto atual, marcado por preocupações crescentes com segurança alimentar, sustentabilidade e transparência, tais pressões funcionam como incentivos para que empresas adotem métodos inovadores de produção, monitoramento e gestão. Assim, inovações associadas à melhoria da confiabilidade da cadeia, ao aprimoramento de auditorias, ao uso sistemático de dados e à documentação de conformidade são consideradas componentes essenciais do processo inovativo, mesmo quando não envolvem diretamente a criação de tecnologias inéditas.

Desse modo, ao compreender a inovação como um fenômeno multidimensional que integra aspectos tecnológicos, organizacionais e informacionais, o Manual de Oslo fornece um arcabouço conceitual sólido para analisar a transformação das cadeias de suprimentos no setor alimentício. Ele também destaca que a cooperação entre empresas, governo, universidades e entidades reguladoras é fundamental para ampliar a capacidade inovadora, especialmente em áreas onde os principais desafios são sistêmicos, como segurança alimentar, rastreabilidade e sustentabilidade.

1.3 Tecnologias emergentes aplicadas à inovação sustentável no setor alimentício

As transformações recentes no setor alimentício evidenciam que a inovação sustentável não depende apenas da adoção de novas tecnologias, mas da capacidade das empresas de integrar sistemas digitais, reorganizar processos internos e fortalecer mecanismos de governança ao longo de toda a cadeia produtiva. Conforme discutido anteriormente, abordagens como o Manual de Oslo (OCDE, 2018), Christensen (1997) e Carayannis et al. (2012) revelam que a inovação contemporânea é multidimensional: envolve tanto o surgimento de tecnologias disruptivas quanto a reconfiguração organizacional necessária para utilizá-las de forma eficaz.

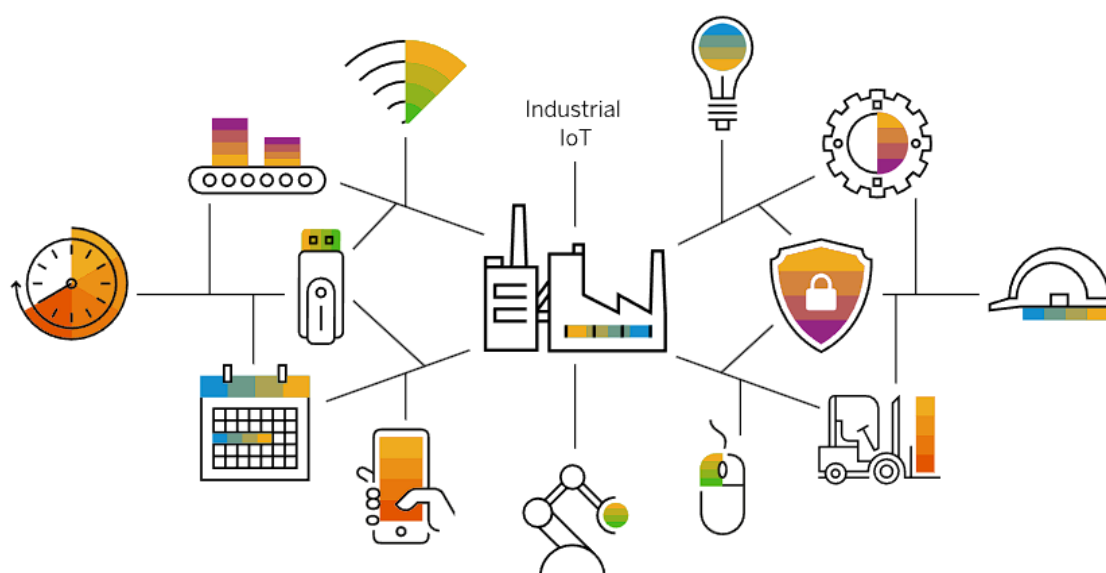
Nesse cenário, as tecnologias emergentes assumem o principal papel de atuação, pois ampliam a capacidade das empresas de responder a desafios complexos relacionados à sustentabilidade, segurança alimentar, rastreabilidade, eficiência operacional e transparência, aspectos cada vez mais cobrados por consumidores, reguladores, investidores e demais stakeholders. No caso específico da indústria de alimentos, onde a cadeia produtiva é extensa, sensível a riscos socioambientais e sujeita a rigorosas exigências sanitárias, tais tecnologias tornam-se elementos estratégicos para garantir competitividade e conformidade regulatória.

Portanto, visando maior compreensão das transformações ocorridas no setor alimentício, impulsionadas pela inovação tecnológica, vê-se necessário destacar algumas das principais ferramentas digitais atualmente utilizadas pelas empresas para promover transparência, sustentabilidade, rastreabilidade e eficiência operacional. Entre as tecnologias mais relevantes e utilizadas nos dias de hoje estão a Internet das Coisas (IoT), o blockchain e a análise de dados em tempo real. Cada uma delas desempenha um papel específico na modernização dos processos produtivos e na criação de novos modelos de gestão e entrega de valor. Assim, elas não só permitem um monitoramento e controle mais preciso das etapas produtivas, mas também viabilizam novos modelos de gestão que favorecem decisões baseadas em dados, redução de desperdícios, otimização de recursos e aumento da eficiência energética. Em conjunto, elas sustentam a construção de cadeias de suprimentos mais inteligentes (smart supply chains), colaborativas e sustentáveis, alinhadas aos princípios da Indústria 4.0. A seguir, apresenta-se um breve panorama conceitual sobre essas tecnologias e seu funcionamento no contexto industrial.

1.3.1 Internet das Coisas (IoT)

Como uma tecnologia que permite interconexão de objetos físicos com a internet, a Internet das Coisas, mais conhecida como IoT, cria um sistema de gestão, organização e análise de dados, que pode incorporar técnicas de inteligência artificial para apoiar a tomada de decisões. A partir desse sistema, é possível que máquinas, pessoas e sistemas integrados operem em sincronia, alavancando a eficiência operacional e promovendo um crescimento mais sustentável. Quando aplicada em nível industrial, pode assumir o nome de IIoT (Internet Industrial das Coisas), se conectando aos mais diversos sensores, dispositivos e máquinas de uso industrial em grande escala.

Figura 1 - Esquema IoT Industrial



Fonte: SAP Brasil (2026)

Com uma aplicação sistêmica dentro de ambientes produtivos modernos, a IIoT representa a integração de sensores inteligentes, dispositivos conectados, softwares e tecnologias de comunicação dentro das infraestruturas industriais, permitindo a coleta, transmissão e análise de dados em tempo real. Essa interconexão cria um ecossistema digital dinâmico e responsivo que transforma a forma como as indústrias operam, tomam decisões e agregam valor.

De acordo com um artigo de Wang (2017), a IoT conecta objetos físicos como veículos e eletrodomésticos, promovendo uma vida mais inteligente com identificação, rastreamento e monitoramento em tempo real, enquanto a Industrial IoT (IIoT) visa conectar produção, fábricas, clientes e parceiros de negócios para criar manufaturas inteligentes. Wang também evidência que o uso da tecnologia blockchain, uma tecnologia que funciona como um livro-

razão que armazena transações de forma permanente e descentralizada, e que será abordada mais para frente, atua como uma solução em conjunto com a IoT de modo a garantir maior segurança em seus processos. A combinação de ambas as tecnologias pode fortalecer a gestão de acesso e promover a confiança entre dispositivos, atuando como uma solução ideal para proteger ecossistemas IIoT.

A partir dessa perspectiva, o artigo de Muhammad et al., (2023) traz aplicações diretas da IoT dentro da cadeia de suprimentos alimentícia, com um produto altamente perecível e bastante suscetível à variações de temperatura e ambiente: o morango. O estudo gira em torno de um contêiner inteligente equipado com sensores capazes de monitorar, em tempo real, variáveis críticas como temperatura, umidade e condições do ambiente durante o transporte. Os sensores IoT realizam um monitoramento contínuo e automatizado das condições de transporte, apontando desvios críticos que possam comprometer a qualidade do alimento e proporcionando a redução de perdas pós-colheita.

Entrando no ponto de vista técnico, o artigo ressalta a utilização de dispositivos de baixo custo como microcontroladores e sensores ambientais, conectados por protocolos de comunicação, evidenciando a viabilidade prática e escalável da IoT mesmo em cadeias agrícolas tradicionais. Os dados coletados são transmitidos em tempo real para uma plataforma digital, permitindo que diferentes atores da cadeia, desde produtores, transportadores até distribuidores, acompanhem o estado do produto ao longo do trajeto. Diante disso, é evidente que a IoT atua também como instrumento de governança da cadeia, permitindo maior previsibilidade, redução de riscos logísticos e melhoria na tomada de decisão, sendo possível aplicá-la mesmo nas cadeias mais humildes e com poucos recursos.

1.3.2 Blockchain

Dando continuidade ao uso de tecnologias, a tecnologia Blockchain, mencionada anteriormente, atua como uma tecnologia de registro distribuído que permite rastrear transações com segurança, transparência e imutabilidade.

Referenciando novamente o artigo de Wang (2017), a tecnologia evoluiu ao longo dos anos, sendo dividida em suas versões 1.0, 2.0 e sua versão atual. Na versão 1.0, em um período demarcado pelo autor de 2009 a 2013, o blockchain era aplicado majoritariamente em moedas digitais como o Bitcoin. Em sua versão 2.0, seu uso permitiu a introdução de contratos inteligentes (mais conhecidos como “smart contracts”), que funcionam como protocolos digitais que formalizam acordos de forma automática, onde, no período de 2014 a 2015, tiveram seu uso ampliados para setores financeiros, por exemplo.

Ademais, para Wang, a tecnologia blockchain dos dias de hoje é utilizada com foco em blockchains programáveis para soluções descentralizadas em cooperação com a IoT e IIoT, sendo utilizada como tecnologia estratégica por grandes empresas globais, como exemplo do Google e Alibaba. Com isso, o uso de tais tecnologias vêm ganhando espaço internacionalmente, com ênfase no setor industrial, principalmente na indústria alimentícia, onde o artigo destaca como o uso combinado das tecnologias blockchain e IoT podem transformar a rastreabilidade em suas cadeias de suprimentos.

Para Kumar et al. (2022), o uso da IoT permite o monitoramento em tempo real de condições como temperatura, umidade e localização durante o transporte e armazenamento de alimentos. Já o blockchain oferece um registro imutável e transparente de todas as transações e movimentações dos produtos ao longo da cadeia. O artigo de Muhammad et al. (2023) também cita sua utilização, onde cada evento relevante, como mudanças de temperatura ou mudanças de custódia do produto, é registrado em blocos criptografados, impossibilitando alterações posteriores sem o consenso da rede. Essa integração visa resolver problemas tradicionais, como a dificuldade de rastrear a origem dos alimentos, falta de transparência e riscos à segurança alimentar. Com sensores IoT coletando dados continuamente e registrando-os em uma blockchain, todas as partes interessadas, desde produtores até consumidores, podem acessar informações confiáveis sobre a procedência e o estado dos produtos. Os “smart contracts” citados por Wang, também são mencionados no artigo de Muhammad onde, caso a temperatura ultrapasse um limite previamente definido, o sistema pode gerar alertas automáticos ou até mesmo acionar cláusulas contratuais, garantindo conformidade e governança.

Wang (2017) ressalta como tradicionalmente a cadeia de suprimentos alimentares é caracterizada por múltiplos intermediários – fabricantes, fornecedores, distribuidores e varejistas – o que dificulta o rastreamento da origem de produtos. O artigo também evidencia como esse processo, possibilitado por ambas as tecnologias, torna possível a identificação precisa e rápida de qualquer elo da cadeia, aumentando significativamente a confiabilidade do sistema e a capacidade de resposta a incidentes, como contaminações ou fraudes.

Com isso, a tecnologia garante o não-repúdio, ou seja, cada participante da cadeia é vinculado inequivocamente às transações que realiza. Essa característica confere ao sistema uma maior segurança jurídica e operacional, além de facilitar auditorias regulatórias e o cumprimento de exigências legais em cadeias altamente reguladas como a cadeia de produtos alimentícios. Porém, Kumar (2022) aponta que seu uso segue acompanhado de alguns desafios, como os custos de implementação, sendo necessários altos investimentos iniciais em

infraestrutura, sensores e treinamento, e a necessidade de compatibilizar diferentes sistemas e padrões tecnológicos entre os diversos participantes da cadeia.

Com isso, nota-se que o uso de tecnologias como IoT e blockchain não apenas aprimora a eficiência operacional na indústria como um todo, mas também promove a rastreabilidade e a segurança dos alimentos na indústria alimentícia, servindo como base para práticas mais transparentes e responsáveis ao longo de toda a cadeia produtiva. Esses avanços tecnológicos, ao promoverem visibilidade e controle sobre os processos logísticos e produtivos, tornam-se aliados estratégicos na busca por uma produção mais sustentável. Ao reduzir perdas, otimizar recursos e permitir intervenções preventivas, a IOT contribui diretamente para a redução de desperdícios e emissões associadas à cadeia alimentícia, fortalecendo sua dimensão ambiental. Nesse sentido, torna-se imprescindível analisar como a sustentabilidade tem se consolidado como um dos pilares centrais da indústria alimentícia contemporânea, especialmente diante das crescentes pressões ambientais, sociais e de mercado.

2 SUSTENTABILIDADE, INOVAÇÃO E OS MECANISMOS INSTITUCIONAIS DA COMPETITIVIDADE NO SETOR ALIMENTÍCIO ALIMENTÍCIA

A crescente preocupação global com os impactos ambientais e sociais da produção de alimentos tem colocado a sustentabilidade como um dos principais eixos estratégicos da indústria alimentícia. Essa pressão não vem apenas de órgãos reguladores e da sociedade civil, mas também dos próprios consumidores, que cada vez mais demandam transparência, rastreabilidade e ética na cadeia produtiva. A sustentabilidade, nesse contexto, não se resume apenas à mitigação de danos ambientais, mas se relaciona com práticas corporativas responsáveis, acesso a mercados internacionais e posicionamento competitivo das marcas.

Desse modo, um paralelo pode ser feito entre inovação, sustentabilidade e a indústria de alimentos a partir de Porter & Van der Linde (1995), que trazem a "Porter Hypothesis", onde os autores argumentam que, se aplicadas de maneira rígida, regulamentações ambientais podem induzir eficiência, estimulando inovações que aprimorem o cenário da competitividade comercial. Desse modo, a partir do caráter mais rígido, o mecanismo da inovação seria "pressionado" a encontrar soluções ou, nesse caso, inovações tecnológicas, mais limpas e adequadas, trazendo mais eficiência para processos produtivos. Com isso, ocorre um desencadeamento de inovações que podem compensar parcial, ou totalmente, custos de conformidade, levando até mesmo a vantagens absolutas perante empresas concorrentes de países estrangeiros onde não ocorrem tais regulamentações.

Contudo, como alertam Dauvergne & Lister (2013), esse movimento também carrega riscos, como a adoção de estratégias superficiais de sustentabilidade voltadas apenas ao marketing: o fenômeno conhecido como greenwashing. Grandes marcas mundiais estão se apropriando do conceito de sustentabilidade visando alavancar a imagem de seus produtos, sendo um fenômeno apelidados por eles de "eco-business". Assim, a superficialidade de estratégias sustentáveis tem sido um fator em comum dentro da estratégia de marketing das empresas, sem que, de fato, mudanças no âmbito da produção estejam sendo realizadas. O uso indiscriminado de discursos sustentáveis sem mudanças estruturais nos modos de produção compromete a credibilidade das empresas e reforça a importância da transparência corporativa, como discutem Delmas & Burbano (2011). Nesse sentido, a adoção de sistemas de rastreabilidade tecnológica, como blockchain ou IoT, torna-se um diferencial não só logístico, mas também reputacional.

Além disso, a governança da cadeia de suprimentos desempenha papel essencial nessa equação. Como destaca Gereffi et al. (2005) na abordagem das cadeias globais de valor (Global

Value Chains – GVC), o controle e a responsabilidade sobre os fornecedores e práticas agrícolas têm migrado das margens para o centro das estratégias corporativas. Na indústria alimentícia, onde os riscos sociais e ambientais são mais visíveis, essa governança torna-se fator crítico para assegurar práticas sustentáveis em toda a cadeia. Gereffi destaca que a produção global atual é altamente fragmentada entre empresas e países. Essa fragmentação exige formas mais complexas de coordenação intraorganizacional, o que se torna ainda mais desafiador em setores como o alimentício, por exemplo, onde há grande pressão por rastreabilidade, conformidade ambiental e ética produtiva. Isso implica que as grandes marcas precisam garantir o comportamento sustentável de seus fornecedores, mesmo sem controlá-los diretamente, o que reforça a importância de tecnologias de monitoramento. Gereffi também destaca que, para reduzir os custos de transação e coordenar redes complexas, as empresas recorrem à padronização técnica e à codificação da informação, incluindo certificações ambientais, sociais e de qualidade.

No plano prático, o acesso a mercados internacionais depende cada vez mais do cumprimento de certificações ambientais e de qualidade, como BRC (British Retail Consortium), ISCC (International Sustainability & Carbon Certification), GFSI (Global Food Safety Initiative) e o selo SISORG utilizado no território nacional para atestar a conformidade dos produtos com as normas da agricultura orgânica no Brasil.

Essas certificações funcionam como selos de confiança exigidos por redes varejistas e distribuidores internacionais, contribuindo para a expansão de mercados e a valorização da marca no cenário global.

A seguir, é apresentada uma tabela comparativa destacando suas exigências, abrangência e relevância para o setor agroalimentar.

Quadro 1 – Certificações e Selos de Garantia de Segurança Alimentar

Quadro 1 - Certificações e Selos de Garantia de Segurança Alimentar

Critério	Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade Orgânica (SISORG)	BRCGS (Brand Reputation through Compliance Global Standards)	ISCC (International Sustainability and Carbon Certification)	GFSI (Global Food Safety Initiative)
Organização Responsável	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)	BRC Global Standards	ISCC Association	Consumer Goods Forum
Tipo de Certificação	Certificação de produtos orgânicos	Norma de segurança alimentar	Esquema de sustentabilidade e rastreabilidade	Iniciativa de benchmarking

Setores Abrangidos	Agricultura, pecuária, produção de alimentos e setores de produção e comercialização em geral	Indústria de alimentos, embalagens, armazenamento e distribuição	Agricultura, biocombustíveis, alimentos e rações	Segurança alimentar em geral
Reconhecimento pelo GFSI	Não	Sim	Não	Não se aplica (é a entidade de reconhecimento)
Objetivo Principal	Identificar e controlar a produção nacional de alimentos orgânicos, garantindo qualidade, segurança e sustentabilidade.	Garantir segurança e qualidade dos alimentos	Promover sustentabilidade e redução de emissões de carbono	Harmonizar padrões de segurança alimentar
Benefícios para o Mercado Internacional	Base para certificações equivalentes, Abertura de portas para acordos de equivalência	Amplamente aceito por varejistas globais, facilita exportações	Atende a requisitos de sustentabilidade exigidos por mercados europeus	Fornecer reconhecimento a certificações confiáveis
Número de Certificações Emitidas	Aproximadamente 25.000	Mais de 28.000 certificados globalmente	Mais de 14.000 certificados válidos	Não se aplica
Regiões de Maior Aceitação	América Latina, União Europeia e Mercado Interno	Reino Unido, Europa, América do Norte	União Europeia, América do Norte	Global

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pelo MAPA, BRCGS, ISCC E GFSI

A tabela acima reúne quatro dos principais sistemas de certificação e referência no setor alimentício, com foco em segurança, sustentabilidade e rastreabilidade: SisOrg, BRCGS, ISCC e GFSI. Embora cada um apresente objetivos específicos e escopos distintos, todos convergem em torno da necessidade crescente de transparência, qualidade e responsabilidade socioambiental nas cadeias produtivas, com ênfase no setor agroalimentar.

