

ENTRE NORMAS E DADOS: A ARTICULAÇÃO ENTRE CERTIFICAÇÃO E RASTREABILIDADE DIGITAL NA CONSTRUÇÃO DE MERCADOS SUSTENTÁVEIS

FERNANDA NUNES MACIEL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA)

ATHILA LEANDRO DE OLIVEIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA)

GUSTAVO NUNES MACIEL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA)

MOZAR JOSE DE BRITO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA)

PAULO HENRIQUE MONTAGNANA VICENTE LEME
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA)

Agradecimento à órgão de fomento:

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2022/09319-9; 2025/10368-2; 2025/06048-2. Agradecimentos à Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Agritech UFLA pelo apoio técnico e didático.

ENTRE NORMAS E DADOS: A ARTICULAÇÃO ENTRE CERTIFICAÇÃO E RASTREABILIDADE DIGITAL NA CONSTRUÇÃO DE MERCADOS SUSTENTÁVEIS

1. Introdução

A literatura internacional tem abordado os mecanismos que contribuem para práticas mais transparentes e responsáveis nas cadeias agroalimentares, entre os quais se destacam as certificações e os sistemas de rastreabilidade (Gilmour et al., 2019). Tais mecanismos vêm sendo discutidos como parte de um conjunto de estratégias regulatórias, normativas e técnicas que objetivam melhorar a qualidade da produção agroalimentar, assegurar padrões sociais e ambientais e responder às demandas de consumidores e mercados por produtos com atributos verificáveis (Hidayat, Glasbergen, & Offermans, 2015).

As certificações são instrumentos normativos que visam validar o atendimento a determinados critérios de produção, gestão ou comercialização. Tais critérios podem abranger práticas ambientais, padrões sociais e éticos, conformidade sanitária, segurança alimentar ou métodos de rastreamento de origem (Chaparro-Africano, 2019). Entre as certificações mais frequentemente tratadas na literatura estão a Fair Trade, Rainforest Alliance, ISO 14001, UTZ e GlobalG.A.P., cada uma com ênfases distintas quanto ao escopo e ao processo de verificação (Smihunova et al., 2024).

Essas certificações operam como formas de controle simbólico e normativo, promovendo a padronização de práticas agrícolas e comerciais com base em exigências técnicas, sociais e ambientais previamente estabelecidas (Nadezda & Josef, 2021). Ao mesmo tempo, exercem papel estratégico no acesso a mercados e na diferenciação de produtos, especialmente em segmentos voltados à exportação ou a nichos voltados à sustentabilidade (Hidayat, Glasbergen, & Offermans, 2015). Para Gilmour et al. (2019), os sistemas de certificação reforçam expectativas normativas de transparência e responsabilidade, legitimando produtos perante consumidores que buscam garantias quanto à procedência e às práticas envolvidas na produção.

De forma complementar, os mecanismos de rastreabilidade são definidos como sistemas de monitoramento que permitem registrar, acessar e rastrear informações sobre a trajetória de um produto ao longo das etapas de produção, transformação, distribuição e comercialização (Cristofoli et al., 2023). A rastreabilidade envolve o uso de dados documentados, geralmente por meio de tecnologias de informação, com o objetivo de garantir a transparência das operações e facilitar a identificação da origem em caso de crises, desvios de qualidade ou exigências sanitárias (D'Agaro, Rosa & Akentieva, 2021). A adoção de sistemas de rastreabilidade tem sido impulsionada por legislações internacionais, requisitos de exportação e acordos comerciais que demandam maior controle e documentação sobre os fluxos de produtos agroalimentares (Smihunova et al., 2024).

A literatura discute diferentes formas de rastreabilidade: interna, quando limitada a uma organização; externa, quando envolve múltiplos elos da cadeia; e total, quando engloba todas as fases, desde a origem da matéria-prima até o consumidor final (Cristofoli et al., 2023; Gilmour et al., 2019). O grau de rastreabilidade adotado está frequentemente relacionado ao tipo de produto, à complexidade da cadeia e às exigências de mercado, sendo que sistemas mais robustos requerem maior integração tecnológica e padronização de registros (Ganieva, 2019).

O entrelaçamento entre certificações e rastreabilidade vem sendo descrito como um processo crescente de articulação entre normas e sistemas de controle, em que a rastreabilidade opera como suporte técnico-operacional à certificação (Chaparro-Africano, 2019). A verificação das exigências de uma certificação frequentemente depende de registros confiáveis e acessíveis sobre o histórico do produto, o que torna os sistemas de rastreabilidade

componentes estruturantes dos processos de auditoria e conformidade (Hidayat, Glasbergen, & Offermans, 2015).

Além disso, autores como Smihunova et al. (2024) destacam que a rastreabilidade permite que os selos de certificação sejam acompanhados de dados objetivos, auditáveis e atualizados, fortalecendo a credibilidade das informações divulgadas nos rótulos ou nos canais de comunicação com consumidores. A articulação entre esses mecanismos favorece a construção de relações de confiança nas trocas agroalimentares, ao permitir que atributos ambientais, sociais ou sanitários sejam rastreados e verificados ao longo da cadeia (Gilmour et al., 2019).

Nesse sentido, certificações e rastreabilidade vêm sendo tratados como componentes integrados de estratégias de sustentabilidade e governança nas cadeias produtivas agroalimentares. Enquanto as certificações estabelecem os critérios de desempenho e os mecanismos de validação, a rastreabilidade viabiliza o acompanhamento contínuo e sistemático desses critérios, funcionando como um mecanismo de suporte à conformidade normativa e à transparência comercial (Ganieva, Motorin & Gorbachev, 2019).

A literatura também aponta que certificações e rastreabilidade vêm sendo incorporadas em políticas públicas e iniciativas de desenvolvimento rural, com o objetivo de promover a qualificação das cadeias produtivas e ampliar o acesso de produtores a mercados mais exigentes (Olagunju, Angioloni & Canavari., 2025). Segundo D'Agaro, Rosa e Akentieva (2021), essa articulação favorece o alinhamento das práticas locais a padrões globais de sustentabilidade e segurança alimentar, contribuindo para o reconhecimento internacional de produtos agroalimentares e para a valorização de sistemas produtivos com atributos diferenciados.

Com base nesse conjunto de debates, o presente artigo tem como objetivo investigar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, de que maneira as certificações e os mecanismos de rastreabilidade vêm sendo abordados e articulados nos estudos científicos voltados à conformação de mercados agroalimentares sustentáveis e rastreáveis.

Ao reunir as abordagens conceituais sobre certificações e rastreabilidade, o estudo busca oferecer uma sistematização do conhecimento acumulado e apontar como essas práticas vêm sendo concebidas como instrumentos interdependentes no contexto da governança dos sistemas agroalimentares. A revisão não pretende esgotar as interpretações possíveis sobre o tema, mas propor uma análise teórica que contribua para o avanço do campo e para a formulação de futuras investigações sobre os vínculos entre normas, verificação e transparência nas cadeias de produção e distribuição de alimentos.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Certificação

Segundo Smihunova et al. (2024), certificações aplicadas ao setor agroalimentar funcionam como instrumentos técnicos e normativos voltados à indução de práticas sustentáveis nos sistemas produtivos. Elas envolvem parâmetros definidos para controle de qualidade, proteção ambiental e inclusão social. Gulyeva e Lis (2020) argumentam que a gestão da sustentabilidade em organizações alimentares está intrinsecamente ligada à adoção de certificações, que permitem alinhar os processos produtivos às exigências ambientais, sociais e regulatórias. A presença de selos ou auditorias reconhecidas viabiliza maior monitoramento sobre insumos utilizados, descarte de resíduos e condições laborais (Jena & Grote, 2016).

