DISRUPÇÕES GLOBAIS E RESILIÊNCIA NO SETOR ALIMENTÍCIO: O PAPEL DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS NA CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS ALIMENTARES SUSTENTÁVEIS

Priscila Campos de Freitas Caetano[1*], Viviane Lopes Pereira[1], Bruno Ricardo de Castro Leite Júnior[1]

[1]Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil
**priscila.caetano@ufv.br*

Resumo: As disrupções ambientais, econômicas e tecnológicas têm intensificado os desafios dos sistemas alimentares globais. Nesse contexto, a Ciência e Tecnologia de Alimentos exerce papel estratégico no desenvolvimento de processos sustentáveis, tecnologias emergentes, bioeconomia circular e alimentos funcionais. A integração entre inovação, sustentabilidade e transformação digital fortalece a resiliência, a segurança alimentar e a eficiência produtiva frente aos desafios do século XXI.

Palavras-chave: Economia circular; Indústria 5.0; Processamento sustentável; Segurança alimentar; Tecnologias emergentes.

INTRODUÇÃO

Os sistemas alimentares globais enfrentam um cenário crescente de instabilidade e disrupção, impulsionado por mudanças climáticas, crescimento populacional, crises econômicas, escassez de recursos naturais e insegurança alimentar. Eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, enchentes e elevação das temperaturas, têm comprometido a produtividade agrícola, afetando diretamente a disponibilidade e a qualidade dos alimentos em escala mundial. Paralelamente, o aumento da população global e a intensificação da urbanização ampliam a demanda por alimentos, água e energia, pressionando ainda mais os sistemas produtivos. Nesse contexto, organizações internacionais como a Food and Agriculture Organization (FAO) e a Organização das Nações Unidas (ONU) destacam a necessidade urgente de transformação dos sistemas alimentares, visando maior resiliência, sustentabilidade e segurança alimentar frente aos desafios do século XXI (Giovannucci, 2012 e Rojas-Reyes *et al*., 2024).

Além dos impactos ambientais e econômicos, o setor alimentício enfrenta desafios relacionados às elevadas perdas e desperdícios de alimentos ao longo da cadeia produtiva, ao aumento dos custos energéticos e à crescente pressão por processos ambientalmente sustentáveis. Estima-se que aproximadamente um terço dos alimentos produzidos globalmente seja perdido ou desperdiçado, contribuindo significativamente para emissões de gases de efeito estufa, desperdício hídrico e perdas econômicas (Olabode *et al*., 2025). Simultaneamente, consumidores têm demonstrado maior interesse por produtos saudáveis, sustentáveis, funcionais e obtidos por processos com menor impacto ambiental, impulsionando mudanças no perfil de consumo e exigindo maior transparência, rastreabilidade e eficiência produtiva por parte da indústria de alimentos (Herrero *et al*., 2023). Dessa forma, torna-se necessária a adoção de estratégias inovadoras capazes de reduzir impactos ambientais, otimizar recursos e fortalecer a estabilidade das cadeias alimentares.

Nesse cenário, a Ciência e Tecnologia de Alimentos desempenha papel estratégico na construção de sistemas alimentares mais resilientes e adaptáveis às disrupções contemporâneas. O avanço de tecnologias emergentes, como inteligência artificial, digitalização industrial, automação, internet das coisas (IoT) e modelagem preditiva, tem possibilitado maior controle, eficiência e sustentabilidade nos processos produtivos (Hassoun, 2025). Adicionalmente, tecnologias verdes e métodos não convencionais de processamento, incluindo ultrassom, altas pressões hidrostáticas, plasma frio e extrações sustentáveis, têm sido amplamente investigados como alternativas para redução do consumo energético, aumento da eficiência industrial e preservação da qualidade nutricional dos alimentos (Khojasteh *et al*., 2025). Paralelamente, a bioeconomia circular e a valorização de coprodutos agroindustriais surgem como abordagens promissoras para redução de resíduos, recuperação de compostos bioativos e desenvolvimento de ingredientes funcionais de alto valor agregado, contribuindo para sustentabilidade

econômica e ambiental do setor alimentício (Ligarda-Samanez *et al*., 2025).

Diante desse contexto, torna-se evidente que a integração entre inovação tecnológica, sustentabilidade e transformação digital constitui um dos principais caminhos para fortalecimento da resiliência dos sistemas alimentares globais. Assim, o presente trabalho tem como objetivo discutir como a Ciência e Tecnologia de Alimentos pode contribuir para o desenvolvimento de sistemas alimentares mais resilientes, sustentáveis e tecnologicamente adaptáveis frente às disrupções ambientais, econômicas, tecnológicas e sociais do século XXI.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão narrativa crítica, de abordagem qualitativa, exploratória e interdisciplinar, desenvolvida com o objetivo de analisar o papel da Ciência e Tecnologia de Alimentos na promoção da resiliência dos sistemas alimentares frente às disrupções ambientais, econômicas, tecnológicas e sociais contemporâneas. O estudo foi conduzido por meio de levantamento não sistemático e análise interpretativa de publicações científicas nacionais e internacionais indexadas nas bases Scopus, Web of Science, ScienceDirect e PubMed. Foram considerados artigos científicos, revisões e documentos institucionais publicados predominantemente nos últimos anos, além de referências clássicas relevantes para contextualização teórica. Utilizaram-se descritores relacionados à sustentabilidade, segurança alimentar, bioeconomia circular, desperdício alimentar, tecnologias emergentes, inteligência artificial, indústria 4.0 e transformação digital no setor alimentício. A análise buscou identificar os principais desafios enfrentados pelos sistemas alimentares globais, bem como estratégias tecnológicas e sustentáveis capazes de contribuir para maior eficiência, adaptabilidade e resiliência das cadeias de produção de alimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As múltiplas disrupções ambientais, econômicas, tecnológicas e sociais têm ampliado significativamente a vulnerabilidade dos sistemas alimentares globais, exigindo maior capacidade de adaptação e inovação por parte da indústria de alimentos. As mudanças climáticas representam um dos principais desafios contemporâneos, afetando diretamente a produtividade agrícola, a disponibilidade hídrica e a estabilidade das cadeias produtivas. Eventos extremos, como secas prolongadas, enchentes e ondas de calor, têm reduzido a previsibilidade da produção de alimentos e intensificado problemas relacionados à degradação do solo, escassez de recursos naturais e insegurança alimentar. Além disso, fatores econômicos e geopolíticos, incluindo crises energéticas e oscilações nos custos logísticos, aumentam a instabilidade das cadeias globais de abastecimento, comprometendo o acesso da população a alimentos nutritivos e de qualidade. Nesse cenário, a Ciência e Tecnologia de Alimentos torna-se estratégica no desenvolvimento de soluções capazes de aumentar a estabilidade produtiva, reduzir perdas e fortalecer sistemas alimentares mais resilientes e sustentáveis (Devarajan *et al*., 2026).

Paralelamente, a bioeconomia circular tem se consolidado como uma abordagem promissora para redução de desperdícios e valorização sustentável de coprodutos agroindustriais. Resíduos provenientes das cadeias produtivas frequentemente apresentam elevado potencial para recuperação de compostos bioativos, fibras alimentares, proteínas e antioxidantes, permitindo sua aplicação na formulação de ingredientes funcionais e produtos de maior valor agregado. Tecnologias sustentáveis de extração e processamento, como ultrassom, alta pressão hidrostática, plasma frio atmosférico e processos enzimáticos, destacam-se por promover maior eficiência de extração, redução do consumo energético e menor utilização de solventes químicos quando comparadas aos métodos convencionais. Além de favorecer a preservação das propriedades funcionais e nutricionais dos compostos obtidos, essas tecnologias contribuem para redução do impacto ambiental e fortalecimento da economia circular, tornando-se ferramentas relevantes para transformação sustentável do setor alimentício (Boudalia *et al*., 2026).

O avanço das tecnologias emergentes e da transformação digital também tem promovido profundas mudanças na indústria de alimentos. Ferramentas baseadas em inteligência artificial, aprendizado de máquina, modelagem preditiva, sensores inteligentes e internet das coisas (IoT) vêm sendo utilizadas para monitoramento em tempo real, rastreabilidade, otimização de processos industriais e redução de desperdícios ao longo da cadeia produtiva. Essas tecnologias ampliam a eficiência operacional e permitem tomada de decisões mais rápidas e precisas, favorecendo maior estabilidade e competitividade das cadeias alimentares. Além disso, o conceito de Indústria 4.0 tem ganhado destaque ao integrar automação avançada, sustentabilidade e colaboração entre humanos e sistemas inteligentes, possibilitando processos produtivos mais flexíveis, personalizados e ambientalmente responsáveis (Hussein *et al*., 2026).

As mudanças no comportamento do consumidor também têm impulsionado a demanda por alimentos

funcionais, sustentáveis e com formulações mais naturais e reduzido uso de aditivos artificiais, associados à promoção da saúde e prevenção de doenças. Compostos bioativos, prebióticos, probióticos e fibras alimentares vêm sendo amplamente investigados devido à sua capacidade de modular positivamente a microbiota intestinal e contribuir para saúde metabólica e imunológica. Simultaneamente, cresce o interesse por produtos obtidos a partir de ingredientes naturais e processos menos agressivos, estimulando o desenvolvimento de tecnologias capazes de preservar características nutricionais e sensoriais dos alimentos. Nesse contexto, a valorização de coprodutos agroindustriais para obtenção de ingredientes funcionais surge como alternativa promissora para redução de resíduos, agregação de valor e fortalecimento da sustentabilidade no setor alimentício (Sangma, 2026).

A integração entre desafios globais, soluções tecnológicas e estratégias sustentáveis aplicadas à construção de sistemas alimentares resilientes está apresentada na Figura 1.

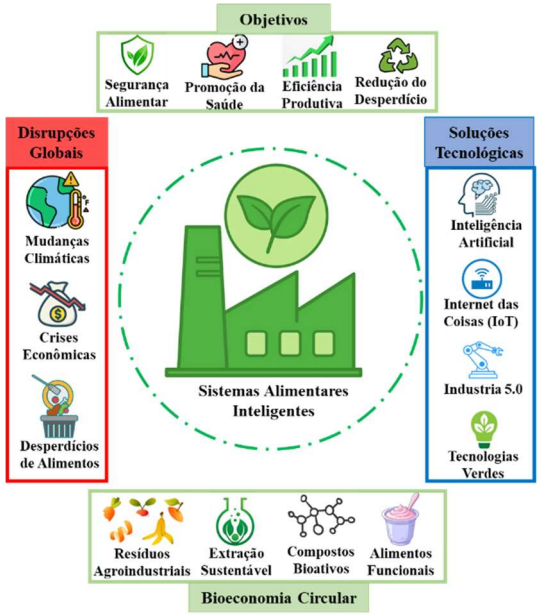


Figura 1. Disrupções globais e resiliência dos sistemas alimentares.

Dessa forma, observa-se que a construção de sistemas alimentares resilientes depende diretamente da integração entre inovação tecnológica, sustentabilidade, transformação digital e abordagens interdisciplinares. A Ciência e Tecnologia de Alimentos desempenha papel central nesse processo ao promover avanços relacionados à otimização de recursos, redução de desperdícios, valorização de resíduos agroindustriais, desenvolvimento de alimentos funcionais e implementação de tecnologias emergentes. A incorporação dessas estratégias possibilita maior eficiência produtiva, segurança alimentar e adaptabilidade frente às disrupções globais contemporâneas, contribuindo para construção de cadeias alimentares mais sustentáveis, inteligentes e preparadas para os desafios futuros (Kostić *et al*., 2026). Os principais desafios enfrentados pelo setor alimentício, bem como as estratégias tecnológicas associadas à resiliência dos sistemas alimentares, estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Principais disrupções enfrentadas pelo setor alimentício e estratégias tecnológicas associadas à resiliência dos sistemas alimentares.

Disrupções Globais	Impactos no Setor Alimentício	Estratégias Tecnológicas	Benefícios Potenciais
Mudanças climáticas	Escassez hídrica e insegurança alimentar	Processamento sustentável	Segurança alimentar
Crises econômicas e energéticas	Aumento de custos produtivos	Automação e otimização industrial	Eficiência operacional
Desperdício alimentar	Perdas econômicas e ambientais	Bioeconomia circular	Redução de resíduos
Transformação digital	Necessidade de rastreabilidade	IA, IoT e modelagem preditiva	Monitoramento em tempo real
Mudanças no consumo	Demanda por alimentos saudáveis	Alimentos funcionais e menor adição de aditivos	Inovação e valor agregado
Pressão por sustentabilidade	Redução do impacto ambiental	Tecnologias verdes	Produção sustentável

FONTE: Adaptado de Harsanto *et al*. (2025).

CONCLUSÃO

As múltiplas disrupções ambientais, econômicas, tecnológicas e sociais do século XXI evidenciam que a resiliência dos sistemas alimentares depende da capacidade de integração entre inovação científica, sustentabilidade e transformação digital. Nesse contexto, a Ciência e Tecnologia de Alimentos assume papel estratégico no desenvolvimento de processos produtivos mais eficientes, sustentáveis e adaptáveis, por meio da incorporação de tecnologias não convencionais, bioeconomia circular, valorização de coprodutos agroindustriais e digitalização industrial. Além de contribuir para redução de desperdícios, otimização de recursos e fortalecimento da segurança alimentar, essas abordagens possibilitam a construção de cadeias alimentares mais inteligentes, resilientes e alinhadas às novas demandas da sociedade contemporânea. Dessa forma, a atuação interdisciplinar da Ciência e Tecnologia de Alimentos torna-se essencial para promover sistemas alimentares capazes de enfrentar os desafios globais atuais e futuros, conciliando desenvolvimento tecnológico, sustentabilidade e qualidade de vida.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Código Financeiro 001), FINEP (23.01.0632.00) e CNPq-FAPEMIG (APQ-00785-23; APQ-06600-24; RED-00157-23).

REFERÊNCIAS

BOUDALIA, S.; SYMEON, G. K.; DOTAS, V.; et al. The Valorization of Agrifood Byproducts and Waste to Advance the Sustainable Development Goals: Current State and New Perspectives. **Sustainability**, v. 18, n. 5, 2026.

DEVARAJAN, Y.; CHENNIAPPAN, T.; ROSHITA; et al. Adapting agriculture for climate resilience: Strategies for sustainable production and food security. **Results in Engineering**, v. 29, p. 109632, 2026.

GIOVANNUCCI, D. **United Nations Department of Economic and Social Affairs Division for Sustainable Development Sustainable Development in the 21st century (SD21) Food and Agriculture: The future of sustainability**. 2012.

HARSANTO, B.; KASUMANINGRUM, Y.; ARVIANSYAH, M. R.; et al. Leveraging disruptive technologies for food security: A systematic review on agricultural supply chain resilience to climate change. **Current Research in Food Science**, v. 10, p. 101079, 2025.

HASSOUN, A. Food sustainability 4.0: harnessing fourth industrial revolution technologies for sustainable food systems. **Discover Food**, v. 5, n. 1, p. 171, 2025.

HERRERO, M.; HUGAS, M.; LELE, U.; WIRAKARTAKUSUMAH, A.; TORERO, M. A Shift to Healthy and Sustainable Consumption Patterns. **Science and Innovations for Food Systems Transformation**. p.59–85, 2023. Cham: Springer International Publishing.

HUSSEIN, J. B.; WORKNEH, T. S.; KASSIM, A.; et al. Exploring Trends and Future Developments in the Application of Artificial Intelligence in Food Processing and Preservation. **Food Engineering Reviews**, v. 18, n. 2, p. 16, 2026.

KHOJASTEH, S. K.; ELMIZADEH, A.; SARRAF, M.; DODANGE, S. Non-thermal innovations in solid food processing: Eco-friendly alternatives to thermal methods. **Applied Food Research**, v. 5, n. 2, p. 101256, 2025.

KOSTIĆ, M.; ŠARAC, V.; NARANDŽIĆ, T.; BURSAĆ KOVAČEVIĆ, D. Digital and Green Technological Drivers of Transformation in the Agri-Food Sector. **Foods**, v. 15, n. 6, p. 1081, 2026.

LIGARDA-SAMANEZ, C. A.; HUAMÁN-CARRIÓN, M. L.; CALSINA-PONCE, W. C.; et al. Technological Innovations and Circular Economy in the Valorization of Agri-Food By-Products: Advances, Challenges and Perspectives. **Foods**, v. 14, n. 11, p. 1950, 2025.

OLABODE, O.; KUMAR, N.; DE, D. Food loss and waste management in the retail food supply chain: Methods and framework to achieve environmental sustainability. **Journal of Environmental Management**, v. 387, p. 125718, 2025.

ROJAS-REYES, J. J.; RIVERA-CADAVID, L.; PEÑA-OROZCO, D. L. Disruptions in the food supply chain: A literature review. **Heliyon**, v. 10, n. 14, p. e34730, 2024.

SANGMA, J. J. D. Future Trends in Functional Foods and Nutraceutical Development. **Journal of Food and Biotechnology**, v. 7, n. 1, p. 30–33, 2026.