O selo SisOrg, coordenado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária do Brasil, é a principal certificação para produtos orgânicos no país. Seu objetivo é garantir a conformidade de práticas agroecológicas, sendo obrigatório no mercado interno e frequentemente utilizado como base técnica para certificações internacionais. A comercialização de produtos orgânicos em território nacional só é permitida aos produtores regularizados, seguindo instruções normativas da MAPA. O responsável pela comercialização irregular de produtos orgânicos

pode variar de acordo com a regularidade da embalagem do produto, segundo o site oficial do Governo Federal:

(...) Quando o produto sem selo está em uma embalagem original, o responsável é sempre o produtor; neste caso, ele será autuado e poderá ser multado. Quando o produto estiver em outra embalagem, como da própria loja ou mercado, ou a granel (aberto), respondem pela irregularidade tanto o produtor como o responsável pelo ponto de venda. (GOVERNO FEDERAL)

Apesar de não ser reconhecido pela GFSI, sua relevância é crescente em nichos como o europeu, onde o consumo de produtos orgânicos e rastreáveis é valorizado, mostrando que o crescimento no número de produtores certificados no Brasil reflete a valorização crescente de práticas agroecológicas e sustentáveis tanto no consumo interno quanto na exportação.

Analisando a relevância de certificações internacionais para a indústria alimentícia, um dos selos mais procurados é promovido pela BRCGS (Brand Reputation through Compliance Global Standards). Criada originalmente pelo British Retail Consortium e amplamente reconhecida no setor alimentício global, seu principal foco é a segurança dos alimentos, a qualidade do produto e o cumprimento legal ao longo de toda a cadeia de produção. A certificação visa estabelecer requisitos rigorosos em aspectos como higiene, rastreabilidade, controle de fornecedores, gerenciamento de riscos e capacitação de equipes. Na indústria alimentícia, a BRCGS possui sua relevância reverberada por ser comumente exigida por grandes redes varejistas na Europa e América do Norte, funcionando como um “passaporte de qualidade” para exportação. Segundo o site oficial da BRCGS (2025), 70% dos 10 principais varejistas do mundo aceitam seu selo, dado que é justificado grande parte em razão da certificação ser reconhecida pela GFSI (Global Food Safety Initiative), o que reforça seu valor como referência global de boas práticas e seu papel como uma peça-chave para o acesso a mercados mais exigentes.

Por sua vez, ao apresentar um escopo mais ambiental, voltada à rastreabilidade e à sustentabilidade, com ênfase na redução das emissões de carbono e práticas agrícolas responsáveis, a ISCC (International Sustainability and Carbon Certification), é uma certificação altamente valorizada por compradores institucionais europeus. Apesar de não ter reconhecimento pela GFSI, a certificação avalia critérios como proteção da biodiversidade, práticas agrícolas responsáveis, respeito aos direitos humanos e mensuração de emissões de gases de efeito estufa. No que diz respeito ao setor alimentício, a ISCC é particularmente importante para empresas que desejam comprovar a origem sustentável de suas matérias-primas, principalmente em cadeias globais de valor preocupadas com o desmatamento e as

mudanças climáticas. De acordo com seu site oficial, “O fornecimento transparente de informações é extremamente importante para manter a credibilidade do nosso sistema de certificação”, fator que é amplamente reconhecido e exigido em mercados da União Europeia, sobretudo em compras institucionais e políticas públicas.

Desse modo, reconhecida como uma iniciativa internacional de benchmarking que reconhece e harmoniza padrões globais de segurança dos alimentos, a GFSI (Global Food Safety Initiative), criada pelo Consumer Goods Forum, ganhou espaço como um padrão internacional de referência. Ao buscar melhorar a segurança alimentar ao longo de toda a cadeia produtiva, promove o reconhecimento mútuo entre as principais certificações do globo, como a BRCGS, FSSC 22000, IFS e SQF. Para as empresas do setor alimentício, a GFSI é uma referência essencial, pois ter uma certificação reconhecida por ela é frequentemente uma exigência de compradores internacionais, como é evidenciado em seu site oficial:

(...) O GFSI é uma Coalizão de Ação do Consumer Goods Forum (CGF), que reúne varejistas e fabricantes de alimentos de todos os membros do CGF e uma comunidade ampliada de segurança alimentar para supervisionar padrões de segurança alimentar de terceiros para operadores de negócios alimentícios em todo o mundo. (MYGFSI, 2026)

De acordo com uma pesquisa de Costa et al (2000) acerca do comportamento do consumidor, fornecer informações claras e transparentes sobre os benefícios e a segurança das tecnologias não convencionais contribui para a aceitação do consumidor. Estratégias como a rotulagem informativa se mostram eficazes para aumentar a confiança dos consumidores diante dos produtos que consomem, reiterando como a aceitação do consumidor é crucial para o sucesso comercial de produtos inovadores e como suas percepções influenciam diretamente as decisões das indústrias alimentícias.

Com isso, a análise mostra que, ao adotarem um ou mais desses sistemas, as empresas alimentícias não apenas garantem conformidade regulatória, mas também se posicionam estrategicamente em cadeias globais de valor, agregando valor de mercado, segurança jurídica e competitividade internacional.

Diante disso, como destaca o World Economic Forum (2017), garantir a segurança alimentar global e minimizar os impactos ambientais em um cenário de mudanças climáticas e urbanização crescente depende diretamente da inovação tecnológica e da reestruturação da cadeia produtiva. Esse cenário reforça o papel estratégico da sustentabilidade na indústria alimentícia como um vetor de transformação, resiliência e competitividade.

No contexto brasileiro, destacam-se iniciativas voltadas ao monitoramento das cadeias agroindustriais, como o Protocolo de Monitoramento de Fornecedores de Gado da Amazônia Legal, uma iniciativa criada por empresas como JBS, Marfrig e Minerva, em parceria com o Ministério Público Federal (MPF), com o objetivo de rastrear e monitorar os riscos socioambientais na origem da produção pecuária. De acordo com o documento de orientação:

O documento prevê padrões de conformidade, segundo os quais as propriedades poderão ser consideradas aptas ou inaptas. Os dados de cada fornecedor são levantados através de análises geoespaciais, consultas a dados públicos e documentos apresentados pelos produtores. (YOUSSEF, 2011)

Este protocolo atua como um mecanismo robusto de governança da cadeia de suprimentos, sendo essencial para assegurar que os fornecedores diretos de gado estejam em conformidade com critérios como a ausência de desmatamento ilegal, trabalho análogo à escravidão, invasão de terras indígenas ou de conservação. A verificação é realizada com base em dados de órgãos como IBAMA, INCRA, Ministério do Trabalho e o Cadastro Ambiental Rural (CAR), combinados com tecnologias geoespaciais, satélites e sistemas internos de inteligência. Tal prática evidencia como grandes empresas do setor alimentício têm recorrido a ferramentas de monitoramento para mitigar riscos reputacionais e atender exigências de sustentabilidade por parte de mercados internacionais, sendo uma peça-chave nos estudos de caso que serão abordados na presente pesquisa contemplando a empresa JBS.

Diante das exigências crescentes por práticas sustentáveis, tanto no mercado interno quanto no comércio exterior, observa-se que a sustentabilidade deixou de ser uma dimensão periférica e passou a ocupar o centro das estratégias competitivas da indústria alimentícia brasileira. Ferramentas de monitoramento e rastreabilidade, como as certificações internacionais e protocolos internos discutidos neste capítulo, tornaram-se instrumentos cruciais para garantir o acesso a mercados exigentes, mitigar riscos, fortalecer a imagem das marcas e conquistar a aceitação do consumidor. Nesse sentido, o próximo capítulo se dedicará à análise detalhada da empresa JBS, explorando como essa gigante do setor agroalimentar brasileiro têm integrado práticas de inovação tecnológica e governança sustentável em suas cadeias produtivas. A partir de um olhar sobre seus investimentos, resultados financeiros e compromissos socioambientais, será possível compreender como o mercado industrial brasileiro tem respondido às pressões por transparência, eficiência e responsabilidade ambiental em um cenário global cada vez mais orientado por critérios ESG.

2.1 Pressões regulatórias internacionais e exigências ambientais no comércio global de alimentos

Nas últimas décadas, o processo de globalização econômica e a crescente integração das cadeias globais de valor intensificaram a relação entre comércio internacional, sustentabilidade e governança socioambiental. A ampliação dos fluxos comerciais internacionais passou a ser acompanhada por exigências cada vez mais rigorosas relacionadas à origem, à rastreabilidade e aos impactos ambientais dos produtos agroalimentares, especialmente em mercados consumidores de maior poder econômico, como a União Europeia e os Estados Unidos. Nesse contexto, questões ambientais deixaram de ocupar uma posição periférica no comércio internacional e passaram a influenciar diretamente os padrões de competitividade e permanência das empresas nos mercados globais.

De acordo com Gereffi et al. (2005), as cadeias globais de valor passaram a operar sob mecanismos cada vez mais sofisticados de governança e coordenação, nos quais grandes empresas, varejistas e agentes internacionais exercem pressão crescente sobre fornecedores e produtores quanto à conformidade socioambiental, padronização produtiva e rastreabilidade das operações. Tal processo contribuiu para ampliar a responsabilização das empresas não apenas sobre suas atividades internas, mas também sobre toda a cadeia de suprimentos, incluindo práticas ambientais, trabalhistas e territoriais adotadas pelos fornecedores.

Paralelamente, o avanço das discussões ambientais globais e das agendas de sustentabilidade impulsionou a criação de normas, certificações e regulamentações voltadas à garantia de padrões produtivos considerados ambientalmente sustentáveis. Conforme destacado por Feix (2008) “as políticas governamentais dos Países Desenvolvidos estão sendo desenhadas no sentido de limitar a entrada de produtos cuja procedência seja ambientalmente duvidosa”, evidenciando o fortalecimento das exigências ambientais como instrumentos de regulação comercial internacional.

O mesmo estudo destaca ainda que normas e regulamentações ambientais passaram a buscar “estabelecer padrões ecologicamente sustentáveis de gestão, produção, transporte, comercialização e descarte dos bens”, demonstrando como a sustentabilidade passou gradativamente a integrar os próprios mecanismos de governança do comércio global. Nesse cenário, regulações ambientais, certificações internacionais e mecanismos de due diligence deixaram de representar apenas instrumentos reputacionais e passaram a atuar como requisitos econômicos e comerciais para o acesso a mercados estratégicos.

Essa transformação é particularmente relevante para a indústria alimentícia e para as cadeias agroindustriais globais, especialmente no setor de proteína animal, marcado por forte

pressão internacional relacionada ao desmatamento, emissões de gases de efeito estufa, rastreabilidade e controle territorial da produção. A crescente preocupação internacional com temas como mudanças climáticas, preservação florestal e transparência das cadeias produtivas impulsionou a criação de mecanismos regulatórios mais rigorosos, como o European Union Deforestation Regulation (EUDR), que estabelece exigências relacionadas à comprovação da origem de produtos associados a áreas livres de desmatamento.

Nesse contexto, tecnologias de rastreabilidade, monitoramento geoespacial, blockchain, certificações socioambientais e sistemas de auditoria passaram a desempenhar papel estratégico na competitividade das empresas inseridas nas cadeias globais de valor. Conforme argumentam Bosona e Gebresenbet (2013), os mecanismos de rastreabilidade assumem função central na segurança alimentar, transparência e confiabilidade das cadeias de suprimentos agroalimentares, permitindo maior controle sobre a origem, movimentação e conformidade dos produtos ao longo da cadeia produtiva.

Dessa forma, observa-se que a sustentabilidade passou por um processo de transformação estrutural no comércio global de alimentos, deixando de funcionar apenas como diferencial reputacional e assumindo progressivamente a condição de requisito competitivo, regulatório e comercial nas cadeias globais de valor agroalimentares.

2.2 A transformação da sustentabilidade em requisito de mercado

A crescente integração dos mercados internacionais de alimentos intensificou significativamente a incorporação de critérios ambientais às dinâmicas de comércio global, especialmente em setores associados ao uso intensivo de recursos naturais, como o agronegócio e a indústria alimentícia. Nesse contexto, a sustentabilidade deixou gradativamente de representar apenas uma estratégia reputacional ou voluntária das empresas, passando a integrar os próprios mecanismos de competitividade, regulação e governança dos mercados internacionais.

Feix (2008) argumenta que o fortalecimento das regulamentações ambientais internacionais passou a exercer influência crescente sobre os padrões de comércio global, sobretudo por meio da criação de exigências ambientais capazes de impactar diretamente a competitividade dos produtos agroindustriais. Segundo o autor, políticas ambientais implementadas principalmente por países desenvolvidos passaram a estabelecer padrões produtivos e critérios ambientais que influenciam diretamente as condições de inserção comercial dos países exportadores, especialmente em setores ligados ao agronegócio.

Nesse cenário, questões ambientais passaram a atuar progressivamente como fatores de reorganização competitiva das cadeias produtivas globais. Conforme destaca Feix (2008),

produtos associados a práticas consideradas ambientalmente inadequadas passaram a enfrentar maiores dificuldades de acesso aos mercados internacionais, sobretudo em países caracterizados por maior rigor regulatório e crescente pressão socioambiental. Dessa forma, sustentabilidade e competitividade passaram a apresentar relação cada vez mais próxima no comércio internacional contemporâneo.

A consolidação desse movimento também esteve associada à ampliação da adoção de normas internacionais de gestão e sustentabilidade pelas empresas agroindustriais. Araújo e Mendonça (2009), ao analisarem o processo de implantação de normas de sustentabilidade empresarial em uma agroindústria frigorífica de bovinos, destacam que a adequação às certificações internacionais passou a ser percebida pelas empresas não apenas como mecanismo de conformidade normativa, mas como instrumento de fortalecimento competitivo diante das exigências crescentes dos mercados consumidores. Segundo os autores, as organizações passaram a ampliar seus investimentos em sistemas integrados de gestão ambiental, qualidade, saúde ocupacional e responsabilidade social como forma de atender às novas demandas relacionadas à sustentabilidade empresarial e à pressão exercida por consumidores, instituições regulatórias e agentes do comércio internacional.

Além disso, Araújo e Mendonça (2009) ressaltam que a implantação simultânea de normas como ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e SA 8000 contribuiu para fortalecer mecanismos de padronização produtiva, monitoramento de processos, gestão ambiental e controle organizacional, ampliando a capacidade das empresas de responder às exigências impostas pelos mercados internacionais. Os autores argumentam ainda que a incorporação dessas normas passou a integrar estratégias empresariais de melhoria contínua, rastreabilidade e governança corporativa, associando sustentabilidade à eficiência operacional e à competitividade internacional das organizações agroindustriais.

Nesse contexto, a sustentabilidade passou gradativamente a assumir função estratégica nas cadeias globais de alimentos, especialmente por meio da ampliação de mecanismos de certificação, rastreabilidade e controle produtivo. Martinelli (2013) destaca que os mercados internacionais alimentares passaram a operar sob mecanismos crescentes de padronização, controle sanitário, certificação e rastreabilidade, impulsionados tanto por transformações econômicas quanto pela ampliação das preocupações relacionadas à segurança alimentar, sustentabilidade e qualidade dos produtos. Segundo o autor, esse processo contribuiu para ampliar o poder regulatório exercido por grandes mercados consumidores, redes varejistas e organismos internacionais sobre as cadeias globais de alimentos.

Martinelli (2013) argumenta ainda que os mecanismos regulatórios internacionais passaram a incorporar progressivamente critérios ambientais, sanitários e tecnológicos como instrumentos de coordenação das cadeias agroalimentares globais. Dessa forma, padrões relacionados à rastreabilidade, transparência produtiva, certificações e controle da origem dos produtos passaram a exercer influência direta sobre a competitividade internacional das empresas e países exportadores, ampliando a importância de sistemas de governança capazes de garantir conformidade ambiental e padronização produtiva.

Esse processo tornou-se particularmente evidente na cadeia global da proteína animal. Silva (2023), ao analisar os padrões de sustentabilidade aplicados ao comércio internacional de carne bovina, destaca que as crescentes pressões ambientais internacionais sobre o agronegócio brasileiro estão diretamente relacionadas às preocupações globais envolvendo desmatamento, mudanças climáticas e rastreabilidade territorial da produção pecuária. Segundo a autora, mercados consumidores passaram a exigir mecanismos mais rigorosos de controle socioambiental e comprovação da origem dos produtos agropecuários, ampliando a importância de auditorias ambientais, certificações e sistemas de monitoramento produtivo.

Silva (2023) ressalta ainda que tais exigências passaram a influenciar diretamente as estratégias empresariais das companhias exportadoras, impulsionando investimentos em compliance, rastreabilidade, monitoramento territorial e governança socioambiental. Nesse cenário, mecanismos de controle produtivo e transparência da cadeia de fornecedores passaram a representar instrumentos estratégicos para manutenção da competitividade internacional e preservação do acesso aos mercados consumidores mais exigentes.

Dessa forma, observa-se que a sustentabilidade passou por um processo de transformação estrutural no comércio internacional de alimentos, deixando progressivamente de atuar apenas como elemento reputacional e assumindo papel estratégico nas dinâmicas de competitividade, governança e acesso aos mercados globais. Em consequência, exigências ambientais, mecanismos de rastreabilidade e padrões internacionais de conformidade passaram a representar elementos centrais para inserção competitiva das empresas nas cadeias globais de valor agroalimentares.

2.3 EUDR e as novas barreiras ambientais no comércio internacional

O avanço das agendas ambientais internacionais e o fortalecimento das políticas climáticas globais intensificaram significativamente a criação de mecanismos regulatórios voltados ao controle das cadeias produtivas associadas ao desmatamento e à degradação

ambiental. Nesse contexto, a União Europeia passou a desempenhar papel central na formulação de regulamentações ambientais aplicadas ao comércio internacional, ampliando exigências relacionadas à rastreabilidade, transparência produtiva e comprovação da origem sustentável de produtos agropecuários.

Entre essas iniciativas, destaca-se o Regulamento Europeu para Produtos Livres de Desmatamento (European Union Deforestation Regulation – EUDR), aprovado em 2023, que estabelece critérios rigorosos para a comercialização de produtos associados ao desmatamento no mercado europeu. O regulamento determina que commodities como carne bovina, soja, madeira, café, cacau, óleo de palma e derivados somente poderão ingressar no mercado da União Europeia mediante comprovação de que não estejam vinculadas a áreas desmatadas após 31 de dezembro de 2020. Embora o marco temporal para o desmatamento tenha permanecido inalterado, o cronograma de implementação do regulamento foi posteriormente revisado pela União Europeia, passando a prever sua aplicação a partir de 30 de dezembro de 2026 para operadores de grande e médio porte e de 30 de junho de 2027 para micro e pequenas empresas.