As certificações podem atuar como vetores de mudança organizacional. No estudo de Dragusanu, Montero e Nunn (2022), cooperativas cafezeiras na Costa Rica certificadas pelo Fair Trade apresentaram maior estabilidade econômica, especialmente em contextos de queda nos preços internacionais. Os dados revelaram que essas organizações certificadas obtiveram melhores preços de venda, ampliaram seu volume de transações e reduziram a probabilidade de encerramento de atividades. De forma complementar, Jena e Grote (2016) identificaram que,

na Índia, produtores tribais certificados observaram redução de custos logísticos e aumento da renda, ainda que a maioria permanecesse em condição de pobreza extrema. Em ambos os estudos, os autores destacam que os benefícios foram condicionados por fatores institucionais e pela capacidade de gestão local.

Além do aspecto econômico, a certificação auxilia na incorporação de práticas ambientais. De acordo com Smihunova et al. (2024), a adoção de sistemas como ISO 14001 contribui para a redução de impactos negativos sobre o meio ambiente, ao estabelecer protocolos para uso racional de recursos, controle de emissões e manejo de resíduos. Guliyeva e Lis (2020) complementam afirmando que o cumprimento de normas ambientais certificadas possibilita maior previsibilidade e padronização nos processos agroindustriais, além de estimular o aprendizado organizacional contínuo. Esses sistemas favorecem também o monitoramento de aspectos sanitários e de segurança alimentar, especialmente quando associados às normas ISO 9001 (qualidade) e ISO 45001 (saúde ocupacional), como ressaltado por Smihunova et al. (2024).

A certificação Fairtrade, em particular, tem se mostrado eficaz na estruturação de práticas sustentáveis em comunidades rurais. Jena e Grote (2016) destacam que esse tipo de certificação introduz requisitos claros sobre governança participativa, investimentos coletivos por meio do prêmio social e acesso a canais de capacitação técnica. Dragusanu et al. (2022) reforçam que os impactos da certificação vão além da renda imediata, envolvendo mudanças em rotinas administrativas, engajamento comunitário e fortalecimento da resiliência produtiva. No entanto, os autores alertam que os efeitos podem ser desiguais entre os diferentes perfis de produtores, sendo mais pronunciados entre os proprietários de terras.

Outro tipo de certificação de destaque nos sistemas agroalimentares é a Indicação Geográfica (IG), aplicada sobretudo em produtos com características culturais ou territoriais específicas. No estudo de Almeida et al. (2016), produtores de queijo coalho artesanal no Nordeste brasileiro relataram que a certificação IG contribuiu para a valorização simbólica do produto, a padronização de práticas produtivas e o fortalecimento da identidade regional. O processo de certificação, segundo os autores, estimulou melhorias em higiene, conservação e apresentação do alimento, sem comprometer os saberes tradicionais. A IG demonstrou potencial para proteger produtos artesanais frente à concorrência, ao mesmo tempo em que estruturou processos de formação e conscientização dos produtores.

Experiências internacionais demonstram que a certificação também pode ser impulsionada por políticas públicas. Em regiões da Indonésia, Soetrisno et al. (2020) analisaram a expansão da agricultura orgânica em municípios como Bondowoso, Kediri e Malang, observando que a certificação foi viabilizada por ações governamentais de apoio técnico, difusão de práticas agroecológicas e fortalecimento institucional.

O impacto das certificações também pode ser analisado em relação à cultura organizacional que elas induzem. Smihunova et al. (2024) argumentam que, ao exigir documentação, auditorias internas e registro sistemático de práticas, os sistemas certificadores promovem a institucionalização de rotinas voltadas à melhoria contínua. Essa estrutura favorece o controle gerencial, a prevenção de riscos e o aprendizado institucional, além de fortalecer o vínculo entre os produtores e os padrões normativos adotados. Guliyeva e Lis (2020) acrescentam que as certificações contribuem para tornar as operações mais transparentes e adaptáveis frente às mudanças climáticas, regulatórias ou técnicas, o que amplia a capacidade de resposta das organizações agrícolas.

É então evidenciado na literatura que as certificações agroalimentares atuam como mecanismos de qualificação técnica dos processos produtivos, fomentando práticas ambientalmente responsáveis, socialmente orientadas e operacionalmente mais robustas. Sua efetividade, contudo, depende de fatores como acesso à informação, suporte institucional, grau de associatividade e capacidades locais de gestão. Os estudos convergem ao mostrar que a

certificação, quando bem implementada, favorece a estabilidade, a aprendizagem, a sustentabilidade e a valorização de territórios e saberes, reforçando seu papel nas transformações dos sistemas agroalimentares contemporâneos (Dragusanu et al., 2022).

2.2 Rastreabilidade Digital

A rastreabilidade digital aparece como uma abordagem tecnológica voltada à coleta, registro, transmissão e verificação de dados ao longo das cadeias agroalimentares. Com o uso de sensores, dispositivos móveis, sistemas baseados em IoT (Internet das Coisas), computação em nuvem, inteligência artificial e blockchain, esses sistemas permitem monitorar variáveis ambientais, logísticas e sanitárias de forma contínua (Moroz, 2019). O objetivo é melhorar o controle sobre os processos produtivos, aumentar a disponibilidade de informações verificáveis e viabilizar práticas mais transparentes (Baralla et al., 2021).

Diferentes autores analisam como as tecnologias digitais têm sido aplicadas em contextos agroindustriais para garantir rastreabilidade ao longo da cadeia de valor. No estudo de Costa et al. (2025), sensores conectados em tempo real permitiram monitorar variáveis microclimáticas, como temperatura e umidade, em instalações de produção animal. Embora a detecção de gases como amônia, metano e dióxido de carbono seja relevante para aprimorar o monitoramento ambiental e o bem-estar animal, a integração desses sensores foi planejada para futuras iterações do sistema, a fim de manter a viabilidade econômica inicial. O objetivo geral é impactar diretamente o controle sanitário e a eficiência operacional. Ganieva, Motorin & Gorbachev (2019) também exploram o uso de plataformas digitais para consolidar dados sobre origem, movimentação e processamento de produtos, argumentando que a digitalização contribui para melhorar a comunicação entre os elos da cadeia. Da mesma forma, Bertoglio e Sehnem (2024) mostram que a integração de tecnologias digitais pode ser aplicada tanto na agricultura de precisão quanto no controle logístico, permitindo ajustes operacionais com base em dados atualizados.

Entre as tecnologias frequentemente discutidas, destaca-se a aplicação do blockchain, que oferece uma arquitetura de dados imutável, auditável e distribuída entre os atores da cadeia. Segundo Baralla et al. (2021), essa tecnologia permite registrar de maneira sequencial e segura as transações e eventos da cadeia agroalimentar, reduzindo riscos de adulteração de informações. Moroz (2019) reforçam que o blockchain, ao eliminar a necessidade de intermediários para verificação, pode reduzir custos operacionais e ampliar o acesso à informação entre consumidores, produtores e reguladores. Nadezda & Josef (2021) acrescentam que a rastreabilidade digital baseada em blockchain pode servir como suporte às exigências de sustentabilidade, ao facilitar a verificação de dados sobre origem, práticas de manejo e transporte.

A aplicação de rastreabilidade digital também se relaciona com a necessidade de responder às exigências de segurança alimentar, qualidade e controle sanitário. Kosior (2018) discute o uso de sensores aplicados ao transporte de alimentos perecíveis, com foco na preservação da integridade dos produtos e na redução de perdas. Bertoglio e Sehnem (2024) analisam como a rastreabilidade pode contribuir para sistemas alimentares mais responsivos ao controle de riscos, principalmente em cadeias com múltiplos intermediários. Da mesma forma, Kassahun et al. (2014) argumentam que a padronização de dados em sistemas digitais pode melhorar a interoperabilidade entre organizações, facilitando o compartilhamento e a verificação de informações entre agentes públicos e privados.

Ainda que os potenciais da rastreabilidade digital sejam amplamente reconhecidos, sua adoção enfrenta limites estruturais, técnicos e organizacionais. Ganieva, Motorin & Gorbachev (2019) identificam como principais obstáculos a falta de infraestrutura tecnológica nas zonas rurais, a baixa familiaridade dos produtores com sistemas digitais e a ausência de incentivos para inovação em pequenos empreendimentos. Nadezda & Josef (2021) destacam a importância

da capacitação técnica e da criação de sistemas mais acessíveis, baseados em dispositivos móveis de baixo custo. Bertoglio e Sehnem (2024) sugerem que a adoção efetiva de rastreabilidade digital requer uma articulação entre políticas públicas, soluções escaláveis e iniciativas de desenvolvimento local para ampliar o acesso à tecnologia.

Embora a rastreabilidade digital possa funcionar como um sistema autônomo de monitoramento, diversos estudos apontam sua crescente articulação com processos de certificação em cadeias agroalimentares. Ao permitir o registro automatizado e auditável de informações sobre origem, práticas de manejo, transporte e armazenamento, os sistemas digitais oferecem suporte técnico às auditorias exigidas por esquemas certificadores (Baralla et al., 2021). Moroz (2019) argumentam que a integração entre rastreabilidade digital e certificações pode reduzir a carga burocrática dos processos de verificação, ao tornar os dados acessíveis em tempo real e com maior grau de confiabilidade. Nesse sentido, a rastreabilidade digital não apenas complementa os mecanismos tradicionais de certificação, como também amplia sua efetividade, ao facilitar o acompanhamento contínuo de indicadores-chave e promover maior transparência junto aos consumidores e reguladores. Embora nem todos os sistemas digitais estejam vinculados diretamente a selos ou normas certificadas, sua aplicação pode funcionar como base empírica para validar compromissos assumidos pelas organizações em relação à sustentabilidade, à segurança alimentar e à conformidade regulatória.

3. Metodologia

Este estudo adota uma revisão integrativa de literatura conforme os moldes propostos por Torraco (2016), cuja finalidade é sintetizar criticamente o conhecimento disponível sobre um fenômeno complexo, de modo a integrar contribuições dispersas, identificar lacunas teóricas e propor direções para futuras pesquisas. Diferentemente de revisões sistemáticas com escopo estritamente delimitado, a revisão integrativa permite o diálogo entre diferentes tipos de abordagens metodológicas e perspectivas analíticas, favorecendo uma compreensão mais abrangente da temática investigada. O delineamento metodológico desta pesquisa foi estruturado em três etapas sequenciais: (1) definição dos procedimentos de busca e recuperação dos estudos; (2) aplicação dos critérios de inclusão e exclusão; e (3) realização da análise semântica do conteúdo dos artigos selecionados.

Para identificar os estudos relevantes, realizou-se uma busca bibliográfica nas bases Web of Science (WOS) e Scopus, reconhecidas por sua abrangência e rigor na indexação de publicações científicas. A estratégia de busca foi construída com base em descritores combinados por operadores booleanos conforme a seguinte string: *TS=("certification" OR "certifications" OR "eco-label" OR "sustainability standards" OR "Fair Trade" OR "ISO 14001" OR "Organic certification" OR "Rainforest Alliance" OR "GlobalG.A.P." OR "UTZ") AND ("traceability" OR "digital traceability" OR "supply chain transparency" OR "blockchain" OR "IoT" OR "digital technology" OR "information system" OR "smart farming") AND ("agri-food" OR "agriculture" OR "food supply chain" OR "agribusiness" OR "food system") AND ("sustainability" OR "sustainable market*" OR "market governance")*.

Na Web of Science, a aplicação da *string* de busca resultou inicialmente em 48 documentos. Após o filtro por tipo de publicação (selecionando apenas artigos e artigos de revisão), o número foi reduzido para 36 trabalhos. A seguir, aplicou-se o critério de acesso aberto, o que restringiu o corpus a 24 artigos. Na Scopus, foram encontrados 59 registros inicialmente; após aplicação dos mesmos filtros (tipo de documento e acesso aberto), restaram 19 artigos.

Com a junção dos resultados das duas bases e a exclusão das duplicatas, obteve-se um conjunto final de 32 artigos distintos. Em seguida, foi realizada a leitura dos títulos e resumos, com o objetivo de verificar a aderência dos textos à pergunta de pesquisa e aos objetivos analíticos da revisão. Ao final dessa triagem, 20 artigos foram selecionados para análise

aprofundada, com base em sua relevância empírica e/ou teórica para compreender as dinâmicas de articulação entre certificações e rastreabilidade em cadeias agroalimentares sustentáveis.

Após essa seleção, foi conduzida uma leitura aprofundada dos 20 artigos finais, apresentados no Quadro 1, com o objetivo de extrair informações analíticas detalhadas, incluindo os objetivos de pesquisa, os referenciais teóricos utilizados, os métodos aplicados, os principais resultados, as discussões desenvolvidas e as proposições para pesquisas futuras. Para a organização e sistematização desses dados, foi utilizado o software Microsoft Excel, empregado na elaboração de planilhas de fichamento e categorização dos artigos, o que permitiu o agrupamento temático e a construção dos eixos analíticos interpretativos que fundamentam os resultados apresentados nesta revisão.

Quadro 1 Corpus da pesquisa

#	Título	Autoria/ano	Fonte de Publicação
1	Application of microsatellite markers as potential tools for traceability of Girgentana goat breed dairy products	Sardina et al., (2015)	Food Research International
2	Audits and agrarianism: The moral economy of an alternative food network	Carlisle (2015)	Elementa: Science of the Anthropocene
3	Big-data analytics framework for incorporating smallholders in sustainable palm oil production	Shukla & Tiwari (2017)	Production Planning & Control
4	Blockchain and agricultural sustainability in South: a systematic review	Ordoñez, Gonzales, & Corrales (2024)	Frontiers in Sustainable Food Systems
5	Blockchain is not a silver bullet for agro-food supply chain sustainability: Insights from a coffee case study	Bager, Singh, & Persson (2022)	Current Research in Environmental Sustainability
6	Blockchain Technology in Wine Chain for Collecting and Addressing Sustainable Performance: An Exploratory Study	Luzzani et al., (2021)	Sustainability
7	Can blockchain technology strengthen consumer preferences for credence attributes?	Contini et al., (2023)	Agricultural and Food Economics
8	Certification of markets, markets of certificates: Tracing sustainability in global agro-food value chains	Mol & Oosterveer (2015)	Sustainability
9	Certification, labelling and traceability of palm oil: can we build confidence from trustworthy standards?	Rival, Montet, & Pioch (2016)	Oliseeds & fats Crops and Lipids
10	Digital sustainability tracing in smallholder context: Ex-ante insights from the Peruvian cocoa supply chain	Steinke et al., (2024)	World Development Sustainability
11	Distributed Ledger Technologies for Food Sustainability indexing	Gkogkos et al., (2023)	Smart Agricultural Technology
12	Do motivations affect different voluntary traceability schemes? An empirical analysis among food manufacturers	Stranieri, Cavaliere, & Banterle (2017)	Food Control
13	Investigating the Association between Farmers' Organizational Participation and Types of Agricultural Product Certifications: Empirical Evidence from a National Farm Households Survey in Taiwan	Kuan, Wang, & Wang (2021)	Sustainability
14	Smallholder oil palm plantation sustainability assessment using multi-criteria analysis and unmanned aerial vehicles	Wong et al., (2023)	Environmental Monitoring and Assessment
15	Smart agriculture assurance: IoT and blockchain for trusted sustainable produce	Hasan et al., (2024)	Computers and Electronics in Agriculture

16	Sustainability standards and blockchain in agro-food supply chains: Synergies and conflicts	Köhler, Bager, & Pizzol (2022)	Technological Forecasting and Social Change
17	The promised potential of blockchain technology for transparency and fairness in agri-food chains: insights from the coffee sector	Samoggia, Fantini, & Ghelfi (2025)	Frontiers in Sustainable Food Systems
18	Third Party Certification of Agri-Food Supply Chain Using Smart Contracts and Blockchain Tokens	Santos, Torrasi, & Pantoni (2021)	Sensors
19	Traceability for sustainability: seeking legitimacy in the coffee supply chain	León-Bravo, Ciccullo, & Caniato (2022)	British Food Journal
20	Transparency, traceability and deforestation in the Ivorian cocoa supply chain	Renier et al., (2023)	Environmental Research Letters

Durante o processo de análise, foram examinadas as similaridades e convergências temáticas entre os estudos, com especial atenção à forma como cada um tratava os conceitos de certificação e rastreabilidade. Essa comparação possibilitou identificar diferentes padrões de articulação entre essas duas práticas em contextos agroalimentares diversos, permitindo não apenas mapear abordagens recorrentes, mas também evidenciar tensões, lacunas e tendências emergentes na literatura. A partir dessas análises comparativas, foram construídas categorias analíticas que estruturam a discussão apresentada nos resultados.

4. Resultados e Discussão

A análise dos vinte artigos selecionados permitiu identificar diferentes formas de articulação entre certificações e mecanismos de rastreabilidade no contexto agroalimentar. A leitura aprofundada revelou não apenas a complementaridade técnica entre esses instrumentos, mas também suas implicações para a credibilidade, a governança e a valorização dos produtos em cadeias produtivas voltadas à sustentabilidade. Foram observadas convergências teóricas e empíricas quanto ao papel desses mecanismos na construção de sistemas mais transparentes, monitoráveis e orientados por critérios socioambientais.

Com base na comparação entre os estudos, foram organizadas seis categorias analíticas que estruturam a apresentação dos resultados: (1) certificações e rastreabilidade como práticas complementares de controle e verificação; (2) rastreabilidade como instrumento de fortalecimento da confiança e da credibilidade das certificações; (3) barreiras à adoção e desafios de inclusão de pequenos produtores; (4) inovações tecnológicas e o redesenho das práticas de rastreabilidade; (5) certificações e rastreabilidade na diferenciação e valorização de produtos; e (6) diversidade de modelos e dinâmicas de implementação. A seguir, cada uma dessas categorias é discutida com base nas evidências empíricas e proposições teóricas identificadas na literatura.

4.1. Certificações e rastreabilidade como práticas complementares de controle e verificação

Certificações e rastreabilidade operam de forma interdependente no fortalecimento de sistemas de controle e verificação em mercados agroalimentares. Certificações como RSPO, UTZ, orgânico e Fair Trade dependem de sistemas de rastreabilidade para garantir que os produtos certificados mantenham a integridade de suas características ao longo da cadeia produtiva. Mol & Oosterveer (2015) e Samoggia, Fantini & Ghelfi (2025) destacam quatro modelos de rastreabilidade: identidade preservada, segregação, *mass balance* e *book and claim*. Esses se associam a distintos graus de exigência. O modelo de identidade preservada, por exemplo, exige controle rigoroso desde a produção até o consumidor, o que fortalece a confiança, mas eleva custos operacionais.

Estudos como o de Rival, Montet & Pioch (2016), na cadeia do óleo de palma, evidenciam a rastreabilidade como um mecanismo de mitigação de *greenwashing*, garantindo que os compromissos assumidos nas certificações não se percam nos elos intermediários. Já Sardina et al. (2015) demonstram, com o uso de marcadores genéticos em produtos lácteos, como a rastreabilidade pode ultrapassar os registros documentais e servir como instrumento técnico de autenticação da origem e proteção de produtos territoriais.

Adicionalmente, a literatura aponta a emergência de tecnologias que integram rastreabilidade e certificação, como *big data analytics*, sensores, satélites e blockchain. Shukla e Tiwari (2017) propõem um modelo digital para pequenas propriedades em sistemas RSPO, visando reduzir custos e aumentar a eficiência das auditorias. Essa interdependência técnica e institucional entre certificações e rastreabilidade sustenta a consolidação de mercados baseados em práticas verificáveis, monitoráveis e legitimadas.

4.2. Rastreabilidade como instrumento de fortalecimento da confiança e da credibilidade das certificações

A construção da confiança é um dos pilares dos mercados sustentáveis. Em contextos onde o consumidor está distante das práticas de produção, a rastreabilidade atua como elo entre a certificação formal e a percepção de autenticidade do produto (Renier et al., 2023). Ao oferecer informações verificáveis sobre origem, práticas produtivas e trajetos logísticos, os sistemas de rastreamento aumentam a credibilidade das certificações.

Contini et al. (2023) demonstram, no caso de cervejas artesanais, que a combinação entre certificação PDO e orgânico, aliada ao uso de blockchain, eleva significativamente as preferências dos consumidores e influencia positivamente suas decisões de compra. Contudo, o estudo ressalta que o impacto da blockchain nas escolhas é influenciado pelo nível de confiança e pela complexidade de sua compreensão pelos consumidores.

Bager, Singh e Persson (2022) aplicaram a rastreabilidade digital à cadeia de café colombiana, demonstrando a capacidade de rastrear cada lote e estabelecer uma cadeia de custódia do produto até o produtor. Isso reforça a transparência e pode promover uma narrativa de justiça nas relações comerciais, incentivando preços mais justos através da visibilidade de preços ao longo da cadeia. No entanto, os autores alertam que o blockchain não é uma “bala de prata” para a sustentabilidade, enfrentando desafios como a mistura de produtos (o que dificulta a rastreabilidade individual até a fazenda), os altos custos de implementação e a limitação de que a qualidade dos dados inseridos depende de fatores externos (“*garbage in, garbage out*”).

Ordoñez, Gonzales e Corrales (2024) ampliam essa análise ao mostrar que consumidores valorizam sistemas em que podem verificar, em tempo real, o histórico do produto. Isso reforça o papel da rastreabilidade como ferramenta comunicacional, que traduz elementos técnicos das certificações em dados acessíveis e confiáveis, muitas vezes via QR codes.

Contudo, nem todas as formas de confiança são mediadas por tecnologias. Em mercados agrocológicos e circuitos curtos, como mostrado por Carlisle (2015), a rastreabilidade se dá por vínculos sociais e reputações locais, em uma “economia moral” que precede padrões formais. Assim, a confiança não depende apenas de auditorias e plataformas digitais, mas também de dinâmicas relacionais e valores compartilhados entre os membros da comunidade.

4.3. Barreiras à adoção e desafios de inclusão de pequenos produtores

A incorporação de certificações e rastreabilidade encontra barreiras estruturais e operacionais, sobretudo entre pequenos produtores rurais. Custos elevados, baixa alfabetização digital, escassez de infraestrutura tecnológica e ausência de incentivos dificultam a adesão desses atores, mesmo quando há potencial de valorização dos produtos.

Steinke et al. (2024) relatam que agricultores familiares do Peru percebem a rastreabilidade digital como onerosa e de difícil implementação. Como alternativa, sugerem modelos comunitários, mediados por cooperativas, com interfaces acessíveis e funcionamento offline. Já Kuan; Wang; Wang (2021) demonstram que a adesão a certificações está fortemente associada à participação em cooperativas e redes de comercialização, o que evidencia o papel das instituições locais como mediadoras da inclusão.

Mesmo tecnologias consideradas “acessíveis”, como drones e sensores, ainda requerem conectividade, treinamento técnico e financiamento. Wong et al. (2023) mostram que o uso de drones para monitoramento ambiental na produção de óleo de palma é tecnicamente promissor, mas enfrenta entraves institucionais e financeiros.

Esses achados sugerem que a efetiva inclusão de pequenos produtores nos mercados sustentáveis depende de políticas públicas específicas, apoio técnico, financiamento e estratégias de inclusão digital, sob risco de aprofundar desigualdades e concentrar os benefícios das certificações e rastreabilidade nos grandes atores.

4.4. Inovações tecnológicas e o redesenho das práticas de rastreabilidade

A digitalização vem transformando a rastreabilidade de um instrumento documental para um processo automatizado, contínuo e integrado (León-Bravo, Ciccullo, & Caniato, 2022). Tecnologias como blockchain, inteligência artificial, big data e sensores permitem monitoramento em tempo real e reduzem a necessidade de auditorias presenciais, ao mesmo tempo em que ampliam a capacidade de resposta a riscos e inconsistências.

Shukla e Tiwari (2017) propõem um modelo baseado em big data para rastrear cadeias certificadas em tempo real. Gkogkos et al. (2023) sugerem o FSi (Food Sustainability Index), que combina dados remotos com blockchain para gerar certificados digitais dinâmicos. E Luzzani et al. (2021) mostram que, no setor vitivinícola, o uso da Wine Blockchain EY resultou em redução de custos, aumento nas vendas e maior transparência, reforçando o papel da rastreabilidade como vantagem competitiva.

Por outro lado, há desafios: falta de interoperabilidade entre sistemas, complexidade técnica, exigência de padronização e dependência de conectividade. Os autores alertam que a eficácia dessas inovações depende da sua integração com formas locais de organização, treinamento de produtores que garantam legitimidade e adesão (León-Bravo, Ciccullo, & Caniato, 2022).

4.5. Certificações e rastreabilidade na diferenciação e valorização de produtos

Certificações e rastreabilidade também operam como instrumentos de diferenciação em mercados de nicho. Ao comunicar atributos como origem, práticas sustentáveis e identidade territorial, esses mecanismos contribuem para agregar valor econômico e simbólico aos produtos.

Contini et al. (2023) demonstram que os consumidores valorizam produtos certificados e rastreáveis por perceberem autenticidade, segurança e responsabilidade socioambiental. Sardina et al. (2015) mostram que a rastreabilidade genética permite a valorização de raças locais e sistemas tradicionais, gerando oportunidades para segmentos específicos de mercado.

A presença de *QR codes*, plataformas digitais e informações detalhadas sobre o processo produtivo reduz o ceticismo em relação a selos genéricos e fortalece a narrativa de sustentabilidade. Bager, Singh e Persson (2022), no setor cafeeiro, ilustram como esses mecanismos ampliam o valor percebido e permitem segmentação por atributos rastreáveis.

Mostra-se assim que rastreabilidade e a certificação não apenas legitimam práticas, mas constroem narrativas de valor que reposicionam produtos e atores em mercados cada vez mais sensíveis a critérios éticos, ambientais e de procedência.

4.6. Diversidade de modelos e dinâmicas de implementação

A articulação entre certificações e rastreabilidade não segue um modelo uniforme. Os estudos indicam a existência de diversas configurações técnico-institucionais, moldadas por fatores socioculturais, capacidades locais e valores dos atores envolvidos.

Carlisle (2015) mostra que, em redes agroecológicas, a rastreabilidade é construída com base em relações de confiança e proximidade entre os participantes. Em contraste, em cadeias globais, como analisado por Ordoñez, Gonzales e Corrales (2024) e Rival, Montet e Pioch (2016), prevalecem estruturas orientadas por padronização, automação e tecnologias digitais.

Essa multiplicidade de práticas aponta para a importância de compreender certificações e rastreabilidade como processos contextualizados, cuja efetividade depende da interação com normas sociais, estruturas institucionais e modos de organização produtiva. Em vez de aplicar soluções uniformes, os estudos sugerem a criação de modelos híbridos, que combinem tecnologias emergentes com práticas locais de verificação, garantindo maior aderência às condições específicas de cada território.

Com base na análise integrativa da literatura, observou-se que certificações e rastreabilidade não apenas compartilham objetivos comuns de garantir transparência e sustentabilidade nas cadeias agroalimentares, mas também atuam como mecanismos interdependentes e complementares de controle e verificação. Os estudos revisados revelam que essa articulação ocorre em diferentes níveis e dimensões, envolvendo aspectos técnicos, institucionais, econômicos e sociais. A Figura 1 traz essa sintetização.

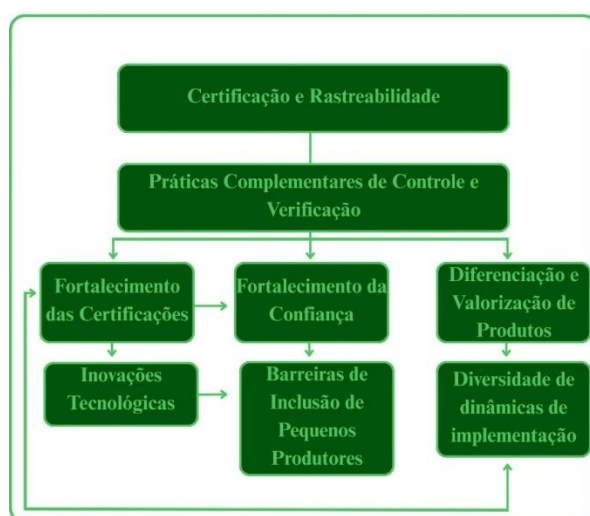


Figura 1 Componentes analíticos da interdependência entre certificação e rastreabilidade

4.7 Agenda de Pesquisas Futuras

Diante da variedade de abordagens identificadas e dos limites ainda enfrentados na implementação articulada entre certificações e rastreabilidade digital, diversos estudos incluídos nesta revisão também apresentam proposições explícitas para o avanço da pesquisa na área. Essas sugestões convergem para a necessidade de aprofundar investigações empíricas, desenvolver soluções tecnológicas mais acessíveis, ampliar a compreensão sobre os fatores socioculturais que influenciam a adoção desses mecanismos e aprimorar os modelos de avaliação de impacto.

