

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MAYRA OLIVEIRA RAMOS

MÉTODO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS DE FORNECEDORES NA
CADEIA DE SUPRIMENTOS DO AÇAÍ

PIRACICABA

2022

MAYRA OLIVEIRA RAMOS

**MÉTODO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS DE FORNECEDORES NA
CADEIA DE SUPRIMENTOS DO AÇAÍ**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção.

Orientação: Profa. Dra. Eliciane Maria da Silva

PIRACICABA

2022

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP

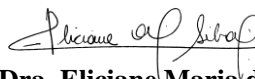
Bibliotecária: Joyce Rodrigues de Freitas - CRB-8/10115.

V164a	<p>Ramos, Mayra Oliveira</p> <p>Método de gerenciamento de riscos de fornecedores na cadeia de suprimentos do açaí / Mayra Oliveira Ramos. – 2022. 173 f. ; 30 cm.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Eliciane Maria da Silva. Tese (Doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Educação, Engenharia de Produção, Piracicaba, 2022.</p> <p>1. Sustentabilidade. 2. Agroindústria. 3. Mitigação de riscos I. Ramos, Mayra Oliveira. II. Título.</p>
CDD – 658.8	

MÉTODO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS DE FORNECEDORES NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DO AÇAÍ

MAYRA OLIVEIRA RAMOS

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 04 de março de 2022, pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:



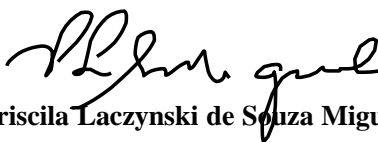
Prof. Dra. Eliciane Maria da Silva
Orientadora



Prof. Dr. Remo Augusto Padovezi Filleti – PPGEP/UNIMEP
Presidente *ad hoc*



Prof. Dr. Luiz César Ribeiro Carpinetti – EESC/USP



Profa. Dra. Priscila Laczynski de Souza Miguel - FGV/EAESP



Prof. Dr. Ely Laureano Paiva – FGV/EAESP

unimep.br

AGRADECIMENTOS

À Professora Eliciane Maria da Silva, por todo o apoio e confiança depositados durante o desenvolvimento da pesquisa. Minha maior motivadora, o maior presente que ganhei com a pós-graduação.

Aos professores que participaram do exame de defesa da tese, pelo tempo dispendido e pelas sugestões enriquecedoras.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado.

A empresa participante da pesquisa, pelas informações compartilhadas.

Aos meus pais, Eliete e Arthur, por acreditarem em mim e me apoiarem sem medir esforços.

Ao meu companheiro Luis, pelo apoio e cuidado nos momentos difíceis.

Aos amigos Maria Júlia e Everton, pela parceria e conhecimento compartilhado.

RESUMO

A cadeia de suprimentos do açaí apresenta alta vulnerabilidade devido aos riscos típicos do setor agroalimentar, além de depender da exploração de recursos naturais de base extrativista, e de fornecedores de comunidades rurais e/ou ribeirinhas da Amazônia brasileira. Essa pesquisa tem como objetivo desenvolver um método de gerenciamento de riscos para dar suporte aos tomadores de decisão no processo de avaliação de fornecedores sustentáveis na cadeia de suprimentos do açaí. O método foi gerado utilizando o procedimento metodológico *Design Science Research*, e para avaliar sua aplicação foram estudados dados reais provenientes de uma agroindústria de açaí localizada na cidade de Castanhal-PA. Uma das etapas do método de gerenciamento diz respeito a avaliação dos riscos dos fornecedores. Para isso, utilizou-se a técnica FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), baseada na teoria da nuvem difusa intuicionista com valor de intervalo (*Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds – IVFCs*), e no método multicritério TOPSIS (*Technique for Ordering Preference by Similarity to Ideal Solution*) para obter a prioridade dos riscos dos fornecedores. Assim, é possível oferecer suporte necessário para se tomar a decisão de selecionar, encerrar contrato ou desenvolver o fornecedor, utilizando estratégias de mitigação de riscos. Quanto aos resultados provenientes da aplicação do método, em que se analisou a relação entre a agroindústria e três fornecedores de açaí orgânico, destaca-se que a agroindústria necessita, principalmente, mitigar os riscos relacionados à fatores ambientais e sociais, como: as técnicas de manejo e produção de açaí em ecossistemas de várzea devem favorecer a manutenção e diversidade da fauna e flora; o processo de coleta dos frutos necessita do desenvolvimento de equipamentos e tecnologias, a fim de diminuir os riscos de acidente para os coletores e também a dependência de mão de obra jovem na atividade; deve-se garantir condições sanitárias adequadas na propriedade e salários justos, sem horas excessivas de trabalho. Essa pesquisa se torna original pois utiliza um método novo, construído a partir de fundamentos teóricos da Teoria da Decisão, da Estrutura *Cynefin* e do Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade. O método gerado, quanto às contribuições práticas, foi apresentado em um programa que integra e automatiza os cálculos inerentes a etapa de avaliação dos riscos, reduzindo a carga computacional e adicionando a operabilidade prática do método desenvolvido. Além disso, foi aplicado na cadeia do açaí, que apesar da crescente demanda, grande parte da sua produção ainda é realizada de maneira precária e manual, com altos riscos aos trabalhadores rurais/ribeirinhos envolvidos. Com isso, a partir do método é possível identificar riscos de fornecimento e delinear ações mitigadoras a fim de superar os desafios da produção de açaí na Amazônia e viabilizar seu crescimento sustentável. **Palavras-chave:** sustentabilidade; agroindústria; mitigação de riscos; Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade; tomada de decisão.