Nesse cenário, a rastreabilidade passou a assumir papel central nos mecanismos de governança do comércio internacional agroalimentar. Denny et. al (2024) destacam que a EUDR amplia significativamente as exigências relacionadas ao monitoramento territorial da produção pecuária, exigindo sistemas capazes de comprovar a origem geográfica dos produtos e identificar potenciais vínculos com áreas de desmatamento ilegal. Segundo os autores, o regulamento representa uma transformação estrutural nas exigências de acesso ao mercado europeu, deslocando a sustentabilidade de uma lógica predominantemente reputacional para uma condição objetiva de inserção comercial internacional.

Além disso, Denny et. al (2024) argumentam que a implementação da EUDR intensifica a necessidade de adoção de mecanismos tecnológicos de rastreabilidade ao longo de toda a cadeia pecuária, incluindo monitoramento geoespacial, due diligence socioambiental, integração de bases territoriais e sistemas digitais de controle produtivo. Nesse contexto, a rastreabilidade deixa de representar apenas instrumento de gestão logística ou segurança alimentar e passa a atuar como infraestrutura estratégica de governança comercial e conformidade regulatória internacional.

Os autores ressaltam ainda que a nova regulamentação europeia amplia significativamente as responsabilidades das empresas exportadoras em relação ao controle da cadeia de fornecedores, incluindo fornecedores indiretos, tradicionalmente apontados como um dos principais desafios da pecuária bovina brasileira. Dessa forma, frigoríficos e empresas exportadoras passam a enfrentar crescente pressão para implementar sistemas mais robustos de

monitoramento territorial, auditoria socioambiental e transparência produtiva, capazes de garantir conformidade com os critérios estabelecidos pela legislação europeia.

Além das implicações ambientais, a EUDR também intensifica debates relacionados às assimetrias competitivas no comércio internacional. Denny et. al (2024) destacam que os elevados custos de adequação tecnológica, rastreabilidade e monitoramento podem ampliar dificuldades de inserção internacional para pequenos produtores rurais e agentes com menor capacidade financeira e tecnológica. Nesse sentido, embora o regulamento seja apresentado como instrumento de combate ao desmatamento global, sua implementação também pode contribuir para aprofundar processos de concentração econômica e exclusão produtiva nas cadeias agroalimentares internacionais.

Sob essa perspectiva, a EUDR pode ser interpretada simultaneamente como mecanismo de governança ambiental e como nova barreira regulatória no comércio internacional contemporâneo. Ao exigir padrões rigorosos de rastreabilidade, conformidade territorial e due diligence ambiental, o regulamento amplia o poder regulatório exercido por grandes mercados consumidores sobre as cadeias globais de valor agroalimentares, influenciando diretamente as estratégias produtivas, tecnológicas e comerciais das empresas exportadoras.

No caso brasileiro, os impactos tornam-se particularmente relevantes para a cadeia da carne bovina, devido à forte associação internacional entre expansão pecuária, desmatamento e emissões de gases de efeito estufa. Nesse contexto, empresas inseridas no comércio internacional passaram a ampliar investimentos em rastreabilidade, monitoramento territorial, compliance ambiental e governança da cadeia de fornecedores como forma de preservar competitividade internacional e garantir acesso aos mercados consumidores mais exigentes.

Esse movimento é aprofundado no estudo de Dürr et. al (2026), que interpreta a EUDR como um mecanismo de “teleacoplamento dos sistemas de governança” (telecoupling of governance systems). Segundo os autores, fluxos internacionais de commodities conectam sistemas produtores e consumidores geograficamente distantes, fazendo com que mudanças regulatórias implementadas em grandes mercados importadores produzam impactos diretos sobre os sistemas institucionais, produtivos e regulatórios dos países exportadores.

A partir dessa perspectiva, o regulamento europeu deixa de representar apenas uma política ambiental regional e passa a atuar como instrumento de influência normativa internacional. O estudo argumenta que, diante da incapacidade ou insuficiência dos mecanismos domésticos de controle ambiental em determinados contextos, mercados consumidores passaram a utilizar instrumentos regulatórios aplicados às cadeias globais de suprimento para induzir adaptações produtivas nos países exportadores. Dessa forma, a União

Europeia busca influenciar diretamente práticas produtivas associadas ao risco de desmatamento, especialmente nas cadeias da carne bovina e da soja brasileiras.

Dürr et. al (2026) destacam que esse processo tende a ampliar significativamente a importância de mecanismos de rastreabilidade, monitoramento geoespacial, certificações ambientais, transparência produtiva e integração de bases de dados territoriais. Nesse cenário, empresas exportadoras passaram a acelerar investimentos em sistemas de due diligence, auditorias ambientais e monitoramento da cadeia de fornecedores, uma vez que a permanência nos mercados internacionais mais exigentes depende crescentemente da capacidade de comprovação da conformidade socioambiental da produção.

O estudo também evidencia que os impactos da EUDR ultrapassam a esfera empresarial e passam a influenciar os próprios mecanismos nacionais de governança ambiental. Segundo os autores, a regulamentação europeia tende a pressionar governos e instituições domésticas a fortalecer instrumentos públicos de controle territorial, fiscalização ambiental e rastreabilidade produtiva, especialmente em setores associados ao desmatamento. No caso brasileiro, esse processo envolve discussões relacionadas ao fortalecimento do Cadastro Ambiental Rural (CAR), integração de sistemas de monitoramento, ampliação da transparência fundiária e desenvolvimento de plataformas nacionais de rastreabilidade.

Ao mesmo tempo, o artigo ressalta que a implementação da EUDR também produz tensões políticas, econômicas e institucionais. Diversos atores brasileiros entrevistados na pesquisa classificaram o regulamento como uma medida unilateral e potencialmente protecionista, sobretudo em razão dos elevados custos de adaptação exigidos das cadeias produtivas exportadoras. Entre os principais desafios identificados estão os custos associados à implementação de sistemas completos de rastreabilidade, reorganização logística das cadeias, adequação tecnológica e dificuldades de inclusão de pequenos produtores nos novos mecanismos de conformidade ambiental.

Além disso, a pesquisa de Dürr et. al (2026) aponta que a efetividade da regulamentação depende da articulação entre mecanismos privados de governança corporativa e políticas públicas nacionais de controle ambiental. Embora o Brasil possua instrumentos relevantes, como o Código Florestal, a Moratória da Soja e acordos setoriais relacionados à pecuária, persistem fragilidades relacionadas à fiscalização, validação de dados territoriais e monitoramento indireto das cadeias produtivas.

Outro aspecto relevante discutido no estudo refere-se ao chamado “Brussels Effect”, conceito associado à capacidade regulatória da União Europeia de difundir padrões normativos internacionalmente em função de seu peso econômico e comercial. Nesse contexto, existe a

possibilidade de que outros mercados consumidores passem futuramente a adotar instrumentos semelhantes de due diligence ambiental, ampliando ainda mais a relevância estratégica da rastreabilidade e da conformidade socioambiental nas cadeias globais de alimentos.

Dessa forma, observa-se que o avanço das regulamentações ambientais internacionais não apenas intensificou as exigências de sustentabilidade aplicadas ao comércio global de alimentos, mas também passou a reconfigurar os próprios mecanismos de governança, competitividade e inserção comercial internacional. Mesmo com o adiamento do cronograma de implementação da EUDR, seus requisitos permanecem inalterados, preservando a tendência de fortalecimento das exigências de rastreabilidade e conformidade socioambiental discutidas ao longo deste capítulo. Em consequência, instrumentos como rastreabilidade territorial, transparência produtiva, certificações ambientais e sistemas de due diligence passaram a representar elementos centrais para permanência competitiva das empresas nos mercados globais mais exigentes.

2.4 Impactos das exigências internacionais sobre a indústria alimentícia brasileira

Nesse contexto, observa-se que as novas regulações internacionais voltadas às cadeias produtivas livres de desmatamento passaram a exercer influência crescente sobre a organização produtiva e competitiva da indústria alimentícia brasileira. A implementação da European Union Deforestation Regulation (EUDR) e da legislação britânica sobre cadeias livres de desmatamento evidencia uma mudança estrutural nos mecanismos de governança do comércio internacional agroalimentar, ao ampliar a incorporação de critérios ambientais, sistemas de rastreabilidade e mecanismos obrigatórios de due diligence nas relações comerciais globais.

Segundo o estudo de Oliveira (2024), tais regulações buscam reduzir o desmatamento associado à produção de commodities agrícolas por meio da exigência de comprovação de origem sustentável e conformidade ambiental para produtos comercializados nos mercados europeu e britânico. Dessa forma, commodities como carne bovina, soja, café, cacau, óleo de palma e madeira passaram a enfrentar novas exigências relacionadas à rastreabilidade territorial, monitoramento da cadeia produtiva e verificação de conformidade ambiental.

O estudo destaca que essas medidas representam não apenas instrumentos ambientais, mas também mecanismos de governança econômica capazes de redefinir padrões de competitividade internacional. Isso ocorre porque grandes mercados consumidores passam a exercer influência regulatória direta sobre cadeias globais de valor, condicionando o acesso aos seus mercados ao cumprimento de requisitos ambientais cada vez mais rigorosos. Nesse

cenário, empresas exportadoras brasileiras passaram a ampliar investimentos em tecnologias de monitoramento territorial, sistemas de rastreabilidade, certificações ambientais e mecanismos de compliance socioambiental.

Entretanto, os impactos dessas exigências não ocorrem de forma homogênea entre os diferentes segmentos do agronegócio brasileiro. O artigo demonstra que setores com maior integração aos mercados internacionais e maior adoção prévia de padrões voluntários de sustentabilidade apresentam melhores condições de adaptação às novas exigências regulatórias. O setor cafeeiro, por exemplo, apresentou elevado potencial de conformidade devido à ampla participação das exportações no mercado europeu, à baixa associação com desmatamento e à elevada cobertura de certificações ambientais.

Por outro lado, a cadeia da carne bovina foi identificada como o segmento com maiores desafios de adaptação. Isso decorre da forte associação histórica entre expansão pecuária e desmatamento no Brasil, especialmente na Amazônia, além da complexidade da rastreabilidade envolvendo fornecedores indiretos, fragmentação produtiva e limitações dos sistemas atuais de monitoramento. Oliveira (2024) aponta que aproximadamente 61,2% da área desmatada associada à expansão agropecuária brasileira entre 2005 e 2018 esteve relacionada à pecuária bovina, tornando o setor particularmente vulnerável às novas exigências internacionais.

A soja também ocupa posição relevante nesse processo, especialmente devido à forte presença brasileira no mercado internacional. Apesar da elevada capacidade exportadora e maior concentração produtiva, o setor ainda enfrenta dificuldades relacionadas à ampliação da rastreabilidade completa da cadeia produtiva e à expansão indireta do desmatamento em regiões do Cerrado e da Amazônia. Já setores como cacau e café, embora apresentem menor associação ao desmatamento, enfrentam desafios ligados à elevada participação de pequenos produtores, que frequentemente possuem menor capacidade financeira e tecnológica para implementação dos sistemas exigidos de rastreabilidade e conformidade ambiental.

Além dos impactos econômicos e operacionais, o estudo também aponta potenciais efeitos estruturais decorrentes dessas regulações internacionais. Entre eles, destaca-se o risco de segmentação dos mercados globais, com a formação de cadeias produtivas diferenciadas destinadas especificamente aos mercados mais rigorosos, enquanto produtos sem conformidade ambiental poderiam ser direcionados a países com menores exigências regulatórias. Tal dinâmica evidencia que as regulações ambientais internacionais podem atuar simultaneamente como mecanismos de incentivo à sustentabilidade e como novas barreiras não tarifárias no comércio internacional contemporâneo.

Por fim, os autores ressaltam que a efetividade dessas políticas depende não apenas das exigências impostas pelos países importadores, mas também da articulação com políticas domésticas nos países produtores. No caso brasileiro, a adaptação às novas exigências internacionais tende a demandar investimentos em governança ambiental, ampliação dos sistemas de rastreabilidade, fortalecimento institucional e inclusão de pequenos produtores nos mecanismos de conformidade ambiental. Dessa forma, a sustentabilidade deixa de representar apenas um diferencial competitivo e passa a constituir elemento central para manutenção da inserção internacional da indústria alimentícia brasileira nas cadeias globais de valor.

2.5 Políticas Públicas e instrumentos de fomentação à inovação no Brasil

Embora as certificações internacionais e os protocolos de governança desempenhem papel central na consolidação da sustentabilidade como vantagem competitiva na indústria alimentícia, sua difusão e efetividade não ocorrem de forma isolada. Ao contrário, esses mecanismos estão inseridos em um contexto institucional mais amplo, no qual políticas públicas e instrumentos de fomento exercem influência decisiva na orientação das práticas empresariais e na viabilização da inovação tecnológica.

Nesse sentido, a atuação do Estado se configura como elemento estruturante para o desenvolvimento de um ambiente favorável à inovação sustentável, seja por meio da criação de marcos regulatórios, da concessão de incentivos fiscais ou do financiamento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I). Em setores caracterizados por cadeias produtivas extensas e complexas, como o alimentício, tais instrumentos se tornam ainda mais relevantes, ao reduzir barreiras de entrada, estimular a adoção de tecnologias emergentes e promover a padronização de práticas alinhadas às exigências socioambientais.

Ademais, a crescente integração do Brasil aos mercados internacionais reforça a importância de políticas públicas que assegurem conformidade regulatória, rastreabilidade e transparência ao longo da cadeia produtiva. Nesse contexto, instituições públicas e mecanismos de incentivo passam a atuar não apenas como reguladores, mas como catalisadores da inovação, contribuindo para a modernização do setor e para o fortalecimento de sua competitividade global.

Diante disso, esta seção tem como objetivo analisar os principais instrumentos de fomento à inovação sustentável no Brasil, com destaque para os incentivos fiscais, as linhas de financiamento público e o papel de instituições como o Ministério da Agricultura e a

EMBRAPA, evidenciando como tais mecanismos contribuem para a transformação estrutural da indústria alimentícia

2.5.1 O papel do Estado na promoção da inovação sustentável

A crescente complexidade dos desafios socioambientais enfrentados pela indústria alimentícia evidencia que a inovação sustentável não emerge exclusivamente das iniciativas privadas, mas depende de um ambiente institucional favorável, no qual o Estado desempenha papel central. Nesse contexto, a atuação estatal ultrapassa a função tradicional de regulador, assumindo também posição estratégica como indutor, financiador e articulador de processos inovativos.

A compreensão do papel do Estado no processo de inovação evoluiu significativamente ao longo das últimas décadas, afastando-se de uma visão limitada de agente regulador para assumir uma posição ativa na indução do desenvolvimento tecnológico. Nesse sentido, a literatura contemporânea destaca que a inovação não surge de forma isolada dentro das firmas, mas resulta da interação entre diferentes agentes econômicos e institucionais.

A abordagem dos sistemas nacionais de inovação, desenvolvida por Freeman (2008), reforça essa perspectiva ao definir a inovação como resultado da articulação entre empresas, universidades, instituições financeiras, marcos regulatórios e governo. Segundo essa abordagem, o desempenho tecnológico e econômico de um país depende da capacidade de coordenação entre esses agentes, formando um ambiente institucional capaz de estimular aprendizado contínuo, desenvolvimento tecnológico e competitividade.

Nesse contexto, o Estado assume papel estratégico não apenas na formulação de políticas públicas, mas também na coordenação e fortalecimento dessas interações. Ao promover investimentos em pesquisa e desenvolvimento, estabelecer marcos regulatórios e incentivar a cooperação entre diferentes atores, o setor público atua como catalisador da inovação, especialmente em setores de maior complexidade tecnológica e relevância social, como a indústria alimentícia.

Essa visão é aprofundada por Mazzucato (2014), ao propor que o Estado deve ser compreendido como um agente empreendedor, responsável por viabilizar investimentos em áreas de elevado risco e incerteza, nas quais o setor privado tende a atuar de forma mais cautelosa. Segundo a autora, grande parte das tecnologias que transformaram a economia contemporânea teve origem em investimentos públicos de longo prazo, frequentemente assumindo riscos que o setor privado não estaria disposto a assumir. Assim, o Estado não apenas

corrige falhas de mercado, mas também cria e molda mercados, direcionando o desenvolvimento tecnológico e a inovação.

No caso da inovação sustentável, esse papel torna-se ainda mais relevante, uma vez que os benefícios associados à adoção de tecnologias limpas e práticas responsáveis frequentemente extrapolam os retornos privados, configurando externalidades positivas para toda a sociedade. Além disso, desafios como mudanças climáticas, segurança alimentar e gestão eficiente de recursos naturais exigem soluções tecnológicas complexas, com altos custos iniciais e retornos de longo prazo. Dessa forma, políticas públicas voltadas à sustentabilidade atuam como mecanismos de alinhamento entre interesses econômicos e socioambientais, estimulando empresas a internalizarem práticas mais eficientes e menos impactantes ambientalmente.

No contexto brasileiro, essa discussão é reforçada por estudos sobre política industrial, que destacam o papel do Estado na construção de capacidades tecnológicas e produtivas. Conforme apontam Ferraz, Paula e Kupfer (2002), o desenvolvimento industrial depende da atuação coordenada de políticas públicas voltadas à inovação, ao aprendizado tecnológico e à redução de gargalos estruturais da economia. Nesse sentido, o investimento público em pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I), aliado à criação de instrumentos de financiamento e incentivos fiscais, torna-se elemento essencial para o fortalecimento da competitividade industrial.

Entre os principais instrumentos de incentivo à inovação no Brasil destaca-se a Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005), que concede benefícios fiscais às empresas que investem em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação. A legislação permite a dedução de parcela significativa dos gastos relacionados à inovação, incluindo despesas com pesquisa, contratação de pesquisadores e desenvolvimento tecnológico, reduzindo o custo das atividades inovativas e estimulando sua incorporação às estratégias empresariais.

Segundo Turchi e Moraes (2017), os incentivos fiscais representam uma das formas mais eficientes de estimular o investimento privado em inovação, uma vez que atuam diretamente sobre a estrutura de custos das empresas, aumentando a atratividade de projetos inovadores. Nesse sentido, a Lei do Bem consolida-se como instrumento relevante para ampliar a competitividade das empresas brasileiras, especialmente em setores intensivos em tecnologia e pressionados por demandas de sustentabilidade, como a indústria alimentícia.

Além dos incentivos fiscais, o financiamento público desempenha papel central no ecossistema brasileiro de inovação. Instituições como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) atuam como agentes fundamentais no suporte a projetos inovadores, oferecendo linhas de crédito,

subvenções econômicas e apoio técnico. Conforme destacam Turchi e Moraes (2017), esses instrumentos tornam-se particularmente importantes em contextos de maior risco tecnológico, nos quais o setor privado tende a subinvestir devido à elevada incerteza associada aos retornos da inovação.