Com base na sistematização dessas proposições, foi possível organizar uma agenda analítica de pesquisas futuras, sintetizada em um quadro com seis eixos temáticos principais. Cada eixo expressa um conjunto de preocupações recorrentes na literatura e aponta caminhos possíveis para o fortalecimento do campo, seja por meio da inovação tecnológica, da ampliação da justiça social nas cadeias produtivas ou da construção de sistemas mais responsivos e

adaptáveis às realidades agroalimentares diversas. A seguir, apresentam-se essas categorias, acompanhadas das referências correspondentes e das sugestões interpretativas derivadas dos estudos revisados.

4.7.1. Limitações técnicas das tecnologias digitais e aprimoramento da infraestrutura operacional

Uma preocupação recorrente entre os artigos é a fragilidade ainda presente nas estruturas digitais aplicadas à rastreabilidade digital e certificação agroalimentar. Hasan et al. (2024) e Köhler, Bager & Pizzol (2022), por exemplo, discutem os desafios de escalabilidade, custos de transação elevados e a dificuldade de garantir armazenamento descentralizado seguro. Essas limitações não são apenas técnicas, mas também econômicas, pois impõem barreiras ao uso em larga escala, especialmente em cadeias produtivas que envolvem múltiplos elos dispersos geograficamente. Os autores indicam que há necessidade de projetos de pesquisa voltados ao aprimoramento dessas tecnologias, bem como estudos comparativos que avaliem o desempenho de diferentes soluções – como blockchain permissionada versus pública – no contexto agroalimentar.

Santos, Torrisi & Pantoni (2021) apontam a necessidade de desenvolver interfaces mais amigáveis e adaptadas ao contexto rural, com foco em usabilidade e compatibilidade com dispositivos de baixo custo. Portanto, uma linha de pesquisa futura relevante consiste em testar aplicações reais dessas tecnologias em ambientes heterogêneos, a fim de identificar padrões de eficiência, aceitação e impacto.

4.7.2. Inclusão de pequenos produtores e análise de barreiras estruturais

A segunda categoria refere-se às desigualdades de acesso a certificações e sistemas de rastreabilidade por parte dos pequenos produtores. Embora reconhecidos como essenciais para a sustentabilidade das cadeias agroalimentares, esses produtores enfrentam barreiras estruturais que dificultam sua inserção em mercados certificados. Steinke et al. (2024) propõem que futuros estudos investiguem quais incentivos econômicos e institucionais seriam mais eficazes para promover a adesão desses agricultores. Isso inclui não apenas políticas públicas de fomento, mas também o desenho de modelos de negócios mais acessíveis e sustentáveis.

Kuan, Wang & Wang (2021) acrescentam que a atuação de organizações intermediárias, como cooperativas e associações, pode ser fundamental para viabilizar essa inclusão. Os autores sugerem que novas pesquisas considerem o papel dessas organizações na coleta de dados, na implementação de sistemas digitais e na comunicação com os mercados consumidores.

Hasan et al. (2024) também reforçam a importância de estratégias de capacitação digital, sobretudo para agricultores em regiões com baixa infraestrutura. Ademais, estudos qualitativos podem explorar a experiência de produtores que já utilizam tecnologias de rastreabilidade, mapeando dificuldades, adaptações e formas de resistência. Trata-se de um eixo que alia justiça social à inovação institucional.

4.7.3. Sensibilidade aos contextos socioculturais e adaptações institucionais

Apesar do forte apelo tecnológico, a literatura também alerta para os riscos de uma abordagem universalista, que desconsidere as especificidades culturais, políticas e institucionais dos contextos onde os sistemas de certificação e rastreabilidade são implementados. Ordoñez, Gonzales & Corrales (2024) sugerem que pesquisas futuras adotem uma abordagem mais sensível ao território, investigando como diferentes comunidades interpretam, adaptam ou rejeitam essas ferramentas. Certificações e rastreabilidade não operam em vazio institucional: elas interagem com normas, valores e práticas preexistentes, que podem tanto favorecer quanto dificultar sua aceitação.

Santos, Torrasi, & Pantoni (2021) e Steinke et al. (2024) reforçam que o engajamento dos atores locais depende da legitimidade conferida às tecnologias. Em mercados tradicionais ou redes agroecológicas, por exemplo, a rastreabilidade pode ser ressignificada como uma forma de fortalecer vínculos comunitários ou reafirmar modos de vida. Nesses contextos, a imposição de modelos tecnológicos padronizados pode gerar rejeição ou desconfiança. Assim, estudos futuros poderiam explorar como diferentes formas de conhecimento local se articulam (ou entram em tensão) com sistemas digitais de rastreabilidade e certificação.

4.7.4. Comunicação com consumidores e percepção de valor

Embora muitos avanços estejam sendo feitos na rastreabilidade técnica dos produtos, a literatura ainda aponta lacunas quanto à forma como essas informações são comunicadas e percebidas pelos consumidores. Contini et al. (2023) destacam que a valorização de produtos rastreáveis depende não apenas da certificação em si, mas da narrativa que acompanha o produto, tornando visíveis suas origens, impactos e compromissos socioambientais. Ordoñez, Gonzales & Corrales (2024) reforçam essa visão ao argumentar que as ferramentas digitais precisam ser pensadas também como meios de engajamento sensível e não apenas como mecanismos de controle logístico.

Bager, Singh & Persson (2022) e Hasan et al. (2024) acrescentam que o valor percebido por consumidores depende da forma como a informação é disponibilizada: dados técnicos, por si só, não garantem credibilidade nem influência na decisão de compra. Isso exige pesquisas que combinem métodos qualitativos e quantitativos para compreender quais elementos comunicacionais (como visualizações, storytelling, experiências interativas) mais contribuem para a construção de confiança.

Além disso, há um espaço importante para investigações que explorem diferenças entre perfis de consumidores e suas respectivas formas de interpretar selos, QR codes e plataformas de rastreabilidade.

4.7.5. Avaliação do desempenho e efetividade dos sistemas integrados

Uma outra lacuna apontada por diversos estudos diz respeito à escassez de avaliações sistemáticas sobre os impactos reais dos sistemas de certificação integrados à rastreabilidade digital. Embora se presuma que esses mecanismos gerem mais valor, transparência e sustentabilidade, poucos estudos têm medido empiricamente esses efeitos nas cadeias produtivas. Köhler, Bager & Pizzol (2022) indicam a necessidade de comparar o desempenho de diferentes soluções tecnológicas aplicadas à rastreabilidade, investigando sua eficiência, confiabilidade e aceitabilidade por parte dos atores da cadeia. Hasan et al. (2024) propõem que se avaliem não apenas os benefícios ambientais e comerciais, mas também os efeitos distributivos e operacionais gerados por esses sistemas.

Bager, Singh & Persson (2022) e Ordoñez, Gonzales & Corrales (2024) sugerem que os estudos avancem para além de estudos de caso isolados, buscando metodologias que possibilitem escalas comparativas e análises longitudinais. A adoção de métodos mistos, como por exemplo, combinando métricas quantitativas (como indicadores de desempenho logístico e comercial) com dados qualitativos (como percepções dos produtores, consumidores e intermediários), pode ser uma alternativa para o entendimento desse cenário. Também é indicada a necessidade de pesquisas que avaliem os efeitos indesejados e não previstos desses sistemas, como a burocratização excessiva, o aumento de custos ocultos e as possíveis exclusões indiretas.

4.7.6. Desenvolvimento de modelos híbridos e estratégias de transição

Por fim, diversos autores sugerem que o avanço da rastreabilidade e da certificação em cadeias agroalimentares sustentáveis demanda a criação de modelos híbridos, capazes de

integrar tecnologias digitais com práticas tradicionais de controle social, reputação e confiança comunitária. Santos, Torrisi & Pantoni (2021) e Steinke et al. (2024) apontam que sistemas rígidos e fortemente baseados em dados automatizados podem falhar em reconhecer dinâmicas locais e experiências de inovação social já existentes. Por isso, defendem uma abordagem de transição, que permita adaptações graduais e respeite a diversidade de capacidades institucionais dos atores envolvidos.

Contini et al. (2023) propõem, nesse sentido, que futuros estudos explorem laboratórios vivos e projetos-piloto colaborativos, nos quais tecnologias e formas de organização social possam ser co-desenvolvidas com base na experiência prática dos usuários finais. Ordoñez, Gonzales & Corrales (2024) também sugerem que sejam criados indicadores mais contextuais e flexíveis, que articulem exigências regulatórias com critérios culturais e sociais. A pesquisa aplicada, portanto, pode cumprir um papel estratégico ao gerar soluções tecnológicas mais legítimas, escaláveis e inclusivas. Um quadro resumo com as sugestões de pesquisas apontadas é apresentado abaixo.

Quadro 2 *Eixos de pesquisas futuras*

Eixo	Descrição	Autores que sugerem
Limitações técnicas das tecnologias digitais e aprimoramento da infraestrutura operacional	Desenvolvimento e teste de tecnologias digitais de rastreabilidade mais escaláveis, acessíveis e compatíveis com realidades rurais, considerando desempenho, custo e usabilidade em diferentes contextos agroalimentares.	Hasan et al. (2024); Köhler, Bager & Pizzol (2022); Santos, Torrisi & Pantoni (2021)
Inclusão de pequenos produtores e análise de barreiras estruturais	Inclusão de pequenos produtores em sistemas de certificação e rastreabilidade, considerando barreiras estruturais, incentivos institucionais, papel de organizações intermediárias e estratégias de capacitação digital como caminhos para promover maior equidade nas cadeias agroalimentares.	Steinke et al. (2024); Kuan, Wang & Wang (2021); Hasan et al. (2024)
Sensibilidade aos contextos socioculturais e adaptações institucionais	Como certificações e rastreabilidade são reinterpretadas em contextos locais, valorizando saberes comunitários e evitando abordagens padronizadas que desconsiderem dimensões culturais e institucionais.	Kuan, Wang & Wang (2021); Wong et al. (2023)
Comunicação com consumidores e percepção de valor	De que forma as informações de rastreabilidade são comunicadas e percebidas pelos consumidores, considerando formatos mais engajadores, como narrativas visuais, e diferenças entre perfis de público quanto à interpretação e confiança nas informações	Contini et al. (2023); Ordoñez, Gonzales & Corrales (2024); Bager, Singh & Persson (2022); Hasan et al. (2024)
Avaliação do desempenho e efetividade dos sistemas integrados	Pesquisas que avaliem, de forma comparativa e empírica, os impactos reais da integração entre certificação e rastreabilidade digital, considerando não apenas ganhos ambientais e comerciais, mas também efeitos operacionais, distributivos e possíveis consequências indesejadas ao longo das cadeias produtivas.	Köhler, Bager & Pizzol (2022); Hasan et al. (2024); Bager, Singh & Persson (2022); Ordoñez, Gonzales & Corrales (2024)
Desenvolvimento de modelos híbridos e estratégias de transição	Futuras investigações podem explorar modelos híbridos que integrem tecnologias digitais com práticas sociais locais, considerando abordagens graduais de transição, co-desenvolvimento com os usuários e indicadores mais flexíveis e contextuais.	Santos, Torrisi, & Pantoni (2021); Steinke et al. (2024); Contini et al. (2023); Ordoñez, Gonzales & Corrales (2024)

5. Conclusão

Esta revisão integrativa permitiu compreender como certificações e mecanismos de rastreabilidade digital vêm sendo articulados na literatura como práticas complementares voltadas à construção de mercados agroalimentares mais sustentáveis. A análise dos vinte estudos revelou que, embora tenham origens distintas, certificações e rastreabilidade convergem como resposta às demandas por transparência e responsabilidade nas cadeias produtivas.

A rastreabilidade digital surge como suporte técnico fundamental à certificação, fornecendo registros automatizados e contínuos sobre variáveis ambientais, sanitárias e logísticas. Essa articulação fortalece a credibilidade dos selos e amplia a comunicação com consumidores e reguladores. Além do controle regulatório, tal integração agrega valor simbólico aos produtos ao comunicar atributos como origem, sustentabilidade e inclusão social, especialmente com o uso de tecnologias como blockchain e códigos QR.

No entanto, persistem barreiras importantes. A adoção desses mecanismos depende de infraestrutura tecnológica, capacitação e apoio institucional, fatores que restringem o acesso de pequenos produtores, ampliando desigualdades. A literatura sugere estratégias como fortalecimento de cooperativas, desenvolvimento de soluções acessíveis e adaptação cultural dos sistemas para promover maior inclusão e legitimidade.

No âmbito teórico, a revisão oferece uma sistematização crítica das abordagens sobre certificações e rastreabilidade, destacando sua interdependência normativa, técnica e simbólica. Assim, evidencia desafios e caminhos para políticas públicas, instituições de fomento e empresas agroalimentares no apoio à inovação inclusiva e adaptada à diversidade territorial.

Identificou-se também uma lacuna quanto à avaliação empírica da efetividade desses sistemas. Faltam estudos comparativos e longitudinais que mensurem seus impactos sociais, ambientais e econômicos. Ademais, do ponto de vista metodológico, destaca-se a relevância de abordagens qualitativas e participativas, que incorporem a perspectiva de produtores, consumidores e técnicos locais.

Entre as limitações da revisão, destaca-se o recorte por acesso aberto e idioma, além da concentração em bases específicas (Scopus e Web of Science). A ausência de avaliação quantitativa também delimita o alcance dos achados, abrindo espaço para futuras pesquisas com métodos mistos.

Conclui-se que a integração entre certificações e rastreabilidade digital representa uma estratégia em consolidação, com potencial transformador nas formas de produção e consumo. Para avançar, é preciso reconhecer que a sustentabilidade exige não apenas normas e dados, mas também inclusão, participação e respeito às realidades locais.

Referências

- Almeida, S. D. L., Paiva, F. G., Costa, C., & Guerra, J. R. F. (2016). Geographical indication re-signifying artisanal production of curd cheese in northeastern Brazil. *Revista de Administração Contemporânea*, 20(6), 715-732.
- Bager, S. L., Singh, C., & Persson, U. M. (2022). Blockchain is not a silver bullet for agro-food supply chain sustainability: Insights from a coffee case study. *Current Research in Environmental Sustainability*, 4, 100163.
- Baralla, G., Pinna, A., Tonelli, R., Marchesi, M., & Ibba, S. (2021). Ensuring transparency and traceability of food local products: A blockchain application to a Smart Tourism Region. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 33(1), e5857.
- Bertoglio, O., & Sehnem, S. (2024). Industry 4.0 in the Context of Agribusiness: A Systematic Literature Review. *Procedia Computer Science*, 232, 107-116.
- Carlisle, L. (2015). Audits and agrarianism: The moral economy of an alternative food network. *Elementa*, 3, 000066.

