Examinando riscos e estratégias em cadeias de suprimentos de alimentos

Eveliny Dias de Medeiros (UFSC) *evelinydias@gmail.com*
Jeffson Veríssimo de Oliveira (UFSC) *jeffsonverissimo@gmail.com*
Gisele Lorena Diniz (UFSC) *gisele.chaves@ufsc.br*

Resumo

Este estudo visa identificar os principais riscos nas cadeias de suprimentos de alimentos e propor estratégias eficazes de mitigação. Um painel com 9 especialistas avaliou a relevância dos riscos e estratégias elencados por meio da aplicação do método multicritério TOPSIS. Os resultados indicam que os riscos de propriedade intelectual, inventário e logística, e capacidade são os mais críticos. As estratégias mais eficazes incluem o uso de tecnologias avançadas, a diversificação de fornecedores, a implementação de sistemas de gestão de qualidade e a adoção de práticas sustentáveis. Embora este estudo tenha sido desenvolvido com uma amostra limitada de especialistas, os resultados contribuem para o avanço do conhecimento sobre a gestão de riscos nas cadeias de suprimentos de alimentos. As discussões apresentadas podem subsidiar as empresas do setor alimentício na identificação dos principais riscos e na priorização de ações de mitigação, contribuindo para a construção de cadeias de suprimentos mais resilientes e sustentáveis.

Palavras-Chaves: *Cadeia de suprimentos de alimentos, Riscos, Estratégias, Modelagem multicritério.*

1. Introdução

As cadeias de suprimentos de alimentos (CSA's) são notoriamente complexas, abrangendo uma ampla diversidade. Nas últimas décadas, a globalização e o avanço tecnológico têm aumentado significativamente essa complexidade, criando obstáculos e tornando as CSA's mais interdependentes e vulneráveis a diversos riscos e perturbações (Sun *et al.*, 2023; Zhao *et al.,* 2020). A interconexão entre fornecedores, fabricantes e distribuidores, somada à natureza global dessas cadeias, intensifica a necessidade de garantir seu funcionamento eficaz em um ambiente de negócios cada vez mais dinâmico e volátil (Ali *et al.*, 2024).

Incidentes imprevistos podem causar interrupções que expõem a fragilidade das cadeias contemporâneas, amplificando os múltiplos riscos enfrentados por essas redes globalizadas e extensas. A crescente demanda, a adaptação a novos modelos de negócios e a globalização

impulsionam essa complexidade, exigindo abordagens inovadoras de gestão para manter a resiliência das CSA's (Gruzauskas *et al.,*2023).

Com a frequência crescente de eventos perturbadores, sejam eles causados por catástrofes naturais ou humanas, a gestão do risco na cadeia de suprimentos tornou-se um campo de estudo emergente, buscando proteger essas cadeias e garantir benefícios sustentáveis a longo prazo para todas as partes envolvidas (Bassett *et al.,* 2021). Embora existam estudos sobre riscos nas cadeias de suprimentos, ainda há uma carência de pesquisas focadas nas CSA's. Por exemplo, Ali *et al.* (2023) exploram a relação entre gestão do conhecimento, cultura de gestão de risco e resiliência, enquanto Ali e Govindan, (2023) analisam o impacto das tecnologias 4.0 nos riscos operacionais. Jacobi *et al.* (2019) destacam a resiliência dos sistemas alimentares em regiões-chave. Contudo, apesar de fornecerem direcionamentos importantes esses estudos nem sempre resultam em estratégias adaptativas eficazes, evidenciando a necessidade de políticas inovadoras.

Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo identificar os riscos nas CSA's e avaliar as estratégias de mitigação mais eficazes. Para isso, aplica a técnica multicritério TOPSIS para classificar as estratégias que melhor reduzem os riscos identificados na literatura, contribuindo para uma gestão mais eficiente da cadeia de suprimentos de alimentos.

2. Referencial Teórico

2.1 Riscos em cadeias de suprimentos

A gestão de riscos na cadeia de suprimentos é necessária para assegurar a continuidade das operações em um ambiente global, complexo e interconectado (Chopra; Hugos, 2018; Lambert *et al*.,1998). Os riscos podem interromper o fluxo normal de bens e serviços, impactando negativamente os objetivos organizacionais. Com base na literatura os foram sintetizados em dez principais riscos com suas respectivas estratégias, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Riscos nas CSA's

Riscos	**Definição**
Risco de disrupção	São causados por eventos inesperados como desastres naturais, ataques terroristas, falências de fornecedores e disputas trabalhistas, que podem impactar severamente as operações de uma empresa.
Riscos de Previsão e Demanda	Combina a precisão das previsões de demanda e as variações nas preferências dos consumidores. Previsões imprecisas podem levar a decisões inadequadas de inventário e produção. Por sua vez, a demanda está associada à variabilidade e mudanças nas preferências dos consumidores. Previsão inadequada da demanda pode resultar em decisões inadequadas de inventário e produção
Riscos de	Relacionados à terceirização global e à integração vertical, incluem questões de

Riscos	Definição
Propriedade Intelectual	confidencialidade e compliance.
Riscos de Aquisição e Fornecimento	No que diz respeito a aquisição envolvem flutuações cambiais, variações nos preços dos insumos e dependência de fornecedores únicos. Já em relação aos riscos de fornecimento, incluem falhas no fornecimento e dependência de fornecedores únicos e a falência de fornecedores.
Riscos de Inventário e Logística	Quanto ao risco de inventário, a obsolescência de produtos, custos de manutenção e incerteza na demanda. Para a logística envolvem problemas na produção, transporte ou entrega, como alta utilização de capacidade, inflexibilidade e problemas de qualidade.
Riscos de Capacidade	Referem-se aos custos e à flexibilidade da capacidade de produção. Empresas com capacidade flexível podem ajustar rapidamente suas operações, enquanto aquelas com capacidade fixa podem enfrentar dificuldades em períodos de alta variabilidade na demanda.
Riscos Operacionais	Envolvem falhas dentro dos processos de produção, como falhas de equipamentos, problemas de qualidade, desempenho operacional e falhas de sistemas.
Riscos Financeiros	Relacionados a fatores econômicos como oscilações de preço e taxas de câmbio, que podem afetar os custos de produção.
Riscos Ambientais, Sociais e Regulatórios	Os Riscos Ambientais e Sociais envolvem desastres naturais, sustentabilidade e segurança alimentar. Por sua vez, com relação aos aspectos regulatórios e legais, estes exigem conformidade rigorosa com as regulamentações, garantida pela seleção de fornecedores confiáveis e a adoção de práticas sustentáveis.
Riscos de Sistemas	Relacionados a falhas em sistemas de TI que suportam operações críticas da cadeia de suprimentos.

Fonte: Adaptado de Medeiros *et al.* (2024)

A identificação e mitigação eficaz de riscos nas CSA's são importantes para fortalecer a resiliência organizacional e garantir a continuidade operacional.

2.2 Estratégias de mitigação

As estratégias para mitigar riscos nas CSA's consistem em um conjunto de ações e práticas organizadas com o objetivo de identificar, avaliar e minimizar tanto a probabilidade quanto o impacto de eventos negativos que possam ocorrer ao longo de toda a cadeia de suprimentos. A partir da literatura consultada algumas estratégias foram identificadas, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Riscos e estratégias de mitigação nas CSA's

Riscos	Estratégias de mitigação
Risco de disrupção	Diversificação de fornecedores Estabelecimento de rotas logísticas alternativas Criação de planos de contingência Adoção de seguros para riscos Implementação de tecnologias de monitoramento em tempo real Colaboração entre exportadores e importadores
Riscos de Previsão e Demanda	Uso de tecnologias avançadas de previsão Monitoramento contínuo de tendências de consumo Implementação de sistemas de alerta precoce Análise estatística de dados históricos de vendas Parcerias com instituições de pesquisa para modelagem de previsões Diversificação de canais de venda
Riscos de Propriedade Intelectual	Implementação de patentes e acordos de confidencialidade

Riscos	**Estratégias de mitigação**
	Integração vertical da cadeia de suprimentos Uso de tecnologias de rastreamento como RFID e *blockchain* Estabelecimento de políticas de proteção de propriedade intelectual
Riscos de Aquisição e Fornecimento	Auditorias rigorosas de fornecedores Contratos detalhados com cláusulas de qualidade Desenvolvimento de fornecedores locais Uso de sistemas avançados de informação para transporte e gestão de estoques Implementação de práticas de seleção de fornecedores baseadas em desempenho Diversificação de fontes de fornecimento para reduzir riscos
Riscos de Inventário e Logística	Implementação de *Just-in-Time* ajustado Uso de tecnologias de rastreamento para monitoramento de estoques Desenvolvimento de estoques de segurança Melhoramento da infraestrutura de transporte e comunicação
Riscos de Capacidade	Investimento em automação para aumentar a capacidade de produção Planejamento de expansão das instalações Treinamento de funcionários para melhorar a eficiência operacional Implementação de sistemas de monitoramento de desempenho de capacidade
Riscos Operacionais	Implementação de programas de manutenção preventiva Adoção de práticas agrícolas sustentáveis; Treinamento contínuo em segurança alimentar Monitoramento de conformidade regulatória Implementação de HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*)
Riscos Financeiros	Hedging de commodities para proteger contra flutuações de preços Gestão financeira prudente para garantir a estabilidade econômica Monitoramento de riscos econômicos globais Desenvolvimento de reservas financeiras para emergências
Riscos Ambientais, Sociais e Regulatórios	Certificações ambientais e sociais para práticas agrícolas sustentáveis Programas de redução de consumo de energia e água Desenvolvimento de políticas de responsabilidade social corporativa (RSC) Conformidade rigorosa com regulamentações locais e internacionais.
Riscos de Sistemas	Implementação de medidas de segurança cibernética Desenvolvimento de planos de recuperação de desastres de TI Monitoramento contínuo de sistemas de TI para detectar vulnerabilidades Adoção de tecnologias de *backup* de dados e redundância

Fonte: Autores (2024)

As estratégias de mitigação de riscos nas CSA's são essenciais para assegurar a continuidade das operações, garantia da qualidade dos produtos e proteção da segurança alimentar, bem como a reputação das empresas e a satisfação dos consumidores.

A gestão de riscos nas CSA's também abrange a mitigação de riscos associados à aquisição de matérias-primas e ingredientes, vulneráveis a falhas de fornecimento e qualidade. Estratégias como auditorias rigorosas de fornecedores, contratos detalhados e o desenvolvimento de fornecedores locais (Onyeaka *et al*., 2023). Além disso, a gestão adequada de inventários, utilizando estratégias como *Just-in-Time* ajustado e tecnologias de rastreamento (Maritano *et al.*, 2024), otimiza os níveis de estoque e garante a disponibilidade dos produtos.

Por fim, a colaboração com fornecedores e clientes é essencial para mitigar riscos de demanda e fornecimento. Programas de gestão de qualidade, desenvolvimento conjunto de novos produtos e compartilhamento de informações de demanda são estratégias eficazes (Afifa; Santoso, 2022). Para riscos financeiros, como flutuações econômicas, a gestão financeira prudente e o uso de tecnologias da Indústria 4.0, como IoT, *big data analytics* e *blockchain*, melhoram a visibilidade e o compartilhamento de informações em tempo real, fortalecendo a resiliência da cadeia de suprimentos (Ali *et al.*, 2024).

3. Metodologia

Inicialmente, os riscos e as respectivas estratégias de mitigação na CSA's foram identificados por meio de uma revisão da literatura. Para elaborar a revisão, foram consultadas as bases *Scopus* (título, resumo e palavras-chave), *Web of Science* (tópico) e *Google Scholar*. Os eixos temáticos abordados incluem a cadeia de suprimentos de alimentos, os principais riscos associados a essas cadeias e as estratégias de mitigação propostas.

Após isso, para a pesquisa de campo, foi desenvolvido um questionário a fim de verificar a opinião de especialistas que trabalham e/ou estão envolvidos na área de alimentos acerca dos riscos prioritários e estratégias de mitigação mais eficazes. O questionário foi desenvolvido utilizando o Google Forms® e dividido em duas seções. A primeira seção contém perguntas para extrair informações sobre o perfil dos especialistas, como área de atuação, tempo de experiência, entre outros. A segunda seção aborda questões que se referem à identificação das principais estratégias de mitigação dos riscos elencados e, a partir disso, os riscos que devem são mais prioritários para as CSA's.

Os dados do questionário foram analisados inicialmente a partir de medidas de tendência central e análise descritiva. Adicionalmente, com base nas respostas obtidas na seção 2 do questionário, buscou-se determinar quais riscos são prioritários e quais estratégias foram consideradas mais relevantes para a minimização desses riscos. Para gerar maior robustez nessa etapa, optou-se por utilizar uma técnica de decisão multicritério.

O método adotado foi o TOPSIS (Técnica para Ordem de Preferência por Similaridade com a Solução Ideal). O método baseia-se na escolha da alternativa que apresente a menor distância da solução ideal positiva e a maior distância da solução negativa. A solução positiva ideal é aquela que maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios onerosos; enquanto que a solução negativa proporciona a relação oposta, maximizando os critérios de custo e minimizando os de benefício (Karimi et al., 2011). O processo é simples e o procedimento de

solução não muda independentemente do número de critérios de decisão e alternativas. Basicamente, a aplicação do TOPSIS consiste das seguintes etapas:

i) Constituição das matrizes de avaliação das alternativas, agregando os valores linguísticos fornecidos pelos tomadores de decisão. Nesse primeiro passo, foram construídas as matrizes que avaliam diferentes alternativas com base em critérios definidos na pesquisa. Os critérios foram expressos em uma escala Likert de cinco pontos, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Escala utilizada para avaliação das estratégias