No âmbito da política industrial, o Brasil também implementou diferentes estratégias voltadas ao fortalecimento da capacidade tecnológica nacional, como a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) e o Plano Brasil Maior. Esses programas buscaram incentivar inovação, produtividade e inserção internacional por meio da articulação entre financiamento, incentivos fiscais e políticas de desenvolvimento industrial.

Entretanto, conforme argumentam Turchi e Moraes (2017), um dos principais desafios das políticas de inovação no Brasil reside na fragmentação dos instrumentos e na dificuldade de coordenação entre diferentes agentes públicos e privados. Essa limitação reduz a efetividade das políticas e dificulta a construção de um ambiente sistêmico de inovação, conforme proposto pelas abordagens contemporâneas da literatura econômica.

Além do financiamento direto, o Estado também exerce influência por meio da regulação e da definição de padrões produtivos. Conforme discutido anteriormente a partir de Porter e Van der Linde (1995), regulamentações ambientais podem atuar como indutoras de inovação ao pressionar empresas a desenvolver soluções mais eficientes. No setor alimentício, essa dinâmica se manifesta por meio da exigência de certificações, padrões sanitários, mecanismos de rastreabilidade e critérios de conformidade socioambiental, incentivando a adoção de tecnologias como IoT, blockchain e sistemas integrados de monitoramento.

No contexto da sustentabilidade, esses instrumentos assumem papel ainda mais estratégico. Ao incentivar investimentos em tecnologias limpas, eficiência energética, rastreabilidade e gestão de recursos, as políticas públicas contribuem para alinhar os objetivos econômicos das empresas às demandas ambientais e sociais. Dessa forma, os incentivos à inovação não apenas promovem crescimento econômico, mas também atuam como catalisadores da transição para modelos produtivos mais sustentáveis.

Essa atuação torna-se particularmente relevante na indústria alimentícia brasileira, caracterizada por cadeias produtivas longas, fragmentadas e expostas a riscos socioambientais. A necessidade de garantir segurança alimentar, conformidade sanitária, rastreabilidade de insumos e responsabilidade ambiental exige elevados investimentos em tecnologia e governança, muitas vezes inviáveis sem apoio institucional. Nesse cenário, políticas públicas e instrumentos de fomento contribuem para reduzir assimetrias entre grandes empresas e

pequenos produtores, promovendo maior integração e padronização ao longo da cadeia de suprimentos.

Dessa forma, observa-se que a inovação sustentável no setor alimentício brasileiro não resulta apenas de iniciativas empresariais isoladas, mas de uma interação contínua entre políticas públicas, exigências de mercado e avanços tecnológicos. Ao fomentar investimentos, estabelecer diretrizes e promover coordenação entre os diferentes atores do sistema de inovação, o Estado contribui para a construção de um ambiente favorável à adoção de tecnologias capazes de aumentar a eficiência, a transparência e a sustentabilidade das cadeias produtivas.

2.5.2 O papel das instituições públicas no fomento à inovação sustentável no setor alimentício

A atuação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) representa um dos pilares mais relevantes do sistema de inovação no setor agroalimentar brasileiro. Conforme destacado por estudos sobre a instituição, seu papel vai além da pesquisa científica, abrangendo também a transferência de tecnologia, a capacitação de produtores e a difusão de práticas produtivas mais eficientes e sustentáveis. Ao longo das últimas décadas, a EMBRAPA foi responsável por avanços significativos na produtividade agrícola brasileira, contribuindo para a consolidação do país como uma potência global no setor de alimentos (SANTOS, 2012).

Nesse sentido, a instituição atua como um elo fundamental entre ciência e mercado, promovendo a aplicação prática do conhecimento científico na cadeia produtiva. Sua atuação também se estende à sustentabilidade, com o desenvolvimento de tecnologias voltadas à redução de impactos ambientais, uso eficiente de recursos naturais e adaptação às mudanças climáticas. Esse papel é particularmente relevante em cadeias complexas, como a de proteínas animais, nas quais a rastreabilidade e o controle socioambiental assumem importância crescente.

No campo do financiamento, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) desempenha papel estratégico ao apoiar a modernização da indústria de alimentos. De acordo com estudos do próprio banco, o setor alimentício apresenta características específicas que demandam investimentos contínuos em inovação, especialmente em áreas como automação, controle de qualidade, logística e eficiência produtiva. O apoio do BNDES permite viabilizar projetos de maior escala e intensidade tecnológica, contribuindo

para o aumento da competitividade das empresas brasileiras no mercado internacional (BNDES, 2010).

Além disso, o BNDES também tem ampliado sua atuação em projetos relacionados à sustentabilidade, financiando iniciativas voltadas à redução de emissões, reaproveitamento de resíduos e melhoria da eficiência energética. Esse direcionamento reforça a integração entre inovação tecnológica e sustentabilidade, alinhando o desenvolvimento industrial às demandas ambientais contemporâneas (BNDES, 2009).

Complementarmente, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) atua por meio de instrumentos como a subvenção econômica, que permite o financiamento direto de atividades de inovação nas empresas sem a necessidade de reembolso. Esse modelo é especialmente relevante para a agroindústria, uma vez que reduz os riscos associados ao investimento em novas tecnologias. Conforme destacado por Holanda et al. (2014), os editais de subvenção econômica da FINEP têm se mostrado importantes mecanismos de estímulo à transferência de tecnologia e ao fortalecimento da capacidade inovativa das empresas, especialmente em setores com menor maturidade tecnológica.

No âmbito regulatório, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) exerce papel central na definição de normas sanitárias, certificações e mecanismos de controle da produção alimentícia. De acordo com o relatório do IPEA sobre políticas de apoio à inovação no Brasil, essas regulações funcionam não apenas como instrumentos de controle, mas também como indutores de inovação, ao exigir que empresas adotem padrões mais elevados de qualidade, rastreabilidade e sustentabilidade (TURCHI; MORAIS, 2017).

A exigência de certificações e conformidade com padrões internacionais tem impacto direto sobre a organização da cadeia produtiva, especialmente no setor de carnes, que apresenta elevada inserção no comércio exterior. Nesse contexto, a literatura aponta que a necessidade de atender a requisitos sanitários e ambientais internacionais tem impulsionado investimentos em tecnologias de monitoramento, controle de qualidade e rastreabilidade, criando um ambiente propício à inovação e à modernização do setor.

Dessa forma, observa-se que a atuação conjunta de instituições como EMBRAPA, BNDES, FINEP e MAPA configura um arranjo institucional essencial para o desenvolvimento da inovação sustentável na indústria alimentícia brasileira. Essas entidades não apenas fornecem recursos financeiros e tecnológicos, mas também estabelecem diretrizes, padrões e incentivos que moldam o comportamento das empresas e influenciam a dinâmica competitiva do setor.

2.6 Desafios e Limitações da Inovação Sustentável

Apesar dos avanços observados na incorporação de práticas sustentáveis e no uso de tecnologias emergentes na indústria alimentícia, a implementação da inovação sustentável ainda enfrenta uma série de desafios estruturais, organizacionais e econômicos. Esses entraves evidenciam que a transição para modelos produtivos mais sustentáveis não ocorre de forma linear, exigindo adaptações contínuas por parte das empresas e dos demais agentes da cadeia produtiva. Conforme destacam Kumar et al. (2023), a adoção de práticas sustentáveis em cadeias alimentares envolve múltiplas dimensões, como tecnológicas, institucionais e sociais, tornando o processo de transformação particularmente complexo e dependente de coordenação entre diferentes atores.

2.6.1 *Desafios financeiros e tecnológicos*

Um dos principais obstáculos à inovação sustentável refere-se aos elevados custos de implementação associados às tecnologias emergentes, como Internet das Coisas (IoT), blockchain, inteligência artificial e sistemas avançados de monitoramento e rastreabilidade. Embora essas ferramentas proporcionem ganhos em eficiência, transparência e controle operacional, sua adoção exige investimentos significativos em infraestrutura tecnológica, integração de sistemas, aquisição de equipamentos e capacitação de mão de obra.

Segundo Barbieri et al. (2010), tecnologias voltadas à sustentabilidade frequentemente apresentam custos iniciais elevados, o que pode dificultar sua adoção, especialmente em setores compostos por empresas menores ou com margens operacionais mais pressionadas. De forma complementar, Li et al. (2014) argumentam que cadeias de suprimentos sustentáveis demandam investimentos contínuos não apenas em tecnologia, mas também em processos, governança e mecanismos de controle.

Além do fator financeiro, a própria complexidade tecnológica representa uma barreira relevante. Haleem, Khan e Khan (2019) identificam que a falta de infraestrutura adequada e de conhecimento técnico constitui um dos principais entraves à implementação de sistemas de rastreabilidade nas cadeias alimentares. Nesse contexto, Mahroof, Omar e Kucukaltan (2021) destacam que muitas organizações ainda operam com sistemas fragmentados e estruturas departamentais isoladas, o que reduz a efetividade das soluções digitais e limita o fluxo de informações ao longo da cadeia.

Dessa forma, observa-se que a transformação digital e a sustentabilidade são processos interdependentes e de longo prazo, cuja efetividade depende não apenas da disponibilidade tecnológica, mas também da capacidade das organizações de desenvolver competências analíticas, integrar sistemas e estruturar modelos de governança compatíveis com a complexidade das cadeias globais de suprimentos.

2.6.2 Desafios organizacionais, culturais e institucionais

Além das limitações financeiras e tecnológicas, a inovação sustentável também enfrenta barreiras relacionadas à cultura organizacional e à capacidade de adaptação das empresas. A incorporação de novas práticas sustentáveis exige mudanças nos modelos de gestão, nas rotinas operacionais e na própria lógica de tomada de decisão das organizações.

Conforme argumentam Hall e Clark (2003), a difusão de inovações ambientais envolve processos complexos de aprendizagem organizacional, nos quais fatores como aversão ao risco, resistência cultural e falta de conhecimento técnico podem retardar ou até impedir a adoção de novas soluções. De maneira complementar, Turi et al. (2014) ressaltam que elementos como capacidade gerencial, alinhamento estratégico e maturidade organizacional são determinantes para a competitividade sustentável das cadeias alimentares.

No âmbito institucional, a própria complexidade regulatória também pode atuar como fator limitante. Embora políticas públicas e instrumentos de incentivo sejam fundamentais para estimular a inovação sustentável, a fragmentação de programas, a burocracia e a falta de coordenação entre diferentes órgãos reduzem a efetividade dessas iniciativas. Nesse sentido, Kumar et al. (2023) destacam que barreiras institucionais e regulatórias representam obstáculos relevantes à implementação de modelos sustentáveis, especialmente quando há desalinhamento entre políticas públicas e práticas empresariais.

Além disso, Mahroof et al. (2021) reforçam que as cadeias alimentares são altamente vulneráveis a choques externos, como crises sanitárias, mudanças climáticas e oscilações de demanda. A pandemia da COVID-19 evidenciou fragilidades estruturais relacionadas à coordenação logística, disponibilidade de mão de obra e capacidade de resposta operacional. Esse cenário demonstra que a sustentabilidade não deve ser compreendida apenas sob a ótica ambiental, mas também como capacidade adaptativa e resiliência organizacional.

2.6.3 Desafios da integração e coordenação das cadeias de suprimentos

Outro desafio central da inovação sustentável está relacionado à elevada fragmentação das cadeias de suprimentos alimentares. O setor envolve múltiplos agentes como produtores rurais, processadores, distribuidores, operadores logísticos e varejistas, que operam sob diferentes objetivos econômicos, capacidades tecnológicas e níveis de maturidade organizacional.

Nesse contexto, a implementação de sistemas de rastreabilidade, monitoramento e gestão sustentável depende diretamente da capacidade de integração entre os diferentes elos da cadeia. Conforme Kumar et al. (2023), a adoção da economia circular em cadeias alimentares exige elevado nível de coordenação entre os agentes, sendo a falta de integração um dos principais entraves à implementação de práticas sustentáveis ao longo de toda a cadeia produtiva.

Essa perspectiva é reforçada por Mastos e Gotzamani (2022), que propõem uma visão sistêmica da sustentabilidade nas cadeias de suprimentos alimentares. Segundo os autores, a sustentabilidade depende da interação entre fatores críticos, práticas de gestão e desempenho sustentável, exigindo colaboração, compartilhamento de informações, gestão de riscos e alinhamento estratégico entre os participantes da cadeia.

Dentro dessa lógica, a rastreabilidade emerge como elemento central da coordenação das cadeias alimentares. Bosona e Gebresenbet (2013) definem a rastreabilidade como a capacidade de acompanhar o fluxo de produtos e informações ao longo de toda a cadeia de suprimentos, permitindo maior transparência, controle de qualidade e conformidade regulatória. Além disso, a rastreabilidade contribui para respostas mais rápidas em situações de falhas, contaminações ou recalls, reduzindo perdas e fortalecendo a segurança alimentar.

Entretanto, os próprios sistemas de rastreabilidade enfrentam limitações relevantes. Bosona e Gebresenbet (2013) apontam dificuldades relacionadas à padronização de processos, integração de sistemas e compartilhamento de informações entre os agentes da cadeia. De forma complementar, Haleem et al. (2019) demonstram que a ausência de padrões comuns e a baixa coordenação entre os membros da cadeia dificultam a implementação de sistemas integrados de monitoramento e rastreamento.

No contexto específico da agroindústria, destaca-se ainda o desafio relacionado à inclusão de pequenos produtores nas cadeias sustentáveis. Muitos desses agentes enfrentam limitações financeiras, tecnológicas e informacionais que dificultam sua adaptação às exigências de rastreabilidade, certificação e conformidade socioambiental. Conforme argumentam Li et al. (2014), a gestão sustentável das cadeias alimentares depende da inclusão

de todos os stakeholders, sendo a integração de pequenos produtores um dos principais desafios para a construção de sistemas produtivos mais equilibrados e resilientes.

Além disso, Mahroof et al. (2021) ressaltam que as cadeias alimentares apresentam elevada sensibilidade ao tempo e à perecibilidade dos produtos, o que amplia a complexidade operacional e aumenta a necessidade de coordenação eficiente entre os agentes. Atrasos logísticos, falhas de comunicação ou problemas de integração podem gerar desperdícios em larga escala, impactando simultaneamente a sustentabilidade econômica, ambiental e social das operações.

Dessa forma, observa-se que os desafios da inovação sustentável na indústria alimentícia vão além da dimensão tecnológica, envolvendo fatores econômicos, organizacionais, regulatórios e institucionais profundamente interdependentes. Como sintetizam Turi et al. (2014), a competitividade sustentável das cadeias alimentares depende da capacidade de integrar eficiência econômica, responsabilidade ambiental e coordenação entre os diferentes agentes da cadeia produtiva.

Essa discussão é fundamental para a continuidade do trabalho, uma vez que permite compreender que os avanços observados no setor não ocorrem de forma homogênea. No próximo capítulo, ao analisar o mercado industrial brasileiro e o estudo de caso da JBS, será possível observar como esses desafios se manifestam na prática, influenciando o nível de adoção tecnológica, as estratégias de sustentabilidade e a dinâmica competitiva da indústria alimentícia global.

3 O SETOR AGROINDUSTRIAL BRASILEIRO E A SUSTENTABILIDADE

Embora o objeto central desta pesquisa seja a indústria alimentícia, sua dinâmica não pode ser compreendida de forma isolada. A produção de alimentos integra uma cadeia agroindustrial mais ampla, envolvendo atividades agrícolas, fornecedores de insumos, logística, processamento e distribuição. Por essa razão, este capítulo amplia temporariamente a análise para o contexto do setor agroindustrial brasileiro, buscando compreender os fatores estruturais, tecnológicos, institucionais e regulatórios que condicionam o desempenho da indústria alimentícia.

Conforme discutido no capítulo anterior, a competitividade e a sustentabilidade da indústria alimentícia dependem de fatores que extrapolam os limites das empresas, estando inseridas em um contexto mais amplo de organização das cadeias agroindustriais. Nesse sentido, antes da análise do estudo de caso, torna-se necessário compreender o ambiente estrutural em que a indústria alimentícia brasileira está inserida, bem como sua trajetória recente de desenvolvimento, inovação e inserção internacional.

Para tanto, Sato (1997) realizou uma pesquisa acerca do perfil da indústria de alimentos brasileira, onde foi mostrado como a indústria de alimentos brasileira desempenha um papel crucial na economia nacional, não apenas por sua contribuição significativa ao PIB, mas também por sua capacidade de adaptação e inovação ao longo das décadas. Segundo Sato (1997), entre 1990 e 1995, houve uma notável ampliação na participação de produtos de maior valor agregado, com destaque para os laticínios, onde, durante os anos 1990, a indústria de alimentos brasileira passou por intensas reestruturações, impulsionadas pela abertura de mercados e aumento da competitividade. Esse movimento foi impulsionado pelo aumento da renda real dos trabalhadores após o Plano Real, que elevou o consumo de alimentos processados, impulsionando o crescimento da produção física do setor, do salário médio e da ocupação da capacidade instalada.

Em 1995, a indústria de alimentos, incluindo bebidas, representava 9,23% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Apesar de ser considerada uma indústria de transformação tradicional, seu impacto social é relevante, especialmente na melhoria da capacidade de consumo das camadas de renda mais baixa. Essa evolução reflete a capacidade do setor em responder às mudanças econômicas e sociais, adaptando-se às novas demandas do mercado e investindo em inovação para agregar valor aos seus produtos.

Seguindo nessa lógica, Gouveia (2006) trouxe dados de uma década para frente, onde a indústria de alimentos já era responsável por quase 15% do faturamento do setor industrial,

empregando mais de 1 milhão de pessoas e apresentando um crescimento maior do que o do PIB do país. Entretanto, ao fazer uma análise voltada à inovação no setor, apesar de seguir tendências internacionais na produção, a indústria alimentícia brasileira ainda precisa desenvolver trajetórias mais consistentes na área de inovação, com algumas empresas do setor pecarem na falta de departamentos de P&D, limitando sua capacidade de inovação. Assim, as principais inovações no mercado de alimentos, no ano de 2005, estavam concentradas em insumos, biotecnologia, bens de capital e embalagens, demonstrando pouco interesse na área de sustentabilidade.

Desse modo, a relevância do setor agroalimentar vem mostrando significativo crescimento ao longo das últimas décadas, tanto em participação na economia brasileira, como um agente ativo no desenvolvimento de novas tecnologias e inovação. Um estudo do BNDES (2013) revelou como a indústria de alimentos integra um dos setores mais expressivos da economia brasileira, tanto em termos de geração de valor quanto de participação nas exportações, sendo o chamado Complexo Agroindustrial Brasileiro (CAI) representante de aproximadamente 22% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional e responsável por cerca de 40% das exportações do país. Contudo, apesar de sua relevância econômica, a indústria de alimentos enfrenta dificuldades históricas para promover inovações de caráter disruptivo. O setor tende a operar com baixo grau de ineditismo, ou seja, as inovações realizadas costumam ser novas apenas para a empresa que as implementa, e não necessariamente para o mercado. Entre os fatores que contribuem para esse comportamento estão a rigidez dos hábitos alimentares dos consumidores e a fragilidade dos regimes de apropriabilidade, que dificultam a proteção de inovações por meio de patentes ou outros mecanismos de propriedade intelectual.