Chaparro-Africano, A. M. (2019). Toward generating sustainability indicators for agroecological markets. *Agroecology and sustainable food systems*, 43(1), 40-66.

Contini, C., Boncinelli, F., Piracci, G., Scozzafava, G., & Casini, L. (2023). Can blockchain technology strengthen consumer preferences for credence attributes?. *Agricultural and Food Economics*, 11(1), 27.

Costa, G. P., Sakata, G. Y. A., Oliveira, L. F. P. D., Chaves, M. E., Duarte, L. F., Matulovic, M., ... & Morais, F. J. (2025). FarmSync: Ecosystem for Environmental Monitoring of Barns in Agribusiness. *AgriEngineering*, 7(4), 124.

Cristofoli, N. L., Lima, A. R., Tchonkouang, R. D., Quintino, A. C., & Vieira, M. C. (2023). Advances in the food packaging production from agri-food waste and by-products: market trends for a sustainable development. *Sustainability*, 15(7), 6153.

D'Agaro, E., Rosa, F., & Akentieva, N. P. (2021). New technology tools and life cycle analysis (LCA) applied to a sustainable livestock production. *The EuroBiotech Journal*, 5(3), 130-141.

Dragusanu, R., Montero, E., & Nunn, N. (2022). The effects of Fair Trade certification: evidence from coffee producers in Costa Rica. *Journal of the European Economic Association*, 20(4), 1743-1790.

Gilmour, D. N., Bazzani, C., Nayga Jr, R. M., & Snell, H. A. (2019). Do consumers value hydroponics? Implications for organic certification. *Agricultural Economics*, 50(6), 707-721.

Gkogkos, G., Lourenço, P., Pechlivani, E. M., Encarnaçao, L., Votis, K., Giakoumoglou, N., ... & Tzouvaras, D. (2023). Distributed ledger technologies for food sustainability indexing. *Smart Agricultural Technology*, 5, 100312.

Guliyeva, A. E., & Lis, M. (2020). Sustainability management of organic food organizations: A case study of Azerbaijan. *Sustainability*, 12(12), 5057.

Hasan, H. R., Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., Omar, M., Arshad, J., & Boscovic, D. (2024). Smart agriculture assurance: IoT and blockchain for trusted sustainable produce. *Computers and Electronics in Agriculture*, 224, 109184.

Hidayat, K. N., Glasbergen, P., & Offermans, A. (2015). Sustainability certification and palm oil smallholders' livelihood: A comparison between scheme smallholders and independent smallholders in Indonesia. *International Food and Agribusiness Management Review*, 18(3), 25-48.

Jena, P., & Grote, U. (2017). Fairtrade certification and livelihood impacts on small-scale coffee producers in a tribal community of India. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 39(1), 87-110.

Köhler, S., Bager, S., & Pizzol, M. (2022). Sustainability standards and blockchain in agro-food supply chains: Synergies and conflicts. *Technological Forecasting and Social Change*, 185, 122094.

Kosior, K. (2018). Digital transformation in the agri-food sector—opportunities and challenges. *Roczniki (Annals)*, 2018(2).

Kuan, M. Y., Wang, S. Y., & Wang, J. H. (2021). Investigating the association between farmers' organizational participation and types of agricultural product certifications: empirical evidence from a national farm households survey in Taiwan. *Sustainability*, 13(16), 9429.

León-Bravo, V., Ciccullo, F., & Caniato, F. (2022). Traceability for sustainability: seeking legitimacy in the coffee supply chain. *British Food Journal*, 124(8), 2566-2590.

Luzzani, G., Grandis, E., Frey, M., & Capri, E. (2021). Blockchain technology in wine chain for collecting and addressing sustainable performance: An exploratory study. *Sustainability*, 13(22), 12898.

Mol, A. P., & Oosterveer, P. (2015). Certification of markets, markets of certificates: Tracing sustainability in global agro-food value chains. *Sustainability*, 7(9), 12258-12278.

Moroz, T. O. (2019). Перспективи використання блокчейн-технології в аграрному секторі економіки.

- Nadezda, F., & Josef, A. (2021). Economic perspectives of the Blockchain technology: Application of a SWOT analysis. *Terra Economicus*, 19(1), 78-90.
- Ordoñez, C. C., Gonzales, G. R., & Corrales, J. C. (2024). Blockchain and agricultural sustainability in South America: a systematic review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1347116.
- Renier, C., Vandromme, M., Meyfroidt, P., Ribeiro, V., Kalischek, N., & Zu Ermgassen, E. K. (2023). Transparency, traceability and deforestation in the Ivorian cocoa supply chain. *Environmental Research Letters*, 18(2), 024030.
- Rival, A., Montet, D., & Pioch, D. (2016). Certification, labelling and traceability of palm oil: can we build confidence from trustworthy standards? *Oliseeds & fats Crops and Lipids*.
- Samoggia, A., Fantini, A., & Ghelfi, R. (2025). The promised potential of blockchain technology for transparency and fairness in agri-food chains: insights from the coffee sector. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1401735.
- Santos, R. B., Torrisci, N. M., & Pantoni, R. P. (2021). Third party certification of agri-food supply chain using smart contracts and blockchain tokens. *Sensors*, 21(16), 5307.
- Sardina, M. T., Tortorici, L., Mastrangelo, S., Di Gerlando, R., Tolone, M., & Portolano, B. (2015). Application of microsatellite markers as potential tools for traceability of Girgentana goat breed dairy products. *Food Research International*, 74, 115-122.
- Shukla, M., & Tiwari, M. K. (2017). Big-data analytics framework for incorporating smallholders in sustainable palm oil production. *Production Planning & Control*, 28(16), 1365-1377.
- Smihunova, O., Bohdaniuk, I., Polyakova, Y., & Yehiozarian, A. (2024). Innovative Approaches to Controlling in Agribusiness: The Role of Quality Management Systems in Sustainable Production Practices. *Archives for Technical Sciences*, 31(2), 116-130.
- Soetrisno, S., Soejono, D., Hani, E. S., Suwandari, A., & Narmaditya, B. S. (2020). Challenges and opportunities for agribusiness development: Lesson from Indonesia. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 7(9), 791-800.
- Steinke, J., Ivanova, Y., Jones, S. K., Minh, T., Sánchez, A., Sánchez-Choy, J., & Mockshell, J. (2024). Digital sustainability tracing in smallholder context: Ex-ante insights from the Peruvian cocoa supply chain. *World Development Sustainability*, 5, 100185.
- Stranieri, S., Cavaliere, A., & Banterle, A. (2017). Do motivations affect different voluntary traceability schemes? An empirical analysis among food manufacturers. *Food Control*, 80, 187-196.
- Torraco, R. J. (2016). Writing integrative literature reviews: Using the past and present to explore the future. *Human resource development review*, 15(4), 404-428.
- Wong, Y. B., Gibbins, C., Azhar, B., Phan, S. S., Scholefield, P., Azmi, R., & Lechner, A. M. (2023). Smallholder oil palm plantation sustainability assessment using multi-criteria analysis and unmanned aerial vehicles. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(5), 577.