Termo	Nota
Ineficaz	1
Pouco eficaz	2
Eficaz	3
Muito eficaz	4
Extremamente eficaz	5

Fonte: Autores (2024)

ii) Normalizar as avaliações das alternativas: Cada valor da matriz de decisão é normalizado, conforme equação:

$$V_{ij} = (d_{ij} \sqrt[\alpha]{\alpha_{ni=1} {d_{ij}}^2}) \qquad (1)$$

iii) Ponderar as avaliações normalizadas pelo peso dos critérios, conforme equação a seguir:

$$dn_{ij} = w_j * (d_{ij} \sqrt[\alpha]{\alpha_{ni=1} {d_{ij}}^2}) \qquad (2)$$

iv) Definição da solução ideal positiva e negativa (FPIS e FNIS) e definição da distância para FPIS (D+) e para FNIS (D-): Nesta etapa, dois pontos de referência são fundamentais: FPIS (*Full Positive Ideal Solution*) que representa a solução ideal positiva, ou seja, a melhor alternativa possível em cada critério e FNIS (*Full Negative Ideal Solution*) refere-se à solução ideal negativa, que seria a pior alternativa em cada critério. O D+ representa a distância de um risco em relação à solução ideal positiva, indicando quão próximo está do melhor desempenho possível, onde valores menores refletem maior proximidade ao ideal. Por outro lado, D- mede a distância em relação à solução ideal negativa, sendo que valores maiores indicam maior afastamento do pior cenário. Isso envolve medir o quão longe cada alternativa está da solução ideal positiva e quão perto está da solução ideal negativa, conforme as seguintes equações:

$$D_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(n_{ij} - n_j^+)^2} \qquad D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(n_{ij} - n_j^-)^2} \qquad \text{(3) e (4)}$$

v) Determinação da proximidade relativa do valor ideal e definição do ranking a partir da ordenação decrescente dos valores obtidos por cada alternativa. Após calcular as distâncias (D+ e D-), determinamos a proximidade relativa de cada alternativa em relação ao valor ideal, isto é, o índice de proximidade relativa (Cci). Cci avalia a proximidade geral ao ideal positivo, com valores mais altos destacando os riscos mais críticos e relevantes para priorização, conforme a equação:

$$CC_i = \frac{D_i^-}{(D_i^+ - D_I^-} \qquad \text{(5)}$$

Essa proximidade é expressa em forma de uma razão ou índice que ajuda a classificar as alternativas. Por último, as alternativas são organizadas em um *ranking* com base nos valores obtidos, em ordem decrescente, onde a alternativa mais próxima do FPIS é considerada a mais favorável. Para síntese dos dados foi utilizado o Excel. A seguir são apresentados os resultados e discussões do estudo.

4. Resultados e Discussão

A partir da avaliação dos especialistas, a Tabela 4 sintetiza a relação entre os riscos e estratégias para as CSA's de acordo com a visão de cada participante da pesquisa. A Tabela 4 traz a matriz de decisão obtida através da média das respostas ao questionário e seu respectivo desvio padrão, onde se tem a avaliação de cada risco para cada estratégia considerada e descrita anteriormente. Quanto maior o valor atribuído, maior a relação entre a estratégia de mitigação ao risco relacionado.

Tabela 4 – Matriz de decisão dos especialistas

Riscos	Estratégias de mitigação					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
R1- Risco de disrupção	3,778	3,889	4,000	3,444	3,778	3,667
R2- Riscos de Previsão e Demanda	4,111	3,889	3,889	4,111	3,222	3,222
R3- Riscos de Propriedade Intelectual	3,667	3,111	3,444	3,889	-	-
R4- Riscos de Aquisição e Fornecimento	3,556	4,111	4,111	3,444	3,889	3,889
R5- Riscos de Inventário e Logística	3,444	3,889	3,778	4,000	-	-
R6- Riscos de Capacidade	3,556	3,778	4,000	4,111		-
R7 - Riscos Operacionais	4,222	3,111	3,222	3,778	4,111	-
R8- Riscos Financeiros	3,556	3,889	3,333	4,000	-	-
R9- Riscos Ambientais, Sociais e Regulatórios	3,556	3,667	4,111	4,444	-	-
R-10 Riscos de Sistemas	3,778	3,556	3,667	4,000	-	-

Fonte: Autores (2024)

A matriz de decisão construída com as avaliações das alternativas para cada critério foi normalizada, seguindo os passos do método TOPSIS. Realizado o procedimento de normalização, obteve-se a matriz de decisão normalizada ponderada seguindo cálculo da equação 2, conforme Tabela 5. Os fatores destacados em verde mostram a solução ideal positiva e os destacados em vermelho apresentam a solução negativa.

Tabela 5 – Matriz normalizada ponderada

Riscos	Estratégia	Valores
R1- Riscos de Disrupção	Diversificação de fornecedores (E1)	0,048038
	Estabelecimento de rotas logísticas alternativas (E2)	0,049817
	Criação de planos de contingência (E3)	0,050351
	Adoção de seguros para riscos (E4)	0,041543
	Implementação de tecnologias de monitoramento em tempo real (E5)	0,075269
	Colaboração entre exportadores e importadores (E6)	0,088126
R2- Riscos de Previsão e Demanda	Uso de tecnologias avançadas de previsão, como análise de *big data* (E1)	0,041822
	Monitoramento contínuo de tendências de consumo (E2)	0,039854
	Implementação de sistemas de alerta precoce (E3)	0,039162
	Análise estatística de dados históricos de vendas (E4)	0,039667
	Parcerias com instituições de pesquisa para modelagem de previsões (E5)	0,05136
	Diversificação de canais de venda (E6)	0,061955
R3- Riscos de Propriedade Intelectual	Implementação de patentes e acordos de confidencialidade (E1)	0,015542
	Integração vertical da cadeia de suprimentos (E2)	0,013285
	Uso de tecnologias de rastreamento como RFID e *blockchain* (E3)	0,014453
	Estabelecimento de políticas de proteção de propriedade intelectual (E4)	0,015634
R4- Riscos de Aquisição e Fornecimento	Auditorias rigorosas de fornecedores (E1)	0,030142
	Contratos detalhados com cláusulas de qualidade (E2)	0,035109
	Desenvolvimento de fornecedores locais (E3)	0,0345
	Uso de sistemas avançados de informação para transporte e gestão de estoques (E4)	0,027695
	Implementação de práticas de seleção de fornecedores baseadas em desempenho (E5)	0,051655
	Diversificação de fontes de fornecimento para reduzir riscos (E6)	0,062312

R5- Riscos de Inventário e Logística	Implementação de *Just-in-Time* ajustado (E1)	0,03212
	Uso de tecnologias de rastreamento para monitoramento de estoques (E2)	0,036533
	Desenvolvimento de estoques de segurança (E3)	0,034873
	Melhoramento da infraestrutura de transporte e comunicação (E4)	0,035378
R6- Riscos de Capacidade	Investimento em automação para aumentar a capacidade de produção (E1)	0,027128
	Planejamento de expansão das instalações (E2)	0,029036
	Treinamento de funcionários para melhorar a eficiência operacional (E3)	0,030211
	Implementação de sistemas de monitoramento de desempenho de capacidade (E4)	0,02975
R7- Riscos Operacionais	Implementação de programas de manutenção preventiva (E1)	0,039373
	Adoção de práticas agrícolas sustentáveis (E2)	0,029226
	Treinamento contínuo em segurança alimentar (E3)	0,029744
	Monitoramento de conformidade regulatória (E4)	0,033413
	Implementação de HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*) (E5)	0,060068
R8- Riscos Financeiros	*Hedging* de *commodities* para proteger contra flutuações de preços (E1)	0,030142
	Gestão financeira prudente para garantir a estabilidade econômica (E2)	0,033212
	Monitoramento de riscos econômicos globais (E3)	0,027973
	Desenvolvimento de reservas financeiras para emergências (E4)	0,032162
R9- Riscos Ambientais, Sociais e Regulatórios	Certificações ambientais e sociais para práticas agrícolas sustentáveis (E1)	0,033156
	Programas de redução de consumo de energia e água (E2)	0,034445
	Desenvolvimento de políticas de responsabilidade social corporativa (RSC) (E3)	0,03795
	Conformidade rigorosa com regulamentações locais e internacionais (E4)	0,039309
R10- Riscos de Sistemas	Implementação de medidas de segurança cibernética (E1)	0,019215
	Desenvolvimento de planos de recuperação de desastres de TI (E2)	0,018219
	Monitoramento contínuo de sistemas de TI para detectar vulnerabilidades (E3)	0,018462
	Adoção de tecnologias de backup de dados e redundância (E4)	0,019297

Verde – Representa a solução ideal positiva, indicando as estratégias mais eficazes
Vermelho – Representa a solução ideal negativa, destacando estratégias menos eficazes ou menos preferíveis.

Após isso, os valores obtidos na matriz apresentada na Tabela 6 são utilizados para o cálculo das distâncias D+ e D- das avaliações das alternativas em relação à solução positiva ideal e à solução negativa ideal, respectivamente. A partir dos valores das distâncias calculou-se o coeficiente de proximidade CCi para cada alternativa i (riscos) em relação a cada critério p (estratégia). Os coeficientes de proximidade obtidos para cada alternativa são apresentados na Tabela 6, listados a partir do ranqueamento daqueles que devem ser priorizados.

Tabela 6 – Classificação e priorização com base nas respostas dos especialistas

Riscos	**Valores das distâncias e coeficiente de proximidade**		
	D+	**D-**	**Cci**
Riscos de Capacidade (R6)	0,002756	0,004475	0,618819728
Riscos de Propriedade Intelectual (R3)	0,002508	0,003461	0,579846147
Riscos de Inventário e Logística (R5)	0,004854	0,006138	0,558383494
Riscos de Sistemas (R10)	0,001252	0,001488	0,543126438
Riscos Financeiros (R8)	0,006162	0,00705	0,533601956
Riscos Ambientais, Sociais e Regulatórios (R9)	0,007961	0,007906	0,498279302
Riscos de Disrupção (R1)	0,082686	0,059125	0,41692824

Riscos de Aquisição e Fornecimento (R4)	0,062131	0,043355	0,411003262
Riscos Operacionais (R7)	0,054859	0,03203	0,368634852
Riscos de Previsão e Demanda (R2)	0,044972	0,025268	0,359738455

Fonte: Autores (2024)

Os coeficientes de proximidade, variando de 0,3597 a 0,6188, destacam a eficácia das alternativas em lidar com diversas categorias de risco nas cadeias de suprimentos de alimentos. Essa variação possibilita uma análise comparativa das soluções propostas.

4.1 1 Análise dos riscos e estratégias de mitigação

Com base na análise do TOPSIS e na Tabela 4 apresentada, os riscos mais críticos na cadeia de suprimentos de alimentos no Brasil são os de Capacidade (R6), Propriedade Intelectual (R3) e Inventário e Logística (R5), devido aos seus altos valores de Cci (Índice de proximidade relativa), respectivamente 0,6188, 0,5798 e 0,5583. Esses riscos apresentam menor D+ (Distância para a solução ideal positiva), indicando maior proximidade ao desempenho ideal, e maior D- (Distância para a solução ideal negativa), evidenciando um maior afastamento das condições mais adversas.

Os Riscos de Capacidade (R6) destacam-se como os mais críticos, pois o valor de Cci mais elevado demonstra que sua gestão é essencial para evitar gargalos na produção e distribuição, especialmente em momentos de alta demanda. Já os Riscos de Propriedade Intelectual (R3) refletem a importância de proteger inovações e tecnologias na cadeia de suprimentos, que, se comprometidas, podem impactar diretamente a competitividade e a sustentabilidade do setor. Os Riscos de Inventário e Logística (R5) estão associados à eficiência no armazenamento e transporte, sendo necessários para evitar perdas e garantir a entrega adequada de alimentos perecíveis.

Por outro lado, os riscos menos críticos, como os de Previsão e Demanda (R2) e operacionais (R7), possuem os menores valores de Cci (0,3597 e 0,3686, respectivamente). Isso indica que, embora importantes, eles estão mais distantes das prioridades imediatas, possivelmente por apresentarem menor impacto direto ou mais previsibilidade na gestão.

Em termos de impacto, a criticidade desses riscos pode ser explicada pelas características da cadeia de alimentos no Brasil, como a necessidade de alta eficiência logística, o uso intensivo de tecnologia e inovação, e a dependência de recursos produtivos limitados. A identificação e priorização desses riscos permitem um direcionamento estratégico para mitigá-los, contribuindo para maior resiliência e estabilidade no fornecimento alimentar.

A aplicação do método revelou um conjunto de estratégias prioritárias para mitigar os principais riscos nas cadeias de suprimentos de alimentos. No que se refere aos riscos de previsão e

demanda "o uso de tecnologias avançadas, como a análise de *big data*" destaca-se como uma solução eficaz para prever de forma mais precisa as demandas dos consumidores. Essa abordagem permite às empresas ajustar suas operações conforme as necessidades do mercado, minimizando o risco de excedentes ou escassez de produtos, e contribuindo para a eficiência operacional.

No tocante aos riscos de propriedade intelectual, a adoção de políticas rigorosas de proteção e a inclusão de cláusulas específicas em contratos com fornecedores são fundamentais para garantir a originalidade e segurança dos produtos. Essas medidas protegem os ativos intangíveis das empresas, prevenindo concorrência desleal e fortalecendo sua posição competitiva no mercado.

Quanto aos riscos de aquisição e fornecimento, o desenvolvimento de fornecedores locais emergiu como uma estratégia eficaz para reduzir a dependência de fornecedores distantes e aumentar a agilidade na cadeia de suprimentos. Além disso, a criação de contratos detalhados com cláusulas de qualidade assegura que os insumos adquiridos estejam em conformidade com os padrões estabelecidos, elevando a confiabilidade das operações.

Os riscos de inventário e logística podem ser mitigados por meio da melhoria da infraestrutura de transporte e comunicação, bem como pela implementação de sistemas de monitoramento de desempenho. Essas medidas garantem a rastreabilidade dos produtos e promovem a eficiência nas operações logísticas, reduzindo perdas e atrasos, além de otimizar os custos associados.

A expansão da capacidade produtiva e a implementação de programas de manutenção preventiva são essenciais para enfrentar os riscos de capacidade. Essas estratégias permitem que a empresa atenda à demanda crescente sem comprometer a continuidade das operações, demonstrando proatividade e resiliência diante de desafios operacionais.

Os riscos operacionais, por sua vez, podem ser mitigados pela adoção do sistema HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*), que assegura a segurança alimentar e o cumprimento de normas regulatórias. Aliado a isso, uma gestão financeira prudente, com a criação de reservas para emergências, é vital para garantir a estabilidade financeira da empresa diante de imprevistos.

No contexto dos riscos ambientais, sociais e regulatórios, a conformidade com regulamentações locais e internacionais reflete o compromisso das empresas com a sustentabilidade e a responsabilidade social. A adoção de práticas ambientalmente corretas e socialmente responsáveis fortalece a reputação empresarial, além de atrair novos clientes e parceiros.

Por último, para mitigar os riscos de sistemas, a adoção de tecnologias de *backup* e redundância é fundamental para assegurar a proteção dos dados e a continuidade das operações, mesmo diante de falhas sistêmicas. Investimentos em segurança da informação não apenas evitam perdas financeiras, mas também preservam a reputação das empresas frente ao mercado.

5 Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo identificar os riscos nas CSA's e avaliar as estratégias de mitigação mais eficazes, com a aplicação da técnica multicritério TOPSIS. A aplicação do método revelou um conjunto de estratégias prioritárias para mitigar os principais riscos nas cadeias de suprimentos de alimentos.

Os Riscos de Capacidade (R6) são críticos na cadeia de suprimentos de alimentos devido à natureza perecível e sazonal dos produtos, que exige alta capacidade de armazenamento e processamento em períodos curtos. No Brasil, a infraestrutura logística e industrial limitada, aliada à dependência de recursos naturais sujeitos a variações climáticas, amplifica o problema. Esses fatores podem levar a quebras no fornecimento, resultando em desabastecimento e perda de mercados, além de desperdício de alimentos perecíveis, gerando custos econômicos e impactos ambientais. Além disso, a necessidade de investimentos emergenciais para suprir a falta de capacidade adequada pode aumentar significativamente os custos operacionais e de produção.

Por sua vez, os Riscos de Propriedade Intelectual (R3) são críticos na cadeia de suprimentos de alimentos, pois a inovação tecnológica é essencial para competir globalmente, e a violação ou dificuldade em proteger a propriedade intelectual pode limitar o uso de sistemas avançados, como rastreamento e biotecnologia. No Brasil, a proteção de patentes enfrenta desafios legais, e a dependência de tecnologias importadas, como sementes geneticamente modificadas, aumenta a vulnerabilidade a disputas. Esses fatores podem resultar em perda de competitividade, altos custos com litígios, atrasos operacionais e barreiras comerciais que dificultam a exportação de alimentos.

Além disso, os Riscos de Inventário e Logística (R5) são críticos na cadeia de suprimentos de alimentos devido aos desafios logísticos históricos do Brasil, como infraestrutura precária, dependência do transporte rodoviário e portos congestionados. A perecibilidade dos alimentos e a sazonalidade da demanda intensificam a necessidade de um fluxo logístico ágil e eficiente. Esses problemas resultam em altos custos de transporte, perdas significativas de produtos

perecíveis e rupturas de estoque, comprometendo o abastecimento e a competitividade no mercado.

As principais contribuições do estudo são: identificar os riscos mais relevantes para a cadeia de suprimentos de alimentos, auxiliando as empresas na priorização de ações de mitigação, e apresentar as estratégias mais eficazes, fornecendo um guia prático para a implementação de medidas que reduzam os impactos desses riscos.

Os riscos elevados na cadeia de suprimentos de alimentos no Brasil têm impactos significativos, incluindo a redução da acessibilidade, com preços mais altos prejudicando os consumidores finais. Além disso, há pressão sobre a sustentabilidade, com desperdícios e emissões logísticas aumentando custos e afetando o equilíbrio ambiental e econômico. A dependência de insumos importados pode crescer, assim como as barreiras comerciais para exportação, caso os problemas não sejam resolvidos. Por fim, desafios sociais, como desabastecimentos e aumento de custos, comprometem a segurança alimentar e a qualidade de vida da população.

Embora este estudo tenha apresentado resultados relevantes, algumas limitações devem ser consideradas. A amostra utilizada pode não ser representativa de todas as empresas do setor alimentício, e a subjetividade das avaliações dos especialistas pode influenciar os resultados. Sugere-se que futuras pesquisas explorem a aplicação de outras técnicas de análise de risco, como a análise de redes e a simulação de eventos discretos. Além disso, seria interessante investigar a relação entre a complexidade da cadeia de suprimentos e a eficácia das estratégias de mitigação de riscos.

REFERÊNCIAS

AFIFA, Y. N.; SANTOSO, I. Proactive risk mitigation strategies and building strategic resilience in the food supply chain: a review. **Food Research**, v. 6, n. 2, p. 9–17, 2022.

ALI, Imran *et al.* The Role of Industry 4.0 Technologies in Mitigating Supply Chain Disruption: Empirical Evidence From the Australian Food Processing Industry. **IEEE Transactions on Engineering Management,** v. 71, p. 10600–10610, 2024.

ALI, Imran; GOVINDAN, Kannan. Extenuating operational risks through digital transformation of agri-food supply chains. **PRODUCTION PLANNING \& CONTROL**, v. 34, n. 12, p. 1165–1177, 2023.

ALI, Imran; SADIDDIN, Ahmad; CATTANEO, Andrea. Risk and resilience in agri-food supply chain SMEs in the pandemic era: a cross-country study. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 26, n. 11, p. 1602–1620, 2023.

BASSETT, Hannah R. *et al.* Preliminary lessons from COVID-19 disruptions of small-scale fishery supply chains. **World Development,** v. 143, p. 105473, 2021.

CHEN, Jie; SOHAL, Amrik S; PRAJOGO, Daniel I. Supply chain operational risk mitigation: A collaborative approach. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 7, p. 2186 – 2199, 2013.

CHOPRA, Sunil; HUGOS, Michael. *Key Concepts of Supply Chain Management*. [S.l: s.n.], 2018. v. 56.

GRUZAUSKAS, Valentas; BURINSKIENE, Aurelija; KRISCIUNAS, Andrius. Application of Information-Sharing for Resilient and Sustainable Food Delivery in Last-Mile Logistics. **Mathematics**, v. 11, n. 2, p. 1–21, 2023.

JACOBI, Johanna *et al.* Actor-specific risk perceptions and strategies for resilience building in different food systems in Kenya and Bolivia. **Regional Environmental Chang***e*, v. 19, n. 3, p. 879–892, 2019.

KARIMI, A. R. et al. Using of the fuzzy TOPSIS and fuzzy AHP methods for wastewater treatment process selection. **International Journal of Academic Research**, v. 3, n. 1, 2011.

LAMBERT, DOUGLAS M, COOPER, MARTHA C, PAGH, Janus D. *Lambert- SCM - implementation issues & research opportunities.* **The International Journal of Logistics Management**. [S.l: s.n.]. , 1998

MARITANO, V *et al.* Anticounterfeiting and Fraud Mitigation Solutions for High-value Food Products. **Journal of Food Protection**, v. 87, n. 4, 2024.

MEDEIROS, Eveliny Dias de; KERSTEN, Camila Carolina; RODRIGUES, Carlos Manuel Taboada. Riscos e estratégias de mitigação em cadeias de suprimentos de alimentos: uma revisão sistemática da literatura. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 44., 2024, Porto Alegre.** Anais [...]. Porto Alegre: ABEPRO, 2024.

ONYEAKA, Helen; JALATA, Dassalegn Daraje; MEKONNEN, Solomon Abate. Mitigating physical hazards in food processing: Risk assessment and preventive strategies. **FOOD SCIENCE \& NUTRITION,** v. 11, n. 12, p. 7515–7522, 2023.

SUN, Dandan *et al.* Achieving resilience through knowledge management practices and risk management culture in agri-food supply chains. **Environmental science and pollution research international**, v. 30, n. 56, p. 118647–118661, 2023.

ZHAO, Guoqing *et al.* Risk analysis of the agri-food supply chain: A multi-method approach. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 16, p. 4851–4876, 2020.