Nessa conjuntura, mesmo diante desses obstáculos, existem oportunidades relevantes para o avanço da inovação no setor, estando, o processo de inovação no setor alimentício, fortemente associado à articulação entre os diferentes elos da cadeia produtiva. O estudo aponta que a capacidade das empresas de coordenar ações conjuntas com agricultores, fornecedores de insumos e fabricantes de equipamentos é crucial para a introdução de melhorias técnicas e organizacionais. Dessa forma, a inovação no setor depende menos de esforços isolados e mais da formação de ecossistemas colaborativos. A consolidação de redes de cooperação, inclusive com universidades e instituições de pesquisa, representa um vetor estratégico para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e adaptadas às demandas do mercado contemporâneo.

Desse modo, avançando para um período mais recente no Brasil, segundo a ABIA (2023), o faturamento do setor de alimentos representa 10,8% do PIB nacional, onde 60,9% de

tudo que é produzido pela agropecuária brasileira, por exemplo, é processado pela indústria alimentícia. No total, são 41 mil empresas que compõe o setor, gerando mais de 2 milhões de empregos diretos e formais, além de 8 milhões indiretos, e 73% da produção de alimentos e bebidas (aproximadamente 197 milhões) são destinados ao mercado interno. O país é o maior exportador de alimentos industrializados do mundo em volume, mostrando a relevância do setor, não só para a economia nacional, mas também para os milhões de brasileiros que dependem do fornecimento de alimentos. Ainda segundo a ABIA (2023), 35 milhões de reais são movimentados em investimentos dentro do setor onde, destes, 19,1 bilhões (aproximadamente 54% do total) são destinados a pesquisas e inovação.

Diante disso, A análise da sustentabilidade e da inovação tecnológica na indústria alimentícia brasileira não pode ser dissociada do contexto estrutural mais amplo no qual essa indústria está inserida. Nesse sentido, compreender a trajetória recente da indústria brasileira torna-se fundamental para avaliar as possibilidades e limitações associadas à adoção de tecnologias emergentes, à implementação de práticas sustentáveis e à evolução da competitividade no setor.

Conforme evidenciado por Morceiro (2018), a indústria de transformação brasileira, que desempenhou papel central no processo de industrialização e crescimento econômico ao longo do século XX, passou a apresentar perda significativa de dinamismo a partir da década de 1980. Desde então, observa-se uma redução contínua da participação da indústria no Produto Interno Bruto (PIB), acompanhada por um crescimento inferior ao da economia como um todo, o que caracteriza um processo de desindustrialização.

De acordo com o autor, a participação do valor adicionado da indústria de transformação no PIB brasileiro caiu de aproximadamente 20,7% em 1981 para cerca de 11,8% em 2017, evidenciando uma retração estrutural relevante. Esse movimento não apenas reflete mudanças na composição setorial da economia, mas também sinaliza uma perda de capacidade produtiva e tecnológica, com implicações diretas sobre a competitividade industrial e o potencial de inovação do país.

Um dos aspectos mais críticos desse processo, destacado por Morceiro (2018), é o fato de que a desindustrialização brasileira apresenta características de prematuridade. Diferentemente do observado em economias desenvolvidas (aquelas nas quais a redução da participação da indústria ocorre após elevados níveis de renda e consolidação tecnológica), o Brasil iniciou esse processo ainda em estágio intermediário de desenvolvimento. Essa condição implica que a transição estrutural para setores de serviços ocorreu sem que a indústria tivesse

alcançado níveis robustos de produtividade e inovação, comprometendo a capacidade de geração de progresso tecnológico no longo prazo.

Essa interpretação dialoga diretamente com a discussão teórica apresentada anteriormente neste trabalho, especialmente no que se refere à importância da indústria como motor do crescimento econômico e da inovação. Conforme argumentam autores como Kaldor (1966) e Rodrik (2013), o setor industrial desempenha papel estratégico na difusão tecnológica, no aumento da produtividade e na geração de externalidades positivas para o restante da economia. Dessa forma, a perda de dinamismo industrial observada no Brasil não representa apenas uma mudança estrutural, mas um potencial entrave ao desenvolvimento econômico sustentável.

Outro ponto central destacado por Morceiro (2018) refere-se à estagnação tecnológica da economia brasileira. O autor evidencia que os investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) no país permanecem baixos e praticamente estagnados ao longo das últimas décadas, situando-se em patamares significativamente inferiores aos observados em países desenvolvidos. Essa limitação reduz a capacidade de geração de inovação interna, tornando as empresas mais dependentes de tecnologias externas e menos aptas a desenvolver soluções próprias voltadas à eficiência produtiva e à sustentabilidade.

Além disso, o estudo aponta que a inserção do Brasil nas cadeias globais de valor ocorre de forma predominantemente passiva. Observa-se que setores industriais com maior intensidade tecnológica apresentam elevada dependência de insumos e componentes importados, sem que haja contrapartida equivalente na exportação de produtos de maior valor agregado. Esse padrão de inserção limita a capacidade do país de capturar ganhos associados à inovação, à agregação de valor e à competitividade internacional.

Essa dinâmica está associada ao que o autor denomina de “esgarçamento do tecido industrial”, caracterizado pela redução do adensamento produtivo e pela fragilização das relações intersetoriais. Em termos práticos, isso significa que a indústria brasileira passou a apresentar menor integração entre seus diversos segmentos, com cadeias produtivas mais fragmentadas e maior dependência de fornecedores externos. Esse fenômeno é particularmente relevante no contexto da indústria alimentícia, cuja estrutura produtiva envolve múltiplos elos, desde a produção agrícola até a distribuição final.

Ao conectar essa análise com as discussões desenvolvidas ao longo deste capítulo, observa-se que a adoção de tecnologias emergentes, como IoT e blockchain, pode desempenhar papel estratégico na mitigação dessas fragilidades estruturais. Conforme discutido anteriormente, essas tecnologias permitem ampliar a rastreabilidade, melhorar a governança da

cadeia e reduzir assimetrias de informação entre os agentes. No entanto, sua implementação depende de um ambiente produtivo minimamente integrado e tecnologicamente capacitado, sendo uma condição que pode ser comprometida em contextos de baixa densidade industrial.

Adicionalmente, a fragmentação produtiva e a heterogeneidade estrutural da indústria brasileira dificultam a difusão homogênea de inovações ao longo da cadeia de suprimentos. Como destacado por Morceiro (2018), os diferentes setores industriais apresentam níveis distintos de intensidade tecnológica, produtividade e inserção internacional, o que implica que os impactos da inovação não são uniformes. No caso da indústria alimentícia, essa heterogeneidade se manifesta na coexistência de grandes empresas altamente tecnificadas com pequenos produtores que enfrentam limitações de acesso a capital, tecnologia e informação.

Essa realidade reforça os desafios já discutidos na seção anterior deste trabalho, especialmente no que se refere à integração de fornecedores, à inclusão de pequenos produtores e à necessidade de padronização de processos. A implementação de sistemas de rastreabilidade baseados em tecnologias digitais exige não apenas investimentos em infraestrutura, mas também coordenação entre os diferentes elos da cadeia, tornando-o um processo mais complexo em ambientes produtivos fragmentados.

Por outro lado, a própria existência dessas fragilidades estruturais evidencia a relevância das políticas públicas e dos instrumentos de fomento à inovação discutidos anteriormente. Em um contexto de desindustrialização e baixa intensidade tecnológica, a atuação do Estado torna-se ainda mais importante para estimular investimentos em P&D, promover a modernização produtiva e incentivar a adoção de tecnologias sustentáveis. Instituições como BNDES, FINEP e EMBRAPA, ao fornecerem financiamento, suporte técnico e transferência de tecnologia, contribuem para reduzir as barreiras à inovação e fortalecer a capacidade produtiva do setor.

Do ponto de vista da sustentabilidade, a perda de dinamismo industrial também impõe desafios adicionais. A transição para modelos produtivos mais sustentáveis exige investimentos contínuos em inovação, monitoramento e controle de processos, o que pode ser dificultado em ambientes com restrições tecnológicas e financeiras. Nesse sentido, a sustentabilidade não pode ser analisada apenas como uma questão de conformidade ambiental, mas como parte de uma estratégia mais ampla de desenvolvimento industrial e tecnológico.

Dessa forma, observa-se que a indústria alimentícia brasileira opera em um contexto marcado por contradições: ao mesmo tempo em que enfrenta pressões crescentes por sustentabilidade, transparência e rastreabilidade, também lida com limitações estruturais relacionadas à perda de dinamismo industrial, baixa intensidade tecnológica e fragilidade das

cadeias produtivas. Essa combinação de fatores torna a inovação sustentável tanto uma necessidade quanto um desafio estratégico para o setor.

Dentro do Brasil, é fundamental compreender que o conceito de inovação sustentável no setor agroalimentar, entretanto, não se limita à adoção de tecnologias emergentes ou à melhoria de processos produtivos. Conforme argumentam Horlings e Marsden (2011), o debate contemporâneo sobre sustentabilidade tem evoluído para além de uma abordagem puramente econômica, incorporando dimensões sociais, territoriais e institucionais no processo de desenvolvimento.

Nesse contexto, os autores destacam o papel da chamada bioeconomia, entendida como o conjunto de atividades econômicas que utilizam recursos biológicos e processos naturais como base para a geração de valor econômico, crescimento e desenvolvimento sustentável. Esse paradigma tem ganhado força especialmente no setor agroalimentar, impulsionado por avanços em biotecnologia, engenharia genética e uso intensivo de dados, configurando uma nova fronteira para a inovação no campo.

Contudo, o estudo adota uma postura crítica ao evidenciar que a bioeconomia, embora associada a promessas de sustentabilidade, pode reproduzir lógicas tradicionais de crescimento econômico baseadas na intensificação produtiva e na mercantilização da natureza. Nesse sentido, Horlings e Marsden (2011) associam esse modelo à chamada “modernização ecológica fraca”, caracterizada por soluções tecnológicas que buscam ganhos de eficiência sem necessariamente promover mudanças estruturais nos padrões de produção e consumo.

Essa crítica dialoga diretamente com discussões já apresentadas neste trabalho, especialmente no que se refere ao risco de abordagens superficiais de sustentabilidade, como o greenwashing, e à necessidade de integrar inovação tecnológica com transformações institucionais e organizacionais mais profundas. A simples adoção de tecnologias, portanto, não garante, por si só, a construção de sistemas produtivos sustentáveis.

Em contraposição, os autores apresentam o conceito de ecoeconomia, associado a uma forma mais abrangente de desenvolvimento sustentável, que incorpora a gestão integrada dos recursos naturais, a valorização dos territórios locais e a construção de redes produtivas mais resilientes. Diferentemente da bioeconomia, esse modelo enfatiza a importância de cadeias curtas de produção, da multifuncionalidade do espaço rural e da integração entre dimensões econômicas, sociais e ambientais.

No contexto da indústria alimentícia, essa distinção é particularmente relevante. Enquanto modelos baseados na bioeconomia tendem a privilegiar grandes estruturas produtivas, intensivas em capital e tecnologia, abordagens ecoeconômicas destacam o papel de

arranjos produtivos locais, da agricultura sustentável e da valorização de práticas tradicionais. Essa dualidade evidencia que a inovação sustentável pode seguir diferentes trajetórias, nem sempre convergentes.

Além disso, o estudo ressalta que o desenvolvimento sustentável no setor agroalimentar está profundamente relacionado às dinâmicas territoriais e regionais. Regiões que conseguem integrar recursos naturais, conhecimento local e inovação tecnológica tendem a apresentar maior resiliência frente a choques econômicos e ambientais, reforçando a importância de estratégias de desenvolvimento que considerem as especificidades locais.

Essa perspectiva amplia a compreensão da sustentabilidade ao deslocar o foco de análises exclusivamente centradas na firma para abordagens que consideram o sistema como um todo, incluindo atores públicos, privados e comunidades locais. Nesse sentido, a inovação sustentável passa a ser entendida como um processo coletivo, dependente de coordenação institucional, aprendizagem social e governança multiescalar.

Dessa forma, a discussão proposta por Horlings e Marsden (2011) contribui para enriquecer a análise desenvolvida neste trabalho ao evidenciar que a sustentabilidade na indústria alimentícia não pode ser reduzida a uma questão tecnológica. Trata-se, na verdade, de um processo complexo que envolve disputas de modelos de desenvolvimento, diferentes formas de organização produtiva e distintas visões sobre o papel da natureza na economia.

Assim, ao avançar para o capítulo seguinte, torna-se possível analisar o mercado industrial brasileiro sob essa lente ampliada, observando não apenas o nível de adoção tecnológica, mas também as formas pelas quais empresas, cadeias produtivas e instituições têm respondido às pressões por sustentabilidade. Essa abordagem permitirá compreender, de forma mais crítica e integrada, como a inovação sustentável se materializa no contexto brasileiro e quais são seus limites e potencialidades.

Por fim, a análise desenvolvida nesta seção reforça a importância de compreender o mercado industrial brasileiro como um sistema complexo, no qual fatores econômicos, tecnológicos e institucionais interagem de forma dinâmica. Ao avançar para o próximo capítulo, será possível aprofundar essa discussão, examinando de que maneira essas características estruturais se manifestam na prática, especialmente no contexto da indústria alimentícia e das grandes empresas do setor.

Diante desse contexto, observa-se que os desafios relacionados à inovação, à sustentabilidade e à competitividade da indústria alimentícia decorrem não apenas das decisões individuais das empresas, mas também das características estruturais do ambiente agroindustrial brasileiro.

Compreendidos esses condicionantes, torna-se possível avançar para o estudo de caso da JBS, buscando analisar como uma das maiores empresas do setor alimentício incorporou tecnologias de monitoramento, rastreabilidade e governança para responder às exigências regulatórias e mercadológicas discutidas ao longo deste trabalho. A análise concentra-se no período de 2012 a 2022, permitindo avaliar de que forma essas iniciativas foram incorporadas à estratégia empresarial e quais impactos produziram sobre a sustentabilidade e a competitividade da companhia.

4 ESTUDO DE CASO: JBS E A TRANSFORMAÇÃO SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Diante do cenário de transformação e inovação que tem marcado a indústria alimentícia brasileira nos últimos anos, torna-se pertinente analisar como grandes empresas do setor têm incorporado práticas sustentáveis em suas cadeias produtivas. Neste contexto, a JBS se destaca como uma das maiores companhias do mundo no processamento de proteínas animais, desempenhando papel central tanto na economia nacional quanto no mercado internacional. A empresa tem buscado alinhar seu modelo de negócios com princípios de sustentabilidade, especialmente por meio da adoção de tecnologias de monitoramento e rastreabilidade aplicadas à cadeia de suprimentos.

A seguir, este estudo de caso examina a trajetória da JBS entre os anos de 2012 e 2022, com ênfase em suas estratégias voltadas ao controle socioambiental dos fornecedores, às inovações tecnológicas implementadas e à forma como tais medidas contribuem para o cumprimento de padrões internacionais de sustentabilidade. A análise permitirá compreender como a tecnologia tem sido uma aliada fundamental para garantir conformidade legal, mitigar riscos e manter a competitividade da empresa frente à crescente exigência por práticas responsáveis no setor agroalimentar.

Embora o estudo de caso se apoie, em parte, nos relatórios de sustentabilidade e documentos corporativos divulgados pela JBS, reconhece-se que tais fontes podem apresentar viés de divulgação, uma vez que refletem a perspectiva institucional da própria companhia. Assim, a utilização desses documentos constitui uma limitação metodológica deste estudo, não sendo possível afirmar, a partir desta pesquisa, a efetividade integral das práticas divulgadas pela empresa. Dessa forma, os resultados apresentados devem ser interpretados considerando essa limitação.

4.1 A JBS no contexto da indústria alimentícia global

A JBS consolidou-se como uma das maiores empresas de alimentos do mundo, atuando em diferentes segmentos da proteína animal e mantendo operações distribuídas em diversos países. Seu processo de expansão internacional intensificou-se sobretudo a partir dos anos 2000, sendo marcado por estratégias de fusões e aquisições que ampliaram significativamente sua capacidade produtiva, diversificação operacional e inserção nas cadeias globais de valor agroalimentares. A incorporação de empresas estrangeiras permitiu à companhia expandir sua

presença em mercados estratégicos, especialmente nos Estados Unidos, Europa e Ásia, fortalecendo sua competitividade internacional e consolidando sua posição entre as principais multinacionais do setor alimentício.

Nesse processo, destacam-se aquisições estratégicas como a Swift & Company, nos Estados Unidos, a Pilgrim's Pride, no segmento de aves, além da ampliação das operações da Moy Park na Europa. Essas incorporações permitiram à empresa diversificar sua atuação entre diferentes proteínas, ampliar sua capacidade de processamento e acessar mercados consumidores de elevada relevância internacional. Ao mesmo tempo, a estratégia de internacionalização reduziu parcialmente a dependência do mercado doméstico brasileiro, fortalecendo a presença global da companhia e aumentando sua capacidade de competir em mercados altamente concentrados e regulados.

Segundo Teixeira et. al (2010), a expansão internacional da JBS pode ser compreendida a partir das vantagens competitivas desenvolvidas pela indústria brasileira de carnes no contexto do chamado "Diamante de Porter". Entre os principais fatores destacados pelos autores estão a elevada disponibilidade de recursos naturais, a grande capacidade produtiva do setor pecuário brasileiro, o acesso relativamente competitivo a matérias-primas e a crescente especialização tecnológica e logística da cadeia frigorífica nacional. Esses elementos contribuíram para criar condições favoráveis à internacionalização da empresa e à ampliação de sua competitividade em escala global.

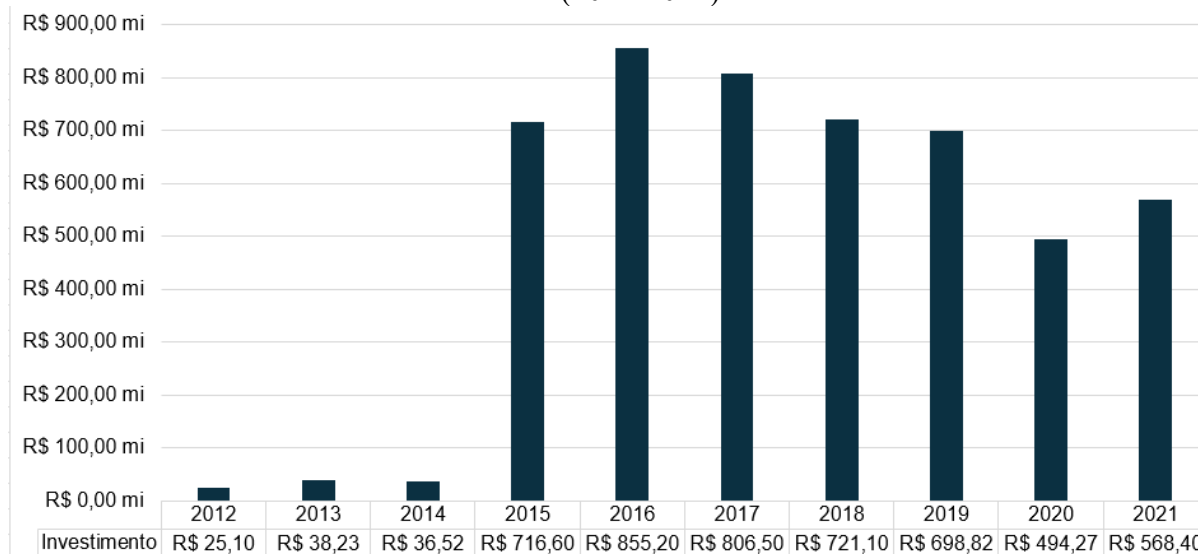
Os autores também argumentam que o movimento de expansão internacional da JBS esteve diretamente relacionado à necessidade de ampliar economias de escala, acessar novos mercados consumidores e superar barreiras comerciais existentes no comércio internacional de alimentos. Nesse sentido, a aquisição de ativos estrangeiros não representou apenas crescimento operacional, mas também uma estratégia voltada à aproximação de centros consumidores estratégicos, redução de custos logísticos e fortalecimento da presença da companhia em mercados com maior valor agregado.

A internacionalização da JBS também refletiu transformações estruturais mais amplas da indústria alimentícia global, caracterizadas pela crescente integração dos mercados, fortalecimento das cadeias globais de suprimento e intensificação das exigências relacionadas à padronização produtiva, segurança alimentar e governança corporativa. A consolidação de grandes multinacionais do setor alimentício passou a ocorrer em um ambiente marcado por elevada competitividade internacional, no qual escala produtiva, eficiência logística, capacidade tecnológica e adaptação regulatória tornaram-se fatores centrais para manutenção da competitividade.

Paralelamente ao processo de expansão internacional, a empresa passou a enfrentar crescente pressão de mercados consumidores, investidores, órgãos regulatórios e organizações ambientais em razão dos impactos socioambientais historicamente associados à cadeia pecuária brasileira, especialmente aqueles relacionados ao desmatamento, emissões de gases de efeito estufa e rastreabilidade de fornecedores. A ampliação da presença internacional da companhia elevou também sua exposição às exigências ambientais e aos mecanismos de governança socioambiental impostos por mercados consumidores mais rigorosos.

Nesse contexto, a sustentabilidade deixou de representar apenas um elemento reputacional e passou gradualmente a ocupar posição estratégica no modelo de negócios da companhia. Os investimentos ambientais passaram a desempenhar papel relevante na manutenção da competitividade internacional, na preservação do acesso a mercados externos e na adequação às novas exigências regulatórias globais, particularmente diante do avanço de mecanismos de governança ambiental como a European Union Deforestation Regulation (EUDR).

Gráfico 1 - Investimentos Ambientais JBS (2012-2021)



Fonte: Elaboração própria a partir de relatórios de sustentabilidade da companhia JBS

Observa-se que os investimentos ambientais da JBS apresentaram crescimento significativo ao longo do período analisado. Entretanto, a interpretação dessa série exige cautela devido às alterações metodológicas realizadas pela companhia na divulgação dos dados. Os valores reportados entre 2012 e 2014 referem-se exclusivamente às operações brasileiras, enquanto a partir de 2015 os relatórios passaram a adotar uma abordagem global de reporte, incorporando gradualmente operações internacionais ao escopo dos indicadores. Adicionalmente, em 2022 a empresa alterou novamente a metodologia de divulgação, substituindo a apresentação de investimentos anuais consolidados por uma carteira de projetos

climáticos vinculados à estratégia Net Zero, divulgados em dólares e com horizonte plurianual de execução. Assim, embora a série permita identificar a crescente relevância atribuída à agenda ambiental pela companhia, as comparações diretas entre determinados períodos devem ser realizadas com ressalvas quanto às diferenças de escopo e metodologia de reporte.

Dessa forma, a trajetória recente da JBS evidencia transformações estruturais mais amplas ocorridas na indústria alimentícia global, marcada pela incorporação crescente de tecnologias de rastreabilidade, monitoramento territorial, compliance socioambiental e governança das cadeias produtivas. Nesse cenário, mecanismos de controle de fornecedores, integração de dados produtivos e monitoramento ambiental passaram a exercer função estratégica não apenas na mitigação de riscos socioambientais, mas também na adaptação das empresas às novas dinâmicas regulatórias e competitivas do comércio internacional contemporâneo.

Ao longo da última década, a JBS ampliou significativamente os investimentos voltados à sustentabilidade, rastreabilidade e modernização tecnológica de suas operações. Diferentemente de uma abordagem limitada à mitigação reputacional, a companhia passou a integrar práticas ambientais e mecanismos de governança às estratégias corporativas de longo prazo.

Esse movimento ocorreu em paralelo ao fortalecimento das exigências internacionais relacionadas à origem sustentável da produção agropecuária, especialmente nos mercados europeu e norte-americano. Em consequência, a empresa passou a direcionar investimentos para sistemas de monitoramento territorial, rastreabilidade da cadeia pecuária, redução de emissões, economia circular, eficiência energética e digitalização logística.

Além disso, os investimentos em sustentabilidade passaram a acompanhar a própria expansão operacional da companhia. À medida que a JBS ampliava sua receita líquida e consolidava presença internacional, cresciam também os recursos destinados à conformidade ambiental, inovação produtiva e fortalecimento dos mecanismos de governança socioambiental.

4.2 Rastreabilidade, monitoramento territorial e governança da cadeia pecuária

A crescente ampliação das exigências internacionais relacionadas à sustentabilidade e ao controle ambiental das cadeias agroalimentares impulsionou transformações significativas nos sistemas de governança da JBS. A intensificação das pressões associadas ao desmatamento na Amazônia, às emissões de gases de efeito estufa da pecuária bovina e à necessidade de maior transparência da cadeia produtiva ampliou a demanda por mecanismos capazes de comprovar

a origem territorial da produção e assegurar conformidade socioambiental perante mercados consumidores, investidores e órgãos regulatórios internacionais.

Nesse contexto, a rastreabilidade deixou de representar apenas um instrumento operacional de controle logístico e passou a assumir função estratégica relacionada à governança corporativa, conformidade regulatória e manutenção da competitividade internacional. Em resposta a esse cenário, a JBS passou a estruturar sistemas mais robustos de monitoramento territorial, verificação socioambiental de fornecedores e controle da cadeia pecuária, incorporando tecnologias de georreferenciamento, imagens de satélite e cruzamento de bases de dados ambientais.

Uma das principais iniciativas desenvolvidas pela companhia foi a implantação do Sistema de Monitoramento e Rastreabilidade da origem da matéria-prima no bioma Amazônico, baseado na utilização de imagens de satélite e sistemas de rastreamento via GPS/GPRS aplicados ao transporte de gado. O sistema passou a coletar e integrar informações relacionadas às propriedades fornecedoras, incluindo localização geográfica, identificação dos proprietários e dados territoriais das fazendas. Essas informações são posteriormente cruzadas com bases ambientais e territoriais, permitindo verificar possíveis ocorrências relacionadas a desmatamento ilegal, invasão de áreas protegidas, embargos ambientais e utilização de trabalho análogo à escravidão.

A partir desse monitoramento, os fornecedores passaram a ser classificados em três categorias distintas: aptos, quando atendem integralmente aos critérios socioambientais estabelecidos pela companhia; alerta, nos casos em que existem pendências passíveis de regularização; e irregulares, quando identificadas infrações ambientais ou inconformidades graves. Essa estrutura de classificação passou a integrar a estratégia de governança socioambiental da empresa, permitindo maior controle sobre a origem da matéria-prima adquirida e reduzindo riscos reputacionais e regulatórios associados à cadeia pecuária.

A efetividade inicial desse sistema pôde ser observada ainda em 2015, quando mais de 2.200 fazendas foram bloqueadas pela companhia devido à identificação de irregularidades relacionadas a desmatamento de florestas nativas, invasão de áreas protegidas ou práticas associadas ao trabalho análogo à escravidão. Esse movimento evidencia como a crescente pressão internacional passou a exigir das empresas do setor alimentício mecanismos mais sofisticados de monitoramento e due diligence socioambiental.

Ao longo dos anos seguintes, a JBS ampliou gradualmente suas iniciativas voltadas à rastreabilidade e ao monitoramento territorial, incorporando mecanismos de cruzamento de bases territoriais, dados ambientais e sistemas de conformidade socioambiental cada vez mais

integrados. Paralelamente, a companhia passou a direcionar esforços ao controle de fornecedores indiretos, considerados um dos principais desafios estruturais da cadeia pecuária brasileira devido à complexidade e fragmentação das relações produtivas.

Nesse contexto, programas de rastreabilidade ampliada e integração de informações passaram a desempenhar papel central nas estratégias corporativas de adequação às novas exigências internacionais. Em 2018, a Friboi, principal marca da companhia no segmento bovino, lançou o Selo da Cadeia de Fornecimento, iniciativa voltada à unificação de protocolos relacionados ao bem-estar animal, sustentabilidade e rastreabilidade, certificados por auditorias externas. A partir dessa estrutura de governança, a companhia também estabeleceu metas relacionadas à eliminação do desmatamento ilegal no bioma Amazônico até 2025 e à ampliação dos mecanismos de controle para os demais biomas brasileiros até 2030, incluindo ações de suporte técnico, monitoramento e recuperação de áreas degradadas junto aos fornecedores parceiros.

Posteriormente, o avanço de regulamentações internacionais mais rigorosas, especialmente a European Union Deforestation Regulation (EUDR), intensificou ainda mais esse processo de adaptação. Conforme discutido anteriormente no referencial teórico, o regulamento europeu ampliou significativamente as exigências de comprovação territorial da produção agropecuária, exigindo sistemas capazes de demonstrar que produtos comercializados não possuem vínculos com áreas desmatadas após dezembro de 2020. Nesse cenário, os mecanismos de rastreabilidade, monitoramento territorial e due diligence socioambiental passaram a representar não apenas instrumentos de sustentabilidade corporativa, mas elementos estratégicos para preservação do acesso aos mercados internacionais e manutenção da competitividade global da JBS.

4.3 Blockchain, transparência produtiva e digitalização da cadeia

Além das verificações geoespaciais e do monitoramento territorial de fornecedores, a JBS passou a ampliar progressivamente seus investimentos em digitalização, integração de dados e transparência da cadeia produtiva, incorporando tecnologias voltadas à rastreabilidade, governança socioambiental e controle operacional. Nesse contexto, a utilização de sistemas digitais e soluções baseadas em blockchain passou a desempenhar papel estratégico na consolidação dos mecanismos de conformidade ambiental e na ampliação da credibilidade das informações disponibilizadas aos consumidores, investidores e órgãos regulatórios.

A adoção dessas tecnologias ocorreu de forma gradual ao longo da década de 2010, acompanhando tanto o avanço das exigências internacionais relacionadas à sustentabilidade quanto o próprio processo de expansão global da companhia. Inicialmente, os investimentos concentraram-se na ampliação da capacidade de monitoramento da cadeia pecuária e na integração de informações produtivas e logísticas. Em 2015, a empresa já mantinha aproximadamente 67 mil fazendas cadastradas em seu sistema comercial no Brasil, integradas ao programa de monitoramento socioambiental da companhia. Naquele ano, análises realizadas a partir do cruzamento de bases territoriais identificaram 2.299 propriedades bloqueadas por irregularidades ambientais e sociais, sendo 1.666 associadas a desmatamento de florestas nativas, invasão de áreas protegidas ou terras indígenas, 521 vinculadas a áreas embargadas pelo IBAMA e 112 relacionadas a trabalho análogo à escravidão.

O fortalecimento desses mecanismos de controle ocorreu paralelamente ao aumento dos investimentos ambientais da companhia. Em 2015, a JBS registrou receita líquida de aproximadamente R\$ 162,9 bilhões e destinou cerca de R\$ 716,4 milhões para iniciativas relacionadas à proteção ambiental, rastreabilidade e gestão socioambiental. Nesse mesmo período, a companhia passou a ampliar sistemas digitais de rastreamento de produtos e integração de informações produtivas em suas operações.

Como parte desse movimento, algumas linhas de produtos passaram a incorporar sistemas de rastreabilidade acessíveis diretamente ao consumidor por meio de QR Codes presentes nas embalagens. A tecnologia permitiu ampliar a transparência sobre informações relacionadas à origem da matéria-prima, localização das fazendas fornecedoras, processos produtivos e padrões de bem-estar animal. Na linha Seara DaGranja, por exemplo, a empresa passou a utilizar recursos associados ao blockchain para registrar informações da cadeia produtiva de forma integrada, permitindo maior segurança e confiabilidade na validação dos dados.

A crescente incorporação dessas ferramentas digitais também fortaleceu a imagem institucional da companhia em iniciativas internacionais relacionadas à preservação ambiental. Em 2015, a JBS foi citada pelo Greenpeace, na campanha “Carne ao Molho Madeira”, como referência na adoção de práticas voltadas ao monitoramento socioambiental da cadeia pecuária na Amazônia.

Nos anos seguintes, a digitalização da cadeia produtiva tornou-se ainda mais abrangente. Em 2016, a companhia informou que todos os seus produtos atendiam às exigências de rotulagem e disponibilização de informações relacionadas à composição, conservação, origem e fabricação. No mesmo período, a participação da empresa no programa “Hambúrguer

Sustentável”, desenvolvido em parceria com o McDonald’s, ampliou as exigências de rastreabilidade ao incluir critérios adicionais relacionados ao monitoramento do gado desde o nascimento, conformidade com indicadores de pecuária sustentável e auditoria independente dos sistemas de controle socioambiental.

Em 2017, a companhia lançou o portal “Conexão JBS”, voltado ao fortalecimento da relação com pecuaristas e fornecedores. A plataforma passou a integrar o chamado “Portal do Pecuarista”, permitindo que produtores acompanhassem gratuitamente sua situação em relação aos critérios socioambientais adotados pela empresa, ampliando a transparência e a integração entre os diferentes agentes da cadeia produtiva.

O avanço das exigências internacionais por rastreabilidade e conformidade ambiental levou a JBS a ampliar ainda mais seus mecanismos de certificação e controle. Em 2018, a Friboi lançou o “Selo da Cadeia de Fornecimento”, reunindo protocolos relacionados à rastreabilidade, sustentabilidade, qualidade operacional e bem-estar animal. O sistema passou a incorporar referências internacionais utilizadas em mercados externos, incluindo normas do British Retail Consortium (BRC), regulamentações europeias de bem-estar animal e exigências internacionais de rastreabilidade. A certificação também passou a envolver auditorias externas periódicas, treinamentos específicos e processos contínuos de verificação de conformidade.

A digitalização das operações produtivas e o fortalecimento da rastreabilidade continuaram avançando nos anos seguintes. Em 2019, a companhia registrou receita líquida de aproximadamente R\$ 204,5 bilhões e investimentos de cerca de R\$ 698,8 milhões em gestão e melhorias ambientais. Paralelamente, a empresa ampliou investimentos em pesquisa, desenvolvimento e integração tecnológica, especialmente nas operações da Seara, que passou a direcionar parte de seus recursos para expansão de sistemas digitais de rastreabilidade e blockchain aplicados à cadeia produtiva.

Em 2020, a JBS aprofundou significativamente a integração entre monitoramento territorial, rastreabilidade digital e governança socioambiental ao lançar a plataforma “Pecuária Transparente”. A iniciativa buscou enfrentar um dos principais desafios estruturais da cadeia pecuária brasileira: o monitoramento de fornecedores indiretos. Utilizando blockchain e cruzamento de bases territoriais, o sistema passou a integrar informações de múltiplos agentes da cadeia produtiva sem comprometer o sigilo de dados comerciais estratégicos.

O funcionamento da plataforma envolve análises de conformidade socioambiental realizadas a partir de dados públicos, imagens de satélite e sistemas de georreferenciamento, verificando potenciais ocorrências de desmatamento ilegal, invasão de áreas protegidas, utilização de áreas embargadas pelo IBAMA e registros relacionados a trabalho análogo à

escravidão. A iniciativa também foi alinhada aos compromissos firmados pela companhia junto ao Ministério Público Federal (MPF), ampliando o controle territorial da cadeia pecuária.

Além da rastreabilidade externa, a digitalização passou a atingir diretamente as operações industriais da companhia. Em 2020, unidades da Friboi implementaram sistemas de controle operacional 100% online e em tempo real, utilizando tablets integrados às linhas de produção. Esses sistemas passaram a registrar desvios críticos automaticamente, gerar alertas operacionais e integrar informações diretamente ao banco de dados do Selo da Cadeia de Fornecimento. Com isso, órgãos regulatórios, auditorias externas e stakeholders passaram a acessar informações produtivas de maneira mais rápida e transparente.

A companhia também ampliou investimentos em automação industrial, integração de plataformas digitais e modernização dos sistemas de controle produtivo, buscando simultaneamente elevar a eficiência operacional e fortalecer os mecanismos de governança socioambiental.

Ao longo desse processo, percebe-se que a digitalização da cadeia produtiva deixou de representar apenas um mecanismo operacional de eficiência e passou a assumir função estratégica de governança, transparência e adequação regulatória. A ampliação das exigências internacionais relacionadas à rastreabilidade territorial, especialmente após o avanço de regulações como a EUDR, reforçou ainda mais a necessidade de sistemas capazes de comprovar a origem da produção agropecuária, monitorar fornecedores indiretos e validar informações ambientais em tempo real.

Nesse contexto, blockchain, integração de bases territoriais, plataformas digitais de monitoramento e sistemas de rastreabilidade passaram a representar instrumentos centrais para preservação da competitividade internacional da JBS, fortalecimento da governança socioambiental e manutenção do acesso aos mercados consumidores mais exigentes.

4.4 Sustentabilidade operacional, economia circular e redução de emissões

Além das iniciativas relacionadas à rastreabilidade e monitoramento socioambiental da cadeia pecuária, a JBS passou a ampliar progressivamente investimentos voltados à sustentabilidade operacional, eficiência produtiva e redução dos impactos ambientais de suas atividades industriais. Ao longo da década de 2010, a companhia incorporou práticas relacionadas à economia circular, reaproveitamento de resíduos, eficiência energética e descarbonização, buscando alinhar suas operações às crescentes exigências ambientais presentes no comércio internacional de alimentos.

Esse movimento ocorreu paralelamente ao fortalecimento das pressões internacionais relacionadas às emissões de gases de efeito estufa da pecuária bovina, ao consumo de recursos naturais e à necessidade de adaptação das cadeias agroindustriais às novas agendas globais de sustentabilidade corporativa. Nesse contexto, a sustentabilidade operacional deixou de representar apenas uma questão de conformidade ambiental e passou a integrar diretamente as estratégias de competitividade, eficiência e governança da companhia.

As primeiras iniciativas concentraram-se principalmente na modernização de processos industriais, melhoria dos sistemas de tratamento de efluentes, redução do consumo de água e energia e ampliação dos mecanismos de gestão de resíduos. Simultaneamente, a empresa passou a estruturar projetos voltados ao reaproveitamento de subprodutos da cadeia frigorífica, buscando reduzir desperdícios e aumentar a eficiência no uso de matérias-primas.

Ao longo dos anos, essas iniciativas evoluíram para modelos mais amplos de economia circular. Nesse cenário, resíduos industriais passaram gradualmente a ser reinseridos em cadeias produtivas complementares, contribuindo para redução de perdas operacionais e melhor aproveitamento econômico dos recursos utilizados nas operações industriais.