ABSTRACT

The açai berry supply chain presents high vulnerability due to the typical risks of the agrifood sector, besides relying on the exploitation of extractive natural resources, and suppliers from rural and/or riverside communities of the Brazilian Amazon. This research aims to develop a risk management method to support decision makers in the process of evaluating sustainable suppliers in the açai berry supply chain. The method was generated using the methodological procedure Design Science Research, and to evaluate its application, real data from an açai agroindustry located in the city of Castanhal-PA were studied. One of the steps of the management method concerns the evaluation of the suppliers' risks. For this, the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) technique was used, based on the Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds (IVFCs) theory, and the multi-criteria TOPSIS (Technique for Ordering Preference by Similarity to Ideal Solution) method to obtain the priority of supplier risks. Thus, it is possible to provide the necessary support to make the decision to select, terminate contract or develop the supplier, using risk mitigation strategies. The results from the application of the method, in which the relationship between the agroindustry and three suppliers of organic açai was analyzed, show that the agroindustry needs to mitigate the risks related to environmental and social factors, such as the techniques of management and production of açai in floodplain ecosystems should favor the maintenance and diversity of fauna and flora; the process of fruit harvesting needs the development of equipment and technologies, in order to reduce the risk of accidents for the collectors and also the dependence on young labor in the activity; adequate sanitary conditions should be guaranteed on the property and fair wages, without excessive working hours. This research becomes original because it uses a new method, built from theoretical foundations of Decision Theory, Cynefin Framework and Supply Chain Risk Management related to Sustainability. The generated method, as for practical contributions, was presented in a program that integrates and automates the calculations inherent to the risk assessment stage, reducing the computational load and adding practical operability to the developed method. Moreover, it was applied to the açai berry chain, which, despite its growing demand, most of production is still performed in a precarious and manual way, with high risks to the rural/river workers involved. Thus, based on the method, it is possible to identify supply risks and outline mitigating actions in order to overcome the challenges of açai production in the Amazon and enable its sustainable growth.

Keywords: sustainability; agribusiness; risk mitigation; Sustainability-related Supply Chain Risk Management; decision making.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fatores que afetam a tomada de decisão	30
Figura 2. Estrutura Cynefin	35
Figura 3. Contexto da decisão na SSCRm baseado na Teoria da Decisão	36
Figura 4. Fatores motivadores do SSCRm.....	39
Figura 5. Processo de tomada de decisão no gerenciamento de riscos relacionados a sustentabilidade de fornecedores	42
Figura 6. Categorização de técnicas e níveis de suporte à decisão.....	54
Figura 7. Estratégias de gerenciamento para etapa da decisão.....	66
Figura 8. A escolha do gerente de suprimentos entre as estratégias de gestão de risco	69
Figura 9. Procedimento metodológico da pesquisa aplicando <i>Design Science Research</i>	74
Figura 10. Lógica CIMO da pesquisa.....	75
Figura 11. Etapas do método de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade dos fornecedores.....	80
Figura 12. Caracteres numéricos de uma nuvem normal	84
Figura 13. Passos para calcular prioridade de risco dos modos de falha.....	89
Figura 14. Cadeia de suprimentos do açaí.....	102
Figura 15. Estrutura hierárquica de dois níveis dos critérios do RPN.....	112
Figura 16. Página inicial do artefato.....	124
Figura 17. Página de avaliação do artefato.....	125
Figura 18. Protocolo para desenvolvimento da Revisão Sistemática da Literatura	151
Figura 19. Ano de publicação dos artigos analisados.....	156
Figura 20. País de origem dos autores	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. As informações de alocação de peso subjetivo para os decisores	88
Tabela 2. Variáveis linguísticas e seus IVIFNs correspondentes	90
Tabela 3. Reuniões com equipe de decisores para avaliação do artefato	99
Tabela 4. Características da equipe de decisores.....	113
Tabela 5. Avaliação linguística dos decisores para a importância dos subcritérios	114
Tabela 6. Avaliação linguística dos decisores para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F1.....	114
Tabela 7. Os valores de avaliação do IVIFC para a importância dos subcritérios	114
Tabela 8. Os valores da avaliação do IVIFC fornecidos pelo primeiro decisor (D1) para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F1.....	114
Tabela 9. Peso subjetivo dos decisores.....	116
Tabela 10. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para critérios do RPN.....	116
Tabela 11. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para modos de falha	116
Tabela 12. Pesos dos critérios do RPN.....	116
Tabela 13. Matriz de avaliação IVIFC hierárquica ponderada.....	118
Tabela 14. Matriz integrada de avaliação IVIFC	118
Tabela 15. Ordem de prioridade de risco dos modos de falha de fornecimento do fornecedor F1	118
Tabela 16. Ordem de prioridade de risco dos modos de falha dos fornecedores F1, F2 e F3	119
Tabela 17. Quantidade de artigos analisados por periódico	155
Tabela 18. 10 (dez) artigos mais citados	157
Tabela 19. Distribuição de artigos para cada desenho de pesquisa	160
Tabela 20. Avaliação linguística dos decisores para a importância dos subcