



XXXI Congresso Brasileiro de Custos
20, 21 e 22 de novembro de 2024
- São Paulo / SP -



O Blockchain como aliado na Redução de Custos, Perdas e Desperdícios na Cadeia Alimentar

Fabrine Krzesinski Batickowski (UNISINOS) - fabrinekbatickowski@gmail.com

Deise De Oliveira Barbiani (Unisinós) - barbianideise@gmail.com

Resumo:

A Food and Agriculture Organization (FAO) apurou que, em 2021, aproximadamente 30% dos alimentos produzidos foram perdidos ou desperdiçados. As perdas no início da cadeia agroalimentar são mais comuns em países em desenvolvimento. Já nos países desenvolvidos, o maior desperdício ocorre junto ao consumidor final. O blockchain é uma tecnologia que atua com dados descentralizados e pode se tornar o pioneiro em rastreabilidade e segurança alimentar, mitigando assim as perdas e desperdícios de alimentos. O objetivo deste estudo é identificar as vantagens e desvantagens da aplicação do blockchain na cadeia de abastecimento alimentar. Para cumprir o objetivo desta pesquisa, fez-se uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) nas bases de dados Scopus e Web of Science. Os resultados indicam que as principais vantagens de aplicação do blockchain são a transparência, rastreabilidade e segurança alimentar. No entanto, a implementação eficaz do blockchain enfrenta desafios como custos elevados, complexidade técnica e questões de privacidade e segurança. Sugere-se como pesquisa futura, a mensuração dos dados e custos da implantação do blockchain.

Palavras-chave: *Blockchain, Perdas e Desperdícios de Alimentos, Cadeia Alimentícia.*

Área temática: *Tecnologia e gestão de custos*

O Blockchain como aliado na Redução de Custos, Perdas e Desperdícios na Cadeia Alimentar

RESUMO

A *Food and Agriculture Organization* (FAO) apurou que, em 2021, aproximadamente 30% dos alimentos produzidos foram perdidos ou desperdiçados. As perdas no início da cadeia agroalimentar são mais comuns em países em desenvolvimento. Já nos países desenvolvidos, o maior desperdício ocorre junto ao consumidor final. O blockchain é uma tecnologia que atua com dados descentralizados e pode se tornar o pioneiro em rastreabilidade e segurança alimentar, mitigando assim as perdas e desperdícios de alimentos. O objetivo deste estudo é identificar as vantagens e desvantagens da aplicação do blockchain na cadeia de abastecimento alimentar. Para cumprir o objetivo desta pesquisa, fez-se uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. Os resultados indicam que as principais vantagens de aplicação do blockchain são a transparência, rastreabilidade e segurança alimentar. No entanto, a implementação eficaz do blockchain enfrenta desafios como custos elevados, complexidade técnica e questões de privacidade e segurança. Sugere-se como pesquisa futura, a mensuração dos dados e custos da implantação do blockchain.

Palavras-chave: Blockchain, Perdas e Desperdícios de Alimentos, Cadeia Alimentícia.

Área Temática: Tecnologia e transformação digital na gestão de custos.

1 INTRODUÇÃO

A *Food and Agriculture Organization* (FAO), da Organização das Nações Unidas (ONU), apurou que, em 2021, aproximadamente 13% dos alimentos foram perdidos e 17% desperdiçados. (UNEP, 2021). As perdas no início da cadeia agroalimentar são mais comuns em países em desenvolvimento, visto, que estes, enfrentam problemas tecnológicos no manejo das lavouras, carência na estrutura de armazenamento ou infraestrutura inadequada para escoamento. (DORA *et al.*, 2021; EMBRAPA, 2024). Já nos países desenvolvidos, o maior desperdício ocorre junto ao consumidor final. (EMBRAPA, 2024). As políticas privadas contra as Perdas e Desperdícios de Alimentos (PDAs) oferecem às indústrias diversas oportunidades de mitigação. (BUENO, 2019). Mitigar as perdas e desperdícios traz benefícios ambientais, sociais, e econômicos para as empresas. (PIRES, 2021). Em suma, a adoção de práticas mais eficientes e políticas socioambientais pode aumentar a produtividade das empresas, resultando em ganhos econômicos adicionais, tornando sua implementação uma estratégia de negócio inteligente e rentável. (CRUZ, 2021). Traz-se, ainda, que a sociedade e o mercado estão valorizando cada vez mais as empresas que se preocupam com questões socioambientais. A adoção dessas políticas aumenta, também, a satisfação dos clientes, uma vez que demonstra o compromisso dessas empresas em oferecer produtos de qualidade. (PIRES, 2021).

Uma das principais estratégias adotadas para combater as PDAs é a implementação de tecnologias de monitoramento e controle. Essas tecnologias permitem um acompanhamento mais preciso dos processos produtivos, identificando

os pontos críticos. (DOS SANTOS *et al.*, 2019). O aumento na adoção de dispositivos e tecnologias vem crescendo ano a ano. (CARO *et al.* 2018). As cadeias de abastecimento alimentar começam nos fornecedores agrícolas (fornecedores de maquinaria, fertilizantes, pesticidas etc.), seguidas pelos produtores/agricultores, processadores de alimentos, distribuidores, retalhistas, até chegarem ao consumidor final. (LI *et al.*, 2023). A rastreabilidade desses produtos desempenha um papel vital na gestão da qualidade e segurança alimentar, neste destaca-se o blockchain. (FENG *et al.* 2020). O blockchain é um livro-razão de dados digital confiável e inalterável que monitora as transações por meio do processo de consenso distribuído. (CARO *et al.* 2018). Essa tecnologia armazena e compartilha informações através de uma rede de usuários em um espaço virtual aberto e permite que os usuários visualizem todas as transações simultaneamente e em tempo real. (KAYIKCI, 2022). Ele têm como principal característica a capacidade de manter uma visão consistente e fidedigna entre os participantes. (KAMILARIS *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o presente estudo tem por objetivo analisar as vantagens e desvantagens da aplicação do blockchain na cadeia de suprimentos alimentar mediante a Revisão Sistemática de Literatura (RSL). Adicionalmente, uma análise da rede de citações foi efetuada. Para a RSL efetuou-se a busca nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, a qual foram identificados 40 artigos relacionados ao tema. Após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão do método PRISMA, obteve-se um total de 11 publicações que compõem a base da presente pesquisa.

Na próxima seção apresentar-se-á o referencial teórico que tratará sobre os desperdícios e as perdas na cadeia alimentícia e o blockchain. Na seção três tem-se a metodologia. Na seção quatro serão apresentados os resultados da pesquisa, as principais palavras-chave, publicações e rede de citações. E, na seção cinco, serão apresentadas as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Perdas e Desperdícios na Cadeia Alimentícia

A ausência de acesso a boas práticas agrícolas e a não-usabilidade de tecnologias no meio agrícola contribuem para as perdas e os desperdícios na cadeia alimentícia. (DA COSTA PIRES; SEABRA; ROLIM, 2022). A implementação de práticas mais eficientes contribui para o aumento da produtividade e da eficiência operacional das empresas, gerando economias adicionais. Esses benefícios econômicos são especialmente relevantes na competição acirrada do mercado alimentício. (SPINOSA, 2019). Além dos benefícios econômicos, as políticas privadas contra a Perda e Desperdício de Alimentos (PDA) também trazem vantagens ambientais significativas. Ao reduzir as perdas ao longo da cadeia produtiva, essas medidas contribuem para a preservação dos recursos naturais utilizados na produção de alimentos, como água e terra. Ademais, ao evitar o descarte inadequado de alimentos, mitiga-se os efeitos das mudanças climáticas, visto que são reduzidas as emissões de gases de efeito estufa em relação à decomposição dos resíduos alimentares. (ZARO, 2017).

O enfrentamento do problema de PDAs está inserido em questões, como a insegurança alimentar, o combate à fome e a necessidade de produção e consumo sustentáveis. (FAO, 2019). Nesse contexto, a Organização das Nações Unidas (ONU), traz diretrizes de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Destas, alinham-se a esta pesquisa, os programas: (i) fome zero e agricultura sustentável, na ODS 02, que visa acabar com a fome e desnutrição, além de garantir sistemas

sustentáveis na produção de alimentos até 2030; (ii) indústria, inovação e infraestrutura, ODS 09, que tende encontrar soluções duradouras para os desafios econômicos e ambientais, por meio do progresso tecnológico; (iii) consumo e produção responsáveis, ODS 12, que estimula uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, especialmente os bens comuns, e a correta gestão de resíduos. (AGENDA 2030).

Vale ressaltar que embora o destino final dos alimentos seja o mesmo, as perdas e desperdícios são dois aspectos distintos do mesmo problema. As perdas referem-se à diminuição da massa alimentar comestível ao longo da cadeia de suprimentos, ocorrendo nas fases de produção, pós-colheita e processamento da cadeia de suprimentos. Já o desperdício ocorre no final da cadeia, varejo ou consumidor final. (PARFITT; BARTHEL; MACNAUGHTON, 2010). Pode-se complementar que a perda normalmente tem origem natural, enquanto o desperdício é comportamental. (DE ARAÚJO *et al.*, 2018; LUO; OLSEN; LIU, 2021). As empresas do setor alimentício têm a responsabilidade de implementar medidas eficientes para reduzir essas perdas. A adoção de práticas sustentáveis é um exemplo de como as indústrias podem contribuir para minimizar o desperdício alimentar. Ademais, as políticas privadas podem incentivar a colaboração entre diferentes atores da cadeia produtiva, promovendo uma abordagem integrada para enfrentar esse desafio. (TAMBOSI; DIAS, 2020).

Um ponto chave são os produtores rurais - fazendeiros. Estes representam um papel relevante na cadeia, especialmente quando há uso de agrotóxicos e fertilizantes. O uso dessas substâncias pode levar à degradação do solo e à contaminação dos recursos hídricos. Portanto, é fundamental adotar práticas agrícolas sustentáveis que minimizem o uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos, garantindo a segurança alimentar e a preservação do meio ambiente. (DE ARAÚJO, 2018). A falta de planejamento e gestão eficiente também contribui para as PDA's. Muitas vezes, o planejamento é falho, resultando em excesso ou escassez de alimentos. (PEIXOTO, 2018). Cita-se, ainda, o armazenamento inadequado, o qual não há controle de temperatura e umidade, que acaba por resultar na deterioração dos produtos e proliferação de fungos e bactérias. (QUEVEDO, 2023). Quando se trata de produtos sensíveis ao calor, como frutas, legumes e laticínios, o dano pode ser irreparável, aumentando o custo e, conseqüentemente, o desperdício desses alimentos. (SILVA; IOVINO; NASCIMENTO, 2021). Não obstante, tem-se, ainda, estradas precárias e a ineficiência logística, resultando em atrasos nas entregas, comprometendo assim, a qualidade e segurança dos produtos. (GOMES, 2019).

2.2 Blockchain

O mundo, a cada dia que passa, torna-se mais dominado pela tecnologia. O processamento de dados necessita de aprimoração constante. A aplicação do aprendizado de máquina como estratégia para o processamento de dados está ganhando força dia após dia. Isso se deve, principalmente, porque a máquina é capaz de aprender automaticamente com os erros do passado e melhorar, como resultado disso. (ALLA; THANGARASU, 2025). Assim, nasceu a tecnologia blockchain para lidar com o monopólio de recursos e outros problemas causados pelo sistema centralizado existente. (CHUNDURI *et al.*, 2024).

O blockchain é uma tecnologia digital que permite rastrear toda a cadeia de abastecimento alimentar. (MANGLA, 2021). A rastreabilidade desempenha um papel vital na gestão da qualidade e segurança. Assim, ele é visto como uma tecnologia promissora que ajuda a construir mecanismos de confiança para resolver os

problemas de transparência e segurança. Rastrear e autenticar as informações em toda a cadeia de abastecimento alimentar é fundamental para identificar e abordar as fontes de contaminação, o que contribui para a gestão da sustentabilidade nas cadeias agroalimentares. (FENG *et al.* 2020). Sistemas de rastreabilidade e proveniência para as cadeias de abastecimento agroalimentares são construídos sobre bases centralizadas deixando espaço para questões não resolvidas, incluindo integridade de dados, adulteração e pontos de falha. (CARO *et al.* 2018).

Como uma nova ferramenta de colaboração empresarial, a tecnologia blockchain suporta uma rede de dados compartilhada e segura, permitindo que partes não confiáveis cheguem a um consenso sobre uma história digital compartilhada. (KAYIKCI, 2022). O blockchain tornou-se uma solução eficaz para muitos desafios nas cadeias de abastecimento alimentar, que vão desde a segurança alimentar até a eficiência operacional. É também uma solução alternativa para reduzir o papel dos intermediários cujos servidores são vulneráveis a falhas e fraudes. (LI *et al.*, 2023). Essa tecnologia, pode aumentar a eficiência e a transparência das cadeias de abastecimento e impactar positivamente tudo, desde o armazenamento até a entrega e o pagamento. (LI *et al.*, 2023). Desta forma, o blockchain proporciona melhor visibilidade nas compras, dados precisos e confiáveis para análise e maior confiança entre todos os participantes de uma rede de cadeia de suprimentos. (KAYIKCI, 2022). Diferentes informações estão envolvidas em cada estágio das cadeias alimentares e todas as informações podem ser gravadas no blockchain. (LI *et al.*, 2023). A tecnologia blockchain também ajuda a reduzir a interação humana em atividades sem valor agregado. Uma seleção de contratos inteligentes pode ser incluída na plataforma para facilitar a comunicação segura entre os usuários e as máquinas. (KAYIKCI, 2022). A tecnologia blockchain é um conjunto de blocos com carimbo de data e hora que são vinculados por um *hash* criptográfico. A rastreabilidade baseada em blockchain é mais segura, mais transparente, rastreável e eficiente. Isso aumentou as demandas para rastrear as informações dos produtos desde a agricultura até as vendas. (FENG *et al.* 2020). A figura 1 apresenta o esquema gráfico da tecnologia blockchain.

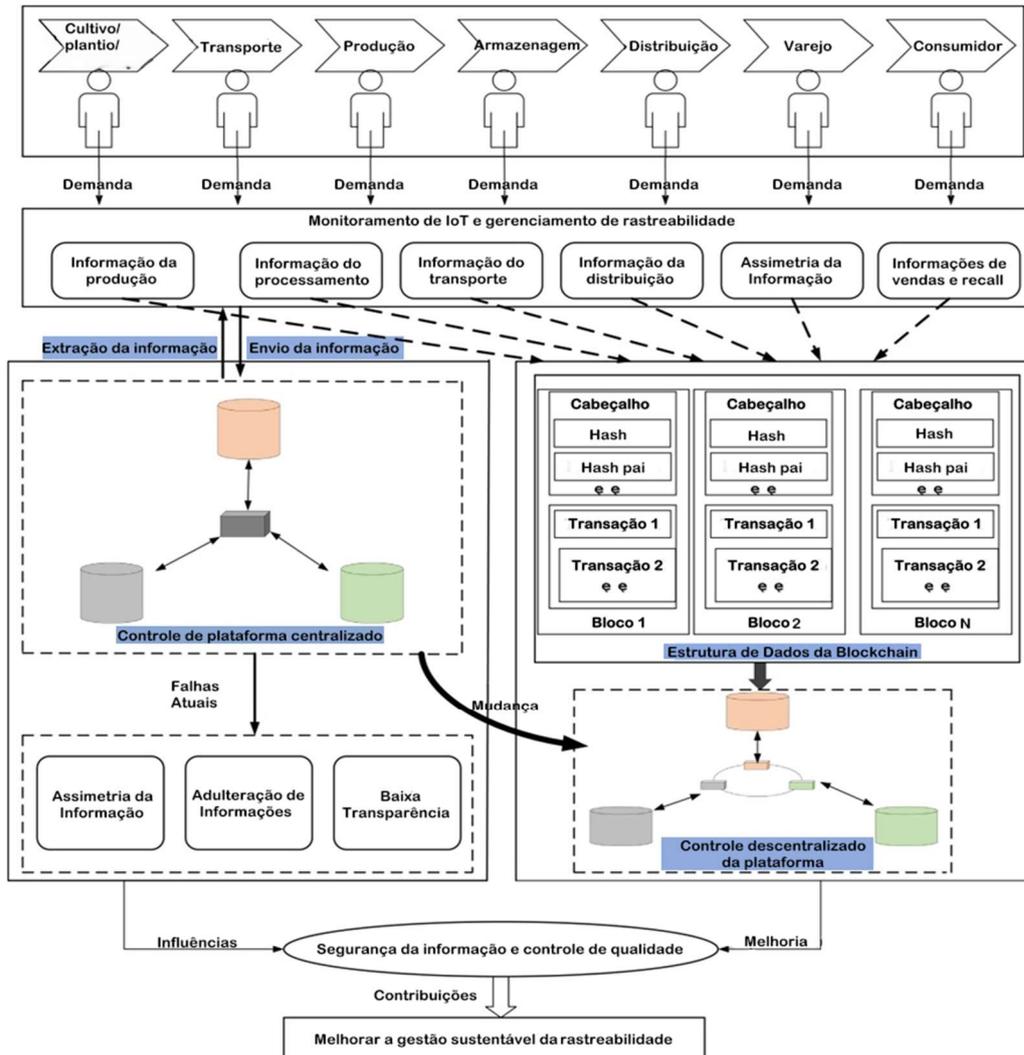


Figura 1. Estrutura operacional da rastreabilidade baseada em blockchain

Fonte: Adaptado Feng *et al.* (2020).

A figura 1, na parte esquerda, traz a estrutura da base de dados normal, de forma centralizada, a qual pode ser facilmente acessada e ter seus dados alterados. Já no lado direito, demonstra a estrutura da base de dados baseada em blockchain, de forma descentralizada, a qual proporciona uma maior segurança da informação, bem como uma maior rastreabilidade. (FENG *et al.*, 2020).

3 METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo do presente estudo, realizou-se uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), que para Galvão e Ricarte (2020), é uma modalidade de pesquisa que segue protocolos para entender e atingir resultados. (GALVÃO; RICARTE, 2020). Para a seleção das publicações sobre as vantagens e desvantagens da aplicação do blockchain na cadeia de suprimentos alimentícia, empregou-se os passos do método PRISMA, o qual possui por objetivo auxiliar os autores nos relatos de revisões sistemáticas. (ALTMAN *et al.*, 2015). Para dar robustez e fidedignidade à amostra que compõe esta pesquisa, foi empregado o uso do software *Rayyan*, que além de identificar os estudos duplicados, permite criar etiquetas categóricas para a classificação dos artigos. O Quadro 1 ilustra o Protocolo de Pesquisa utilizado para as buscas nas bases de dados.

ELEMENTO	ESCOLHA
Questão de pesquisa	Quais as vantagens e desvantagens da implantação do blockchain na cadeia de suprimentos alimentícia?
Contexto	Aproximadamente um terço dos alimentos produzidos a nível mundial são perdidos ou desperdiçados no decorrer do processo. Estudos indicam que a utilização do Blockchain na cadeia de suprimentos alimentícia pode reduzir essas perdas e desperdícios. Este estudo visa identificar as vantagens e desvantagens da implantação do método.
Horizonte	ABERTO
Idiomas	Inglês
Estratégia de revisão	(X) configurativa () agregativa
Critérios de busca	<p>Critérios de inclusão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de blockchain na cadeia de suprimentos alimentícia • Estudos de caso, pesquisa-ação. <p>Critérios de exclusão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Surveys</i>, revisões, Revisão Sistemática da Literatura (RSL) ou bibliometria • Artigos que não apresentaram a aplicação de blockchain na cadeia de suprimentos alimentícia.
Strings e termos de busca	TITLE-ABS-KEY ("blockchain" AND "food waste" AND "sustainability") AND (LANGUAGE , "English") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "Article"))
Fontes de busca	Scopus e Web of Science
Índices de busca	Título dos artigos (TI), Palavras-Chave e Resumo

Quadro 1. Protocolo de Pesquisa

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

Conforme demonstra-se no quadro 1 foram selecionadas as bases de dados *Scopus* e *Web of Science* (WoS), por possuírem um grande número de publicações em seu acervo. Após a seleção da base de dados, incluiu-se os critérios de busca e os filtros. Como critérios de busca utilizou-se os termos “*blockchain*” and “*waste food*” and “*sustainability*”. Definiu-se como idioma, o inglês. Desta forma, obteve-se 11 artigos na Scopus e 29 estudos na WoS. Destes estudos, oito foram excluídos por serem duplicados. Outros oito, por serem RSL ou bibliometria. E, após a leitura dos títulos e resumo, excluiu-se 13 pesquisas por não tratarem sobre a aplicação do blockchain na cadeia de suprimentos alimentícia. Assim, a base final de análise deste estudo é composta por 11 artigos. A figura 2 traz a representação das etapas aplicadas com o método PRISMA. Traz-se, ainda, que foi utilizado o software *draw-io*, para a elaboração do fluxograma.

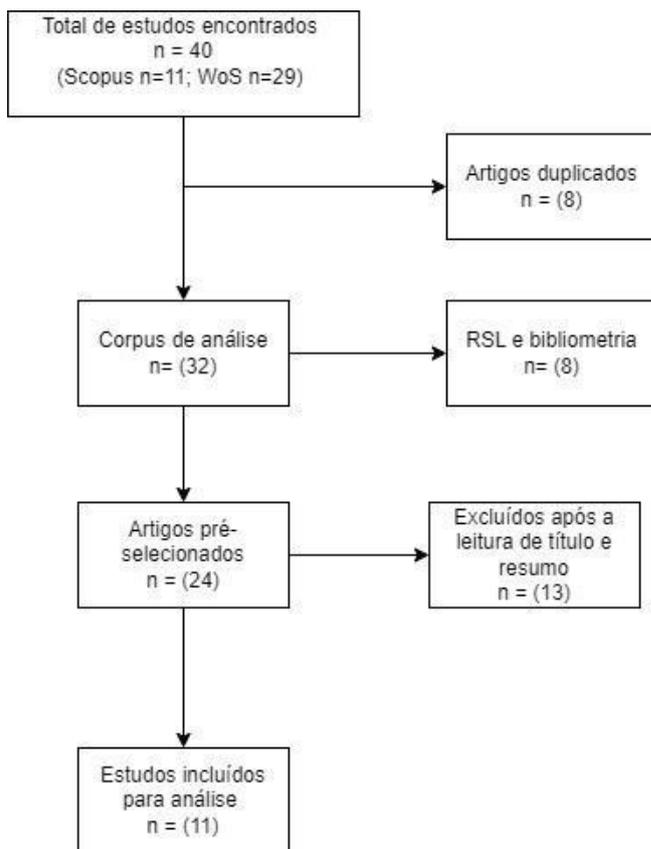


Figura 2. Modelo PRISMA de RSL

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Vantagens e Desvantagens do Blockchain na Cadeia de Suprimentos Alimentícia

Após análise do quadro 2, apresentado a seguir, pode-se concluir que as principais vantagens da aplicação do blockchain são a transparência, rastreabilidade e eficiência operacional. As principais desvantagens são o custo de implantação, complexidade e resistência à mudança. Traz-se ainda que, para a elaboração do quadro 2, foi utilizado o software excel, para a tabulação dos dados.

Autores	Ano	Vantagens da aplicação do Blockchain	Desvantagens da aplicação do Blockchain
Aggarwal <i>et al.</i>	2024	Transparência e Rastreabilidade. Redução de PDA. Eficiência Operacional.	Custo e complexidade de Implantação. Interoperabilidade. Segurança de Dados.
Hassoun <i>et al.</i>	2024	Rastreabilidade e Transparência. Redução de Fraudes e Erros. Gerenciamento de Resíduos. Eficiência Operacional.	Custo de Implementação. Complexidade Técnica. Infraestrutura Tecnológica. Desafios de Governança. Questões de Privacidade.
Niu <i>et al.</i>	2024	Rastreabilidade e Transparência. Redução de Erros de Manuseio e Problemas de Rotulagem. Coordenação e Cooperação entre Stakeholders. Eficiência operacional.	Custo Elevado de Implementação. Complexidade Técnica. Desafios de Escalabilidade. Interoperabilidade Limitada. Alto consumo de energia. Privacidade e Conformidade Regulatória.

Continua na próxima página...

Kafi <i>et al.</i>	2023	Transparência e Rastreabilidade. Redução de Fraudes e Melhora da Segurança Alimentar. Eficiência Operacional. Confiança do Consumidor. Redução de Impacto Ambiental. Melhoria na Colaboração entre Stakeholders.	Custo Elevado de Implantação. Complexidade. Problemas de Escalabilidade. Questões de Interoperabilidade. Privacidade e Conformidade Regulatória. Resistência à Mudança.
Yontar, E.	2023	Capacidade de prevenir o desperdício alimentar; Aumento da segurança alimentar; Vida útil do produto.	A capacidade técnica, a maturidade tecnológica e a viabilidade tecnológica desempenham um papel crítico na cadeia de abastecimento cíclica
Dey, <i>et al.</i>	2022	Transparência e Rastreabilidade. Imutabilidade de Dados. Redução de Fraudes e Contaminações. Gestão de Estoques.	Custo de Implementação. Complexidade Técnica. Escalabilidade. Interoperabilidade. Segurança de Dados. Conformidade Regulatória.
Jo <i>et al.</i>	2022	Rastreabilidade e Transparência. Redução de PDAs. Redução de Emissões de GEE. Eficiência Operacional. Segurança Alimentar.	Custo Alto de Implementação. Interoperabilidade. Resistência à Mudança. Manutenção e Atualização. Complexidade e Gerenciamento.
Trollman <i>et al.</i>	2022	Transparência e Rastreabilidade. Redução de custos. Práticas Sustentáveis. Segurança de dados.	Implementação Técnica Complexa. Questões de Confiança. Custo Inicial Elevado. Falta de Integração. Escalabilidade.
Wünsche, Fernqvist.	2022	Redução do desperdício alimentar, melhores condições de trabalho e hábitos sustentáveis.	Custos elevados de implantação, aderência de todos os usuários ao longo da cadeia
Luzzani <i>et al.</i>	2021	Transparência e Rastreabilidade. Redução de Fraudes. Gestão de Dados. Redução de custos. Maior aceitação de Stakeholders.	Complexidade e custo de Implantação. Custos de manutenção. Resistência à Mudança. Compatibilidade com Normas e Regulamentações.
Mangla	2021	Aumento da confiança no produto, do consumidor e na reputação dos vendedores.	Complexidade estrutural.

Quadro 2. Vantagens e Desvantagens da aplicação do Blockchain

Elaborado pelas autoras (2024).

Analisando o quadro 2, pode-se dizer que é unanimidade entre os autores que a principal vantagem do blockchain é a transparência e rastreabilidade dos produtos. Já como desvantagem, tem-se custos elevados e complexidade de implantação. Traz-se ainda, que embora os estudos tragam sobre os custos de implantação, nenhum deles mensurou o valor. Outro dado importante, e pouco citado nas pesquisas, refere-se ao consumo de energia elétrica, uma vez que os servidores que armazenam os dados, possuem alto consumo de energia.

4.2 Produção bibliográfica por ano

Embora o tema blockchain tenha surgido por meados do ano 2010, de acordo com as pesquisas na Scopus e WoS, publicações com sua aplicação na cadeia alimentícia começaram a surgir em 2021. A figura 3 representa graficamente as publicações por ano até o momento. O ano que houve o maior número de publicações foi 2022, com quatro artigos publicados sobre as vantagens e desvantagens da utilização do blockchain na cadeia alimentícia. Traz-se a informação de “até o momento” pois o ano de 2024 ainda está em curso e já possui três estudos publicados. Para a elaboração da figura 3, utilizou-se o software excel.

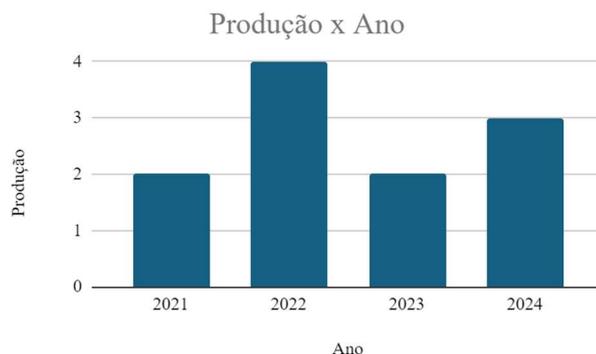


Figura 3. Publicações por ano

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024)

4.3 Rede de citações

A figura 4 traz a rede de citações dos autores. Através desta pode-se observar que os autores não se citam entre si. Uma hipótese que justifica essa questão é o fato de o assunto ser novo e pouco explorado. Desta forma, observa-se pequenos grupos isolados de citação. Para a elaboração da figura 4 utilizou-se os softwares *vosviewer* e *Rayyan*.

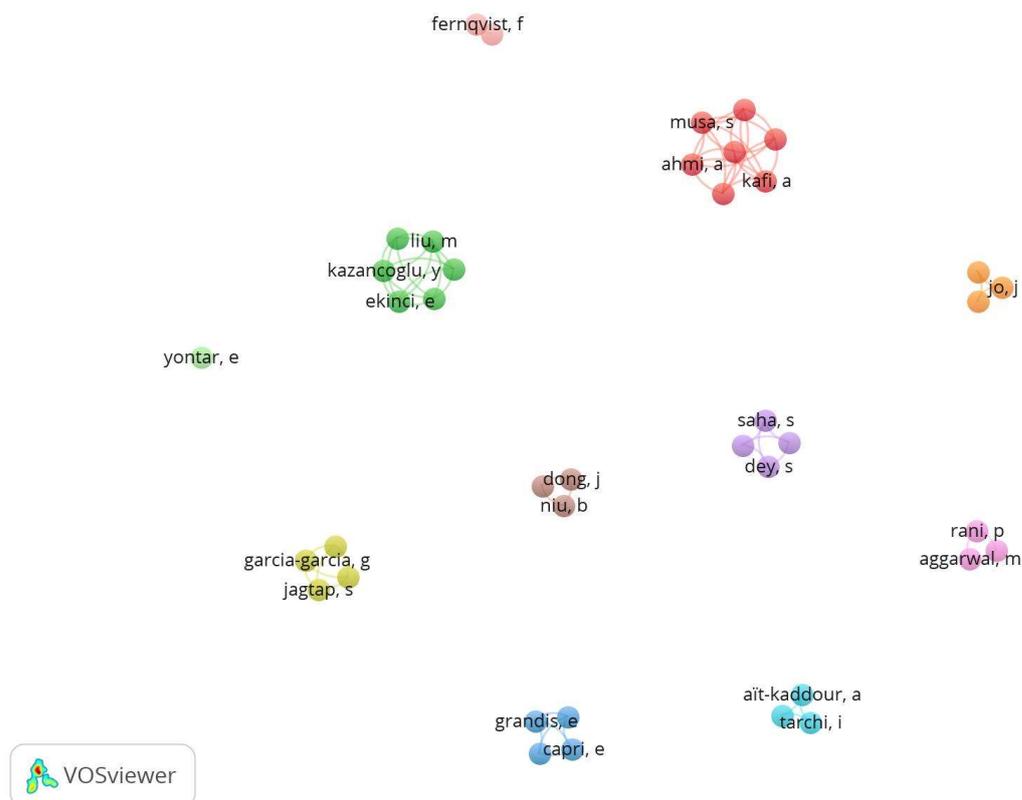


Figura 4. Rede de citações

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024)

4.4 Palavras-Chave

A figura 5 traz a rede das palavras-chave mais utilizadas nos artigos objeto deste estudo. Segundo a rede de palavras criada no *vosviewer*, as cinco palavras-

chave mais citadas são: blockchain, food supply, supply chain management, food security e sustainability.

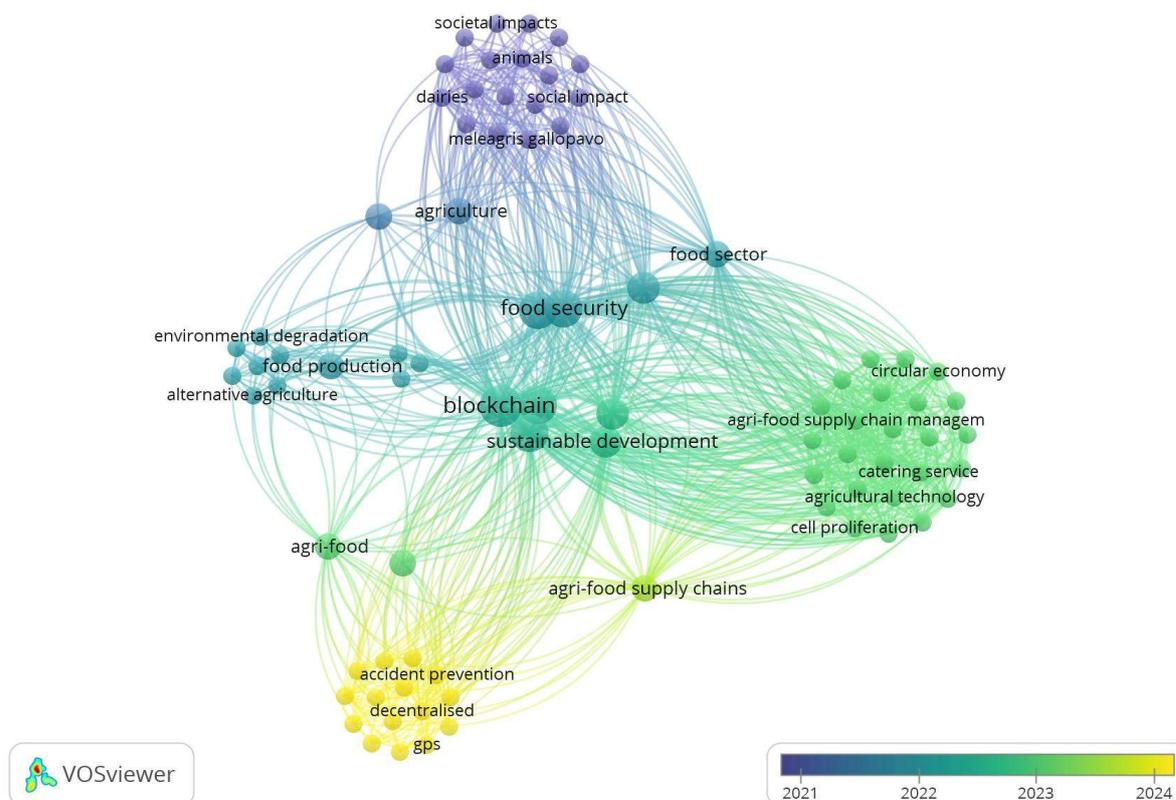


Figura 5. Palavras-Chave

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024)

5 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O blockchain pode se tornar o pioneiro em rastreabilidade e segurança alimentar, contribuindo para mitigar as perdas e desperdícios de alimentos. Destaca-se, ainda, que a utilização do blockchain também atua em conformidade com três ODS da ONU. Por possuir um controle de dados descentralizado, ele aumenta a segurança da informação em toda a cadeia, visto que não é possível fraudar ou adulterar os dados inseridos no sistema. Os resultados indicam que as principais vantagens de aplicação do blockchain são a transparência, rastreabilidade e segurança alimentar, ratificando a pesquisa de Yadav (2022). (YADAV, 2022). Os achados deste estudo corroboram ainda com o estudo de Barbosa (2021), que traz que o blockchain tem um potencial significativo para mitigar as PDA na cadeia de abastecimento de alimentos. No entanto, a implementação eficaz do blockchain enfrenta desafios como custos elevados, complexidade técnica e questões de privacidade e segurança. Os estudos analisados indicam que, embora o blockchain ofereça soluções robustas para a gestão PDA, sua aplicação bem-sucedida depende da superação dessas barreiras. (BARBOSA, 2021). Uma lacuna identificada nesta pesquisa é que todos os estudos analisam as vantagens e desvantagens da aplicação do blockchain de forma qualitativa, mas nenhum quantifica esses resultados. Os estudos trazem como pontos positivos (i) a redução de custos e desperdícios e (ii) a redução de perdas na cadeia produtiva. E como pontos negativos (i) alto custo de implantação e treinamento; (ii)

alto consumo de energia elétrica, entre outros. Uma sugestão de pesquisa futura, é a mensuração dos dados e custos da aplicação do blockchain. Quantificar estes dados, é fundamental para a tomada de decisão, amplificação de conhecimentos e investimentos em sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, Manoj et al. Revolutionizing agri-food supply chain management with blockchain-based traceability and navigation integration. *Cluster Computing*, p. 1-24, 2024.
- AGENDA 2030. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>>.
- ALLA, Kesava Rao; THANGARASU, Gunasekar. Blockchain Based Deep Learning for Sustainable Agricultural Supply Chain Management. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, v. 45, n. 2, p. 142-151, 2025.
- ALTMAN et. al. Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia Serviços Saúde*. Brasília, 2015.
- BARBOSA, Marcelo Werneck. Uncovering research streams on agri-food supply chain management: A bibliometric study. *Global Food Security*, v. 28, p. 100517, 2021.
- BUENO, Paulo Henrique Toledo. Panorama geral das perdas e desperdício de alimentos e soluções para o acesso à alimentação. 2019.
- CARO, Miguel Pincheira et al. Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain management: A practical implementation. In: 2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture-Tuscany (IOT Tuscany). IEEE, 2018. p. 1-4.
- CHUNDURI, Venkata et al. Blockchain-based secure optimized traceable scheme for smart and sustainable food supply chain. *Discover Sustainability*, v. 5, n. 1, p. 1-15, 2024.
- CRUZ, Bruna Laís Ojeda. Desperdício de Alimentos e Políticas Públicas. 2021.
- DA COSTA PIRES, Vanessa Cristina; SEABRA, Larissa Mont'Alverne Jucá; ROLIM, Priscilla Moura. A relação entre alimentação coletiva e gestão de resíduos: o papel da Educação Ambiental na redução do desperdício. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, v. 17, n. 5, p. 341-360, 2022.
- DE ARAUJO, G. P. Quais os porquês do desperdício de alimentos entre consumidores? Compreendendo o comportamento do consumidor para delinear soluções. 2018.
- DE ARAUJO, G. P. et al. Intercâmbio Brasil-União Europeia sobre desperdício de alimentos: relatório final. 2018.

- DEY, Somdip et al. SmartNoshWaste: Using blockchain, machine learning, cloud computing and QR code to reduce food waste in decentralized web 3.0 enabled smart cities. *Smart Cities*, v. 5, n. 1, p. 162-176, 2022.
- DORA, Manoj et al. A system-wide interdisciplinary conceptual framework for food loss and waste mitigation strategies in the supply chain. *Industrial Marketing Management*, v. 93, p. 492-508, 2021.
- DOS SANTOS, Cleberson Williams; GUIMARÃES, Camilla MC; JUNIOR, Alvaro Escrivão. O Engajamento para combater o desperdício de alimentos nos hospitais como estratégia de responsabilidade social corporativa. The engagement to reduce food waste in hospitals as a strategy for corporate social responsibility. *Amazônia, Organizações e Sustentabilidade*, v. 8, n. 1, p. 79-92, 2019.
- EMBRAPA. Perguntas e respostas sobre perdas e desperdício de alimentos. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/tema-perdas-e-desperdicio-de-alimentos/perguntas-e-respostas>>.
- FENG, Huanhuan et al. Applying blockchain technology to improve agri-food traceability: A review of development methods, benefits and challenges. *Journal of cleaner production*, v. 260, p. 121031, 2020.
- FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO. El Estado mundial de la agricultura alimentacion. Roma, 2019.
- GALVAO, M.C.B; RICARTE, I.L.M. Revisão Sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *LOGEION: Filosofia da informação*, Rio de Janeiro, v.6, p.57-73, 2020.
- GOMES, Fábio da Costa Batista et al. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E O COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS. *Anais do Seminário Científico do UNIFACIG*, n. 5, 2019.
- HASSOUN, Abdo; TARCHI, Inès; AÏT-KADDOUR, Abderrahmane. Leveraging the potential of fourth industrial revolution technologies to reduce and valorise waste and by-products in the dairy sector. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, p. 100927, 2024.
- JO, Jisung; YI, Sanghyuk; LEE, Eon-kyung. Including the reefer chain into genuine beef cold chain architecture based on blockchain technology. *Journal of Cleaner Production*, v. 363, p. 132646, 2022.
- KAFI, Abdul et al. Meta-analysis of food supply chain: pre, during and post COVID-19 pandemic. *Agriculture & Food Security*, v. 12, n. 1, p. 1-22, 2023.
- KAMILARIS, Andreas; FONTS, Agusti; PRENAFETA-BOLD'Y, Francesc X. The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in food science & technology*, v. 91, p. 640-652, 2019.
- KAYIKCI, Yaşanur et al. Food supply chain in the era of Industry 4.0: Blockchain technology implementation opportunities and impediments from the perspective

of people, process, performance, and technology. *Production planning & control*, v. 33, n. 2-3, p. 301-321, 2022.

- LI, Kunpeng; LEE, Jun-Yeon; GHAREHGOZLI, Amir. Blockchain in food supply chains: a literature review and synthesis analysis of platforms, benefits and challenges. *International Journal of Production Research*, v. 61, n. 11, p. 3527-3546, 2023.
- LUO, Na; OLSEN, Tava Lennon; LIU, Yanping. A conceptual framework to analyze food loss and waste within food supply chains: An operations management perspective. *Sustainability*, v. 13, n. 2, p. 927, 2021.
- LUZZANI, G. et al. Blockchain Technology in Wine Chain for Collecting and Addressing Sustainable Performance: An Exploratory Study. *SUSTAINABILITY*, Vol. 13 (22). 2021.
- MANGLA, Sachin Kumar et al. Using system dynamics to analyze the societal impacts of blockchain technology in milk supply chainsrefer. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 149, p. 102289, 2021.
- NIU, Baozhuang; ZHANG, Enkai; DONG, Jian. Mitigating triple-marginalization in a multi-tier product tracking system: blockchain application and real-data validation. *International Journal of Production Research*, p. 1-19, 2024.
- PARFITT, Julian; BARTHEL, Mark; MACNAUGHTON, Sarah. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences*, v. 365, n. 1554, p. 3065-3081, 2010.
- PEIXOTO, Marcus. Perdas e desperdício de alimentos: panorama internacional e proposições legislativas no Brasil. *Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios*, p. 134, 2018.
- PIRES, Vanessa Cristina da Costa. Alimentação coletiva e gestão de resíduos: uma relação sólida?. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- QUEVEDO, Daniella Cristina Santos et al. Perda e desperdício de alimentos no Brasil: as contribuições do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) para sua redução. 2023.
- SILVA, Camilly Ferreira da; IOVINO, Henrique; NASCIMENTO, Maria Lívia Barbosa do. *Desperdício de alimentos no setor agrícola*. 2021.
- SPINOSA, Aline do Monte. *Análise e mensuração do desperdício de alimentos em um restaurante universitário*. 2019.
- TAMBOSI, Luciana Rubini; DIAS, Marco Antônio Harms. Desperdício de alimentos: agendas globais e articulação com movimentos locais. *REUNIR Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade*, v. 10, n. 2, p. 1-11, 2020.

TROLLMAN, Hana et al. Blockchain for ecologically embedded coffee supply chains. *Logistics*, v. 6, n. 3, p. 43, 2022.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2021. UNEP Food Waste Index report 2021. Nairobi.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3a8baf8c-960d-4105-9538-e4bd9b1d4503/content/cc7088en.html#/12>

YADAV, Vinay Surendra et al. Exploring the application of Industry 4.0 technologies in the agricultural food supply chain: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, v. 169, p. 108304, 2022.

YONTAR, Emel. Critical success factor analysis of blockchain technology in agri-food supply chain management: A circular economy perspective. *Journal of Environmental Management*, v. 330, p. 117173, 2023.

WÜNSCHE, Julia Francesca; FERNQVIST, Fredrik. The potential of blockchain technology in the transition towards sustainable food systems. *Sustainability*, v. 14, n. 13, p. 7739, 2022.

ZARO, Marcelo. Projeto Alimentar Mais Desperdiçando Menos: Instigando um olhar sensível do jovem educando para a mitigação do desperdício de alimentos. *Ambientalmente sustentável: Revista científica galego-lusófona de educación ambiental*. A Coruña, Espanha: Universidade da Coruña, 2017. Vol. 1, n. 23-24 (Jan./Dez. 2017), p. 75-95., 2017.