Em 2019, a companhia aprofundou esse processo ao ampliar investimentos em gestão ambiental, eficiência operacional e inovação sustentável. Naquele ano, a JBS registrou receita líquida de aproximadamente R\$ 204,5 bilhões e destinou cerca de R\$ 698,8 milhões para iniciativas relacionadas à gestão e melhorias ambientais.

Entre os principais projetos desenvolvidos nesse período destacou-se o “Kind Leather”, lançado pela JBS Couros. A iniciativa foi desenvolvida com foco em ecoeficiência, rastreabilidade e otimização do aproveitamento da matéria-prima na cadeia do couro. O projeto introduziu um novo modelo de processamento que realiza a remoção antecipada de partes com menor aproveitamento econômico, reduzindo significativamente a geração de resíduos sólidos e permitindo o direcionamento desses materiais para outras cadeias produtivas, como as indústrias farmacêutica e alimentícia.

Além da redução de desperdícios, o projeto também fortaleceu os mecanismos de rastreabilidade e controle socioambiental da cadeia do couro. Segundo informações divulgadas pela companhia, o sistema alcançou 100% de rastreabilidade certificada pela Leather Working Group (LWG), envolvendo mais de 90 mil fazendas monitoradas em uma área superior a 590 mil km².

Paralelamente, a JBS também passou a ampliar investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação voltados à sustentabilidade operacional. As operações da Seara, por exemplo, passaram a direcionar entre 1% e 2% do faturamento anual para projetos de

pesquisa e desenvolvimento relacionados à modernização produtiva, digitalização e integração tecnológica.

A partir de 2020, o avanço das agendas internacionais de descarbonização e transição energética intensificou ainda mais os investimentos da companhia em sustentabilidade operacional. Nesse contexto, a empresa passou a fortalecer metas relacionadas à redução das emissões de gases de efeito estufa, ampliação do uso de fontes renováveis de energia e modernização logística.

As estratégias corporativas passaram a incorporar de forma mais explícita objetivos de neutralização de emissões e redução da pegada de carbono das operações industriais e logísticas. Esse movimento ganhou maior relevância diante do aumento das pressões exercidas por investidores, consumidores e órgãos regulatórios internacionais sobre a cadeia global da carne bovina.

Em paralelo, iniciativas relacionadas à logística sustentável passaram a assumir papel estratégico dentro das operações da companhia. Um exemplo desse processo foi a modernização dos sistemas de monitoramento térmico utilizados no transporte refrigerado da Friboi.

Embora sistemas de controle de temperatura já fossem utilizados desde 2013, inicialmente por meio do programa Ecofrotas e de mecanismos tradicionais de monitoramento, a companhia ampliou significativamente essa estrutura em 2022 ao implementar um sistema digital de monitoramento via satélite integrado a QR Codes e armazenamento em nuvem.

A nova tecnologia substituiu os antigos termógrafos descartáveis de papel, plástico e metal utilizados no controle térmico do transporte refrigerado. Com isso, a empresa passou a realizar o acompanhamento em tempo real das condições de temperatura dos caminhões frigorificados, permitindo maior precisão operacional, rastreabilidade logística e resposta imediata a eventuais desvios de padrão térmico.

Além dos ganhos operacionais, a iniciativa gerou impactos ambientais relevantes. Segundo dados divulgados pela companhia, o sistema permitiu eliminar aproximadamente 13,5 toneladas de plástico, 0,6 tonelada de papel e 1,5 tonelada de metal por ano, além de evitar a emissão de cerca de 30 toneladas anuais de CO₂ e reduzir o consumo de aproximadamente 1 milhão de litros de água.

A implementação do projeto ocorreu em parceria com a empresa Opentech, responsável pela integração tecnológica dos rastreadores aos veículos da frota refrigerada. A equipe de qualidade da Friboi passou a atuar diretamente na validação dos equipamentos, monitoramento

das medições e garantia da integridade das informações compartilhadas com clientes e órgãos regulatórios.

Nesse período, a companhia também ampliou investimentos em tecnologias emergentes voltadas à eficiência operacional, automação industrial e integração de dados produtivos. Em 2022, a JBS registrou receita líquida de aproximadamente R\$ 374,9 bilhões, a maior de sua história, consolidando simultaneamente a expansão operacional e os investimentos em modernização tecnológica e sustentabilidade corporativa.

Paralelamente, a empresa reforçou compromissos relacionados à transição energética e redução de impactos ambientais de longo prazo. Conforme divulgado em seu planejamento estratégico, a companhia estabeleceu metas voltadas à conversão gradual do consumo energético para fontes renováveis nas próximas décadas, além de compromissos relacionados à eliminação do desmatamento ilegal na Amazônia até 2025 e expansão desse controle para outros biomas brasileiros até 2030.

Nesse contexto, sustentabilidade operacional, economia circular, eficiência energética e descarbonização passaram a representar elementos centrais das estratégias corporativas da JBS. Mais do que instrumentos de adequação ambiental, essas iniciativas passaram a integrar diretamente os mecanismos de competitividade internacional, fortalecimento da governança corporativa e adaptação às novas exigências regulatórias globais impostas às cadeias agroalimentares.

4.5 Impactos estratégicos dos investimentos ambientais e tecnológicos da JBS

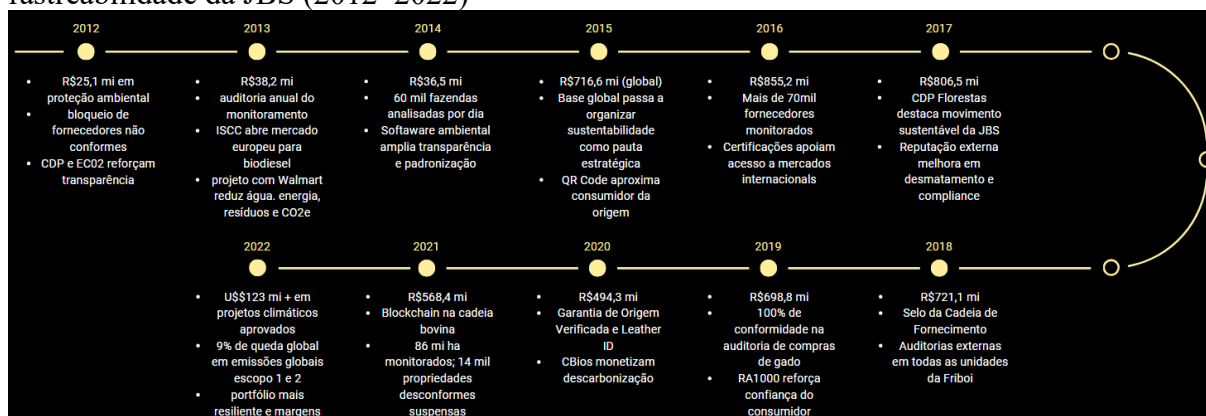
Os investimentos realizados pela JBS em sustentabilidade, rastreabilidade e inovação tecnológica produziram impactos que ultrapassam a dimensão operacional, influenciando diretamente a competitividade internacional da companhia e sua capacidade de adaptação às novas exigências regulatórias globais. Ao longo da última década, a sustentabilidade deixou de representar apenas uma agenda de conformidade ambiental e passou a integrar de maneira estrutural a estratégia competitiva da empresa, especialmente em um cenário marcado pelo aumento das exigências relacionadas à origem da produção agropecuária, desmatamento e governança das cadeias alimentícias globais.

Nesse contexto, observa-se que mecanismos de monitoramento territorial, compliance socioambiental, rastreabilidade e transparência produtiva passaram a atuar como instrumentos estratégicos de manutenção do acesso a mercados internacionais. A crescente incorporação dessas práticas permitiu à companhia ampliar sua adequação às exigências ambientais impostas

por grandes mercados consumidores, sobretudo diante do avanço de regulações como a European Union Deforestation Regulation (EUDR), que amplia significativamente as exigências de comprovação territorial e rastreabilidade das cadeias agropecuárias.

Embora os relatórios corporativos não estabeleçam relações financeiras diretas entre cada investimento ambiental e seus respectivos retornos monetários, os documentos demonstram de forma consistente que tais iniciativas passaram a gerar benefícios estratégicos relevantes para a companhia. Entre os principais impactos identificados destacam-se a mitigação de riscos regulatórios e reputacionais, a manutenção do acesso a mercados internacionais, o fortalecimento da governança corporativa e os ganhos operacionais associados à eficiência produtiva e à economia circular.

Figura 2 - Evolução dos investimentos e das principais iniciativas de sustentabilidade e rastreabilidade da JBS (2012–2022)



Fonte: Elaboração própria a partir de relatórios de sustentabilidade da companhia JBS

A Figura sintetiza os principais marcos relacionados aos investimentos ambientais, à rastreabilidade e à incorporação de tecnologias voltadas à sustentabilidade pela JBS entre 2012 e 2022. A análise da trajetória evidencia que a estratégia da companhia evoluiu progressivamente de mecanismos voltados ao controle socioambiental da cadeia de fornecimento para uma abordagem mais ampla, baseada em transparência, digitalização, governança e descarbonização.

Nos primeiros anos do período analisado, as iniciativas concentravam-se principalmente na mitigação de riscos socioambientais associados à cadeia pecuária. Em 2012 e 2013, destacam-se o fortalecimento dos sistemas de monitoramento territorial, o bloqueio de fornecedores não conformes e a obtenção de certificações capazes de ampliar o acesso a mercados internacionais, como a certificação ISCC da JBS Biodiesel. Em 2014, a expansão do monitoramento para mais de 60 mil fazendas analisadas diariamente demonstra a crescente institucionalização dos mecanismos de controle socioambiental.

A partir de 2015, observa-se uma mudança relevante na escala e na abrangência das iniciativas reportadas pela companhia. O relatório de sustentabilidade daquele ano foi o primeiro elaborado sob uma perspectiva global, refletindo a consolidação internacional da empresa. Entretanto, a própria JBS ressalta que alguns indicadores ainda não contemplavam integralmente todas as operações globais devido às diferenças existentes entre os sistemas de monitoramento das empresas do grupo. Adicionalmente, os relatórios posteriores informam que os indicadores ambientais divulgados entre 2012 e 2014 referiam-se exclusivamente às operações brasileiras. Dessa forma, os valores de investimentos ambientais reportados antes e depois de 2015 não são plenamente comparáveis, exigindo cautela na interpretação de sua evolução ao longo do tempo.

Nesse contexto, os investimentos passaram a ser acompanhados por iniciativas voltadas à aproximação entre sustentabilidade e competitividade internacional. Entre 2015 e 2018, destacam-se a ampliação dos programas de monitoramento de fornecedores, o fortalecimento das certificações ambientais, o reconhecimento externo por organizações como o CDP Florestas e a criação do Selo da Cadeia de Fornecimento da Friboi, que consolidou protocolos relacionados à rastreabilidade, sustentabilidade, bem-estar animal e conformidade regulatória.

Nos anos seguintes, a estratégia da companhia passou a incorporar de forma mais intensa tecnologias digitais aplicadas à governança das cadeias produtivas. O lançamento da Plataforma Pecuária Transparente em 2020 representou um marco nesse processo ao introduzir mecanismos baseados em blockchain voltados ao monitoramento de fornecedores indiretos, um dos principais desafios estruturais da pecuária brasileira. Em 2021, a expansão das áreas monitoradas e o aumento do número de propriedades suspensas por irregularidades reforçaram o papel da rastreabilidade como instrumento de mitigação de riscos regulatórios e reputacionais.

Por fim, a partir de 2022, observa-se uma inflexão na forma como a companhia passou a reportar seus investimentos ambientais. Em substituição à divulgação de uma série anual única de investimentos em reais, os relatórios passaram a enfatizar a agenda Net Zero e a carteira de projetos climáticos aprovados, contabilizados em dólares e estruturados em horizontes plurianuais. Foram divulgados mais de US\$ 123 milhões aprovados para projetos relacionados aos escopos 1 e 2 e mais de US\$ 5 milhões destinados a iniciativas vinculadas ao escopo 3. Essa alteração metodológica limita a comparabilidade direta com os anos anteriores, mas evidencia o reposicionamento estratégico da sustentabilidade, que passa a ser apresentada de forma crescente como vetor de descarbonização, inovação e geração de valor de longo prazo.

Em conjunto, os marcos apresentados na Figura X demonstram que os investimentos ambientais da JBS não seguiram uma trajetória restrita ao cumprimento de exigências

regulatórias. Ao longo da década, sustentabilidade, rastreabilidade e inovação tecnológica passaram gradualmente a integrar as capacidades estratégicas da companhia, tornando-se elementos centrais para a gestão de riscos, o acesso a mercados internacionais e a manutenção de sua competitividade global.

No campo da rastreabilidade socioambiental, os impactos tornam-se particularmente evidentes. Desde 2012, a empresa já operava sistemas de monitoramento territorial baseados em imagens de satélite, cruzamento de bases oficiais do INPE e do IBAMA e bloqueio automático de fornecedores em situação irregular. Em 2014, o sistema monitorava diariamente mais de 60 mil fazendas, cobrindo aproximadamente 87 milhões de hectares. Em 2021, esse número superava 80 mil potenciais fazendas fornecedoras monitoradas diariamente, abrangendo cerca de 86 milhões de hectares e totalizando aproximadamente 14 mil propriedades suspensas por irregularidades socioambientais.

Esses mecanismos passaram a desempenhar papel central na redução da exposição da companhia a riscos associados ao desmatamento ilegal, invasão de áreas protegidas, utilização de áreas embargadas e trabalho análogo à escravidão. Nesse sentido, a rastreabilidade deixou de representar apenas uma ferramenta operacional e passou a constituir um ativo estratégico de proteção reputacional, conformidade regulatória e preservação da licença para operar em mercados internacionais cada vez mais exigentes.

Além da mitigação de riscos, os investimentos ambientais passaram a influenciar diretamente a capacidade de acesso da empresa a determinados mercados consumidores. Os próprios relatórios corporativos associam certificações ambientais, protocolos de rastreabilidade e auditorias independentes à ampliação da inserção internacional da companhia. Em 2013, por exemplo, a certificação ISCC da JBS Biodiesel foi apresentada como mecanismo que permitiu o ingresso no mercado europeu sem restrições. Posteriormente, certificações relacionadas ao Selo da Cadeia de Fornecimento, à rastreabilidade da Friboi e aos protocolos internacionais de bem-estar animal passaram a atuar como instrumentos de adequação às exigências de exportação e às demandas de grandes clientes internacionais.

Sob essa perspectiva, observa-se que parte significativa do valor econômico gerado pelos investimentos ambientais da companhia não se manifesta necessariamente na forma de receitas diretamente atribuíveis a produtos “sustentáveis”, mas sim na preservação e ampliação do acesso a mercados estratégicos. Dessa forma, sustentabilidade e rastreabilidade passaram a funcionar como requisitos competitivos indispensáveis para permanência da companhia em cadeias globais de abastecimento alimentar.

Os investimentos tecnológicos também contribuíram para o fortalecimento da governança corporativa e da transparência produtiva. A incorporação de tecnologias como blockchain, monitoramento geoespacial, inteligência artificial e integração digital de bases territoriais ampliou a capacidade de controle da cadeia de fornecedores e reduziu assimetrias de informação ao longo da cadeia produtiva. A Plataforma Pecuária Transparente, lançada em 2020, exemplifica esse movimento ao buscar ampliar o monitoramento para fornecedores indiretos, historicamente considerados um dos principais desafios estruturais da pecuária brasileira.

A digitalização da cadeia produtiva também produziu impactos operacionais relevantes. Iniciativas relacionadas ao reaproveitamento de resíduos, redução do consumo de água e energia, logística sustentável e economia circular passaram a contribuir para ganhos de eficiência produtiva e redução de desperdícios. Em 2013, por exemplo, a companhia relatou reduções de 21% no consumo de água, 13% no consumo energético, 80% nos resíduos sólidos e 87% nas emissões de CO₂e associadas ao tratamento de efluentes em projetos desenvolvidos em parceria com o varejo. Em 2020, a JBS Biodiesel tornou-se a primeira empresa certificada para comercialização de CBios, emitindo mais de 430 mil créditos equivalentes em emissões evitadas. Já em 2022, os projetos de descarbonização aprovados foram associados à redução estimada de aproximadamente 320 mil toneladas anuais de CO₂e, enquanto as emissões globais dos escopos 1 e 2 apresentaram redução de 9% em relação ao ano anterior.

Apesar dos avanços, o processo também evidencia limitações e desafios estruturais importantes. A rastreabilidade integral da cadeia pecuária, especialmente no que se refere aos fornecedores indiretos, continua sendo um dos principais obstáculos para consolidação de cadeias completamente livres de desmatamento. Da mesma forma, os elevados custos associados à implementação de sistemas de monitoramento territorial, integração tecnológica e adequação socioambiental representam desafios relevantes para expansão da conformidade em larga escala.

Outro ponto relevante refere-se à limitação das próprias métricas corporativas divulgadas pela companhia. Embora os relatórios apresentem grande volume de indicadores operacionais e ambientais, ainda existe baixa transparência quanto à mensuração objetiva do retorno financeiro direto desses investimentos. Em diversos casos, os benefícios econômicos aparecem de forma indireta, associados à mitigação de riscos, manutenção de contratos, proteção reputacional e preservação do acesso a mercados, dificultando a mensuração precisa do retorno sobre os investimentos ambientais realizados.

Além disso, por se tratar de um estudo fundamentado parcialmente em relatórios corporativos, não é possível afastar integralmente o risco de viés de divulgação associado às práticas de greenwashing, conforme discutido por Dauvergne e Lister (2013). Entretanto, a análise realizada neste trabalho não se restringe às declarações institucionais da empresa. Parte das iniciativas descritas encontra respaldo em mecanismos externos de validação, como certificações reconhecidas internacionalmente, auditorias independentes, compromissos firmados com órgãos públicos, a exemplo do Ministério Público Federal, e requisitos regulatórios que exigem evidências objetivas de conformidade socioambiental. Ainda assim, recomenda-se cautela na interpretação dos resultados, reconhecendo que a mensuração dos impactos efetivos dessas iniciativas permanece condicionada à disponibilidade de informações verificáveis e independentes.

Ainda assim, a análise do período entre 2012 e 2022 permite concluir que os investimentos ambientais e tecnológicos da JBS passaram a exercer função estratégica no modelo de negócios da companhia. Mais do que iniciativas isoladas de responsabilidade socioambiental, tais investimentos passaram a constituir instrumentos estruturais de adaptação às transformações regulatórias, tecnológicas e institucionais que vêm reconfigurando o comércio internacional agroalimentar.

Dessa forma, o caso da JBS demonstra como sustentabilidade, inovação tecnológica e governança ambiental passaram a integrar diretamente as estratégias competitivas das grandes empresas da indústria alimentícia global. Em um cenário marcado pelo fortalecimento das exigências relacionadas à rastreabilidade, descarbonização e transparência produtiva, a sustentabilidade deixou de atuar apenas como elemento reputacional e passou a representar um ativo operacional e estratégico indispensável para a competitividade internacional das cadeias agroindustriais contemporâneas.

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o papel da inovação sustentável na indústria alimentícia, investigando de que forma tecnologias emergentes, práticas de sustentabilidade e mecanismos de governança ambiental vêm influenciando a competitividade das empresas inseridas em cadeias globais de valor. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre inovação, sustentabilidade, cadeias de suprimentos alimentares e políticas de incentivo à inovação, complementada por um estudo de caso da JBS, uma das maiores empresas globais do setor de proteínas.

A revisão teórica demonstrou que a inovação sustentável tem assumido papel cada vez mais estratégico na indústria alimentícia, impulsionada tanto pelas exigências regulatórias quanto pelas transformações nos padrões de consumo e pelas crescentes demandas por transparência, rastreabilidade e responsabilidade socioambiental. Nesse contexto, tecnologias como Internet das Coisas (IoT), blockchain, inteligência artificial e sistemas avançados de monitoramento passaram a desempenhar funções essenciais na gestão das cadeias produtivas, ampliando a capacidade de controle, integração de informações e mitigação de riscos.

Entretanto, a literatura também evidenciou que a implementação da inovação sustentável envolve desafios significativos. Custos elevados de adoção tecnológica, dificuldades de integração entre os diferentes elos da cadeia produtiva, limitações organizacionais e a inclusão de pequenos produtores continuam sendo obstáculos relevantes para a consolidação de sistemas alimentares mais sustentáveis. Nesse sentido, observou-se que a competitividade sustentável depende não apenas da disponibilidade de tecnologias, mas também da capacidade de coordenação entre empresas, governos, instituições de pesquisa e demais agentes envolvidos nas cadeias de suprimentos.

A análise do papel do Estado reforçou essa perspectiva ao demonstrar que a inovação sustentável não resulta exclusivamente de iniciativas privadas. Instrumentos de financiamento, incentivos fiscais, políticas industriais e marcos regulatórios exercem papel fundamental na redução dos riscos associados aos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Assim, a atuação estatal contribui para a construção de um ambiente institucional capaz de estimular a adoção de tecnologias sustentáveis e fortalecer a competitividade da indústria alimentícia.

No estudo de caso da JBS, verificou-se que a sustentabilidade passou por uma evolução significativa ao longo do período analisado. Inicialmente associada principalmente à

conformidade ambiental e à mitigação de riscos reputacionais, a agenda socioambiental foi gradualmente incorporada à estratégia corporativa da companhia. Os investimentos realizados em rastreabilidade, monitoramento territorial, certificações, transparência da cadeia produtiva e descarbonização evidenciam esse processo de transformação.

Os resultados obtidos indicam que os investimentos ambientais e tecnológicos da JBS produziram impactos que ultrapassam a esfera operacional. A ampliação dos mecanismos de monitoramento socioambiental, a adoção de tecnologias digitais e o fortalecimento dos sistemas de rastreabilidade contribuíram para reduzir riscos regulatórios e reputacionais, ampliar a capacidade de atendimento às exigências de mercados internacionais e fortalecer a governança corporativa da companhia. Além disso, iniciativas relacionadas à economia circular, eficiência energética e reaproveitamento de resíduos demonstraram potencial para gerar ganhos operacionais e maior eficiência no uso de recursos.

Contudo, a análise também evidenciou limitações importantes. Os relatórios corporativos disponibilizam amplo conjunto de indicadores operacionais e ambientais, mas apresentam menor detalhamento quanto à mensuração dos retornos financeiros diretamente associados aos investimentos em sustentabilidade. Dessa forma, embora seja possível identificar benefícios estratégicos consistentes, não há evidências suficientes para estabelecer relações causais precisas entre investimentos ambientais específicos e indicadores financeiros como rentabilidade, valorização de mercado ou redução do custo de capital.

Ainda assim, os resultados permitem concluir que a sustentabilidade deixou de representar apenas uma dimensão complementar da gestão empresarial e passou a constituir um elemento estratégico para a competitividade da indústria alimentícia contemporânea. Em um ambiente marcado pelo fortalecimento das exigências relacionadas à rastreabilidade, à redução das emissões e à transparência das cadeias produtivas, empresas capazes de integrar inovação tecnológica, governança ambiental e eficiência operacional tendem a apresentar maiores condições de adaptação às transformações regulatórias e institucionais em curso.

Por fim, sugere-se que pesquisas futuras aprofundem a análise quantitativa da relação entre investimentos em sustentabilidade e desempenho econômico empresarial, buscando desenvolver indicadores capazes de mensurar com maior precisão os retornos financeiros associados às estratégias ESG. Também se recomenda a realização de estudos comparativos entre empresas do setor alimentício, permitindo avaliar em que medida diferentes estratégias de inovação sustentável influenciam a competitividade e a inserção internacional das organizações.

Dessa forma, conclui-se que o caso da JBS ilustra uma tendência mais ampla observada na indústria alimentícia global: a sustentabilidade deixou de ser tratada apenas como obrigação regulatória ou instrumento reputacional e passou a integrar, de maneira crescente, os fundamentos estratégicos que sustentam a competitividade das empresas em mercados cada vez mais exigentes e orientados por critérios ambientais, sociais e de governança.

REFERÊNCIAS

- ANA, S. Protecionismo x Ambientalismo: um estudo de caso sobre os padrões de sustentabilidade aplicados no comércio internacional de carne bovina. Repositório Institucional da UFU, Uberlândia, 2023. Disponível em: [Repositório Institucional - Universidade Federal de Uberlândia: Protecionismo x Ambientalismo: um estudo de caso sobre os padrões de sustentabilidade aplicados no comércio internacional de carne bovina](#). Acesso em: 20/01/2026
- ARAÚJO, G. C. de; MENDONÇA, P. S. M. Análise do processo de implantação das normas de sustentabilidade empresarial: um estudo de caso em uma agroindústria frigorífica de bovinos. RAM. Revista de Administração Mackenzie, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 31–56, abr. 2009. <https://doi.org/10.1590/S1678-69712009000200003>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS (ABIA). Números do setor. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.abia.org.br/numeros-setor>.
- BARTELMUS, P. Quantitative Economics: How sustainable are our economies? Dordrecht: Springer Netherlands, 2008. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v2n2.2011.5828>
- BOSONA, T.; GEBRESENBET, G. Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. Food Control, v. 33, n. 1, p. 32–48, set. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.004>
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtores-organicos>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Regularização da Produção Orgânica. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/regularizacao-da-producao-organica>.
- BRCGS. Brand Owners. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.brcgs.com/brand-owners/>.
- CANAL RURAL. JBS cria monitoramento do Bioma Amazônico via satélite. Canal Rural, [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/agricultura/jbs-cria-monitoramento-bioma-amazonico-via-satelite-21960>. Acesso em: 14 nov. 2024.
- CARAYANNIS, E. G.; BARTH, T. D.; CAMPBELL, D. F. The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. Journal of Innovation and Entrepreneurship, v. 1, n. 1, p. 2, 2012. <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>
- CESAR DE OLIVEIRA, S. E. M. et al. The European Union and United Kingdom's deforestation-free supply chains regulations: Implications for Brazil. Ecological Economics, v. 217, p. 108053, mar. 2024. [10.1016/j.ecolecon.2023.108053](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.108053)
- CHRISTENSEN, C. M. The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. Boston: Harvard Business Review Press, 1997.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. p. 49.

DA COSTA, M. C. et al. Non conventional technologies and impact on consumer behavior. Trends in Food Science & Technology, v. 11, n. 4-5, p. 188–193, abr. 2000.
[https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)00052-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)00052-2)

DAUVERGNE, P.; LISTER, J. Eco-business: a big-brand takeover of sustainability. Cambridge: The MIT Press, 2013.

DENNY, D. M. T.; CASTRO, D. de; JESUS, S. dos S. S. Rastreabilidade da carne e o regulamento europeu de desmatamento: desafios à inclusão no comércio internacional. [S.l.: s.n.], 2024. Disponível em: [RASTREABILIDADE DA CARNE E O REGULAMENTO EUROPEU DE DESMATAMENTO: DESAFIOS À INCLUSÃO NO COMÉRCIO INTERNACIONAL](#). Acesso em: 15/11/2025

DIÁRIO DO COMÉRCIO. Friboi implanta sistema de monitoramento de temperatura via satélite. Diário do Comércio, [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/agronegocio/friboi-implanta-sistema-de-monitoramento-de-temperatura-via-satelite/>. Acesso em: 8 maio 2025.

DIAS, M. F. P.; PEDROZO, E. Á. Desenvolvimento sustentável nas inovações tecnológicas da indústria alimentícia brasileira: em qual estágio estamos? Organizações Rurais & Agroindustriais, v. 14, n. 3, 2012. Disponível em: [DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA BRASILEIRA: EM QUAL ESTÁGIO ESTAMOS? | Organizações Rurais & Agroindustriais](#). Acesso em: 17/03/2026

DRUCKER, P. F. Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles. Holanda: Butterworth-Heinemann, 1985.

DÜRR, J.; DIETZ, T.; BÖRNER, J. Telecoupling of governance systems under the EU deforestation regulation: Scenarios for the Brazilian beef and soy value chains. Forest Policy and Economics, v. 185, p. 103725, abr. 2026. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2026.103725>

ELKINGTON, J. Towards the Sustainable Corporation: Win-Win-Win Business Strategies for Sustainable Development. California Management Review, 1994.
<https://doi.org/10.2307/41165746>

FEIX, R. D. Regulação ambiental, competitividade e padrões de comércio internacional no setor do agronegócio. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível em: [Universidade de So Paulo](#). Acesso em: 18/04/2026

FERNANDES GORGULHO, L. et al. A economia da cultura, o BNDES e o desenvolvimento sustentável. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1961/2/BS%2030%20A%20economia%20da%20cultura%2c%20o%20BNDES%20e%20o%20desenvolvimento%20sustent%c3%a1vel_P.pdf. Acesso em: 6 abr. 2026.

FREEMAN, C.; SOETE, L. A Economia da inovação industrial. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

GEREFFI, G.; HUMPHREY, J.; STURGEON, T. The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*, v. 12, n. 1, p. 78–104, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/200465546_The_Governance_of_Global_Value_Chains. <https://doi.org/10.1080/09692290500049805>

GFSI. Home - MyGFSI. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://mygfsi.com/>.

GOUVEIA, F. Indústria de alimentos: no caminho da inovação e de novos produtos. *Inovação Uniemp*, v. 2, n. 5, p. 32–37, dez. 2006. Disponível em: [Inovação Uniemp - Indústria de alimentos: no caminho da inovação e de novos produtos](#). Acesso em: 20/01/2026

HALEEM, A.; KHAN, S.; KHAN, M. I. Traceability implementation in food supply chain: A grey-DEMATEL approach. *Information Processing in Agriculture*, v. 6, n. 3, p. 335–348, set. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.01.003>

HARDIN, J. The Tragedy of the Commons. *American Association for the Advancement of Science*, [S.l.], v. 162, [s.d.].

HART, S. L.; MILSTEIN, M. Creating Sustainable Value. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/229045047_Creating_Sustainable_Value. <https://doi.org/10.5465/ame.2003.10025194>

HOLANDA, S.; ANTÔNIO, M.; PAULA, A. Oportunidade para transferência de tecnologia através de editais de subvenção econômica: o caso da agroindústria da UESC. *Cadernos de Prospecção*, v. 7, n. 3, p. 291–301, set. 2014. Disponível em: [02_2014.v7.n3_11523_UESC em 140928a](#). Acesso em: 18/04/2026

HORLINGS, I.; MARSDEN, T. Rumo ao desenvolvimento espacial sustentável? Explorando as implicações da nova bioeconomia no setor agroalimentar e na inovação regional. [S.l.], v. 13, n. 27, p. 142–178, ago. 2011. <https://doi.org/10.1590/S1517-45222011000200007>

ISCC SYSTEM. Valid Certificates. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.iscc-system.org/certification/certificate-database/valid-certificates/>.

JBS. Plataforma Pecuária Transparente amplia monitoramento socioambiental. Poder360, [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/conteudo-patrocinado/plataforma-pecuaria-transparente-amplia-monitoramento-socioambiental/>. Acesso em: 8 maio 2025.

JBS. Relatórios Anuais e de Sustentabilidade. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.jbs.com.br/sustentabilidade/ras/relatorios/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

KALDOR, N. Causes of the slow rate of economic growth of the United Kingdom. Cambridge: Cambridge University Press, 1966.

KUMAR, A.; SINGH, M.; VERMA, O. P. Adaptation of IoT with Blockchain in Food Supply Chain Management: An Analysis-Based Review in Development, Benefits and Potential Applications. *Sensors*, Basel, v. 22, n. 21, p. 8174, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/21/8174>. Acesso em: 2 maio 2025. <https://doi.org/10.3390/s22218174>

KUMAR, M. et al. Circular economy adoption challenges in the food supply chain for sustainable development. *Business Strategy and the Environment*, v. 32, n. 4, jul. 2022. <https://doi.org/10.1002/bse.3191>

KUPFER, D.; FERRAZ, J. C. Política Industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. *Economia Industrial: fundamentos teóricos e prática no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 545-567. <https://doi.org/10.20396/rbi.v2i2.8648879>

LI, D. et al. Sustainable food supply chain management. *International Journal of Production Economics*, v. 152, p. 1–8, jun. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.04.003>

LOVELOCK, J. E. *Gaia: a new look at life on earth*. Oxford: Oxford University Press, 1979.

MAHROOF, K.; OMAR, A.; KUCUKALTAN, B. Sustainable food supply chains: overcoming key challenges through digital technologies. *International Journal of Productivity and Performance Management*, out. 2021. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-12-2020-0687>

MARTINELLI JÚNIOR, O. O quadro regulatório dos mercados internacionais de alimentos: uma análise de seus principais componentes e determinantes. *Economia e Sociedade*, v. 22, n. 2, p. 521–545, ago. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-06182013000200008>

MASTOS, T.; GOTZAMANI, K. Sustainable Supply Chain Management in the Food Industry: A Conceptual Model from a Literature Review and a Case Study. *Foods*, v. 11, n. 15, 2022. <https://doi.org/10.3390/foods11152295>

MAZZUCATO, M. *O Estado empreendedor*. [S.l.]: Portfolio-Penguin, 2014.

MORCEIRO, P. C. *A indústria brasileira no limiar do século XXI: uma análise da sua evolução estrutural, comercial e tecnológica*. [S.l.: s.n.], [s.d.]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31147.08480>

MUHAMMAD et al. A secure food supply chain solution: blockchain and IoT-enabled container to enhance the efficiency of shipment for strawberry supply chain. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 7, nov. 2023. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1294829>

OCDE. *Manual de Oslo: Diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação*. 4. ed. Paris: OCDE, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agu/pt-br/composicao/cgu/cgu/modelos/cti/consulta/manual-de-oslo-ocde-4a-edicao-2018.pdf/view>.

ONU. *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 12 nov. 2024.

PORTER, M. E.; DER, V. *Global environmental change: responsibilities of multinationals: towards a new conception of the environment-competitiveness relationship*. Seabrook Island: University of South Carolina, 1994.

PORTER, Michael E. *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*. New York: Free Press, 1985.

PROTOCOLO de monitoramento de fornecedores de gado da Amazônia: orientações para produtores e propriedades. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em:

<https://www.jusfazenda.com.br/wp-content/uploads/2021/01/PROTOCOLO-FORNECEDORES-DE-GADO-AMAZONIA-JUSFAZENDA.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.

RAWORTH, K. A safe and just space for humanity: Can we live within the doughnut. Oxfam Policy & Practice: Climate Change and Resilience, v. 8, 2012.

RODRIK, D. Industrial development: stylized facts and policies directions. In: OCAMPO, J. A. (Ed.). Industrial development for the 21st century: sustainable development perspectives. New York: United Nations, 2007. p. 7–28. Disponível em: [Industrial development: Some stylized facts and policy directions](#). Acesso em: 15/09/2025

RODRIK, D. Unconditional convergence in manufacturing. Quarterly Journal of Economics, v. 128, n. 1, p. 165–204, 2013. <https://doi.org/10.1093/qje/qjs047>

RODRIK, D. Premature deindustrialization. Journal of Economic Growth, v. 21, n. 1, p. 1–33, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10887-015-9122-3>

ROMER, P. Endogenous Technological Change. Journal of Political Economy, v. 98, 5. ed., [s.d.].

SANTOS, J. A. M. dos et al. O processo de inovação tecnológica na Embrapa e na Embrapa Agrobiologia: desafios e perspectivas. Perspectivas em Ciência da Informação, v. 17, n. 4, p. 175–194, dez. 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-99362012000400011>

SAP. IIoT: O futuro da produção. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.sap.com/brazil/resources/what-is-iiot>. Acesso em: 19 abr. 2026.

SAP. O que é a Internet das Coisas Industrial (IIoT)? [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.sap.com/brazil/products/scm/industry-4-0/what-is-iiot.html>.

SATO, G. S. Perfil da indústria de alimentos no Brasil: 1990-97. Revista de Administração de Empresas, v. 37, n. 3, p. 56–67, set. 1997. <https://doi.org/10.1590/S0034-75901997000300007>

SCHUMPETER, J. Capitalism, Socialism, and Democracy. New York: Harper & Brothers, 1942.

SIDONIO, L. et al. Inovação na indústria de alimentos: importância e dinâmica no complexo agroindustrial brasileiro. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1512/1/A%20mar37_08_Inova%C3%A7%C3%A3o%20na%20ind%C3%BAstria%20de%20alimentos_P.pdf.

SODEXO; HARRIS INTERACTIVE. Sodexo and Harris Interactive reveal the results of the first international sustainable food barometer. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: <https://www.sodexo.com/news/newsroom/2023/first-international-sustainable-food-barometer>. Acesso em: 11 nov. 2024.

TEIXEIRA, C. H.; DE CARVALHO; FELDMANN, P. R. The international expansion of JBS and a discussion of porter's diamond. Future Studies Research Journal, v. 2, n. 1, p. 175–194, 2010. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2010.v2i1.48>

THOMSON, G. CEO da JBS diz que Blockchain é fundamental para evolução da empresa. Exame, [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://exame.com/future-of-money/blockchain-e-dlts/ceo-da-jbs-diz-que-blockchain-e-fundamental-para-evolucao-da-empresa/>. Acesso em: 8 maio 2025.

TURCHI, L. M.; MORAIS, J. M. de (Ed.). Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil: avanços recentes, limitações e propostas de ações. Brasília: Ipea, 2017. Disponível em: [171103_politicas_de_apoio_a_inovacao.pdf](#). Acesso em: 16/09/2026

TURI, A.; GONCALVES, G.; MOCAN, M. Challenges and Competitiveness Indicators for the Sustainable Development of the Supply Chain in Food Industry. Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 124, p. 133–141, mar. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.469>

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2023/1115 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 31 de maio de 2023. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/LSU/?uri=oj:JOL_2023_150_R_0003.

WANG, Q. et al. Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review. Internet of Things, v. 10, p. 100081, jul. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.100081>

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. Our Common Future. Suffolk: Oxford University Press, 1987.

WORLD ECONOMIC FORUM. The Global Risks Report 2017. 12. ed. Geneva: World Economic Forum, 2017. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2017>. Acesso em: 13 nov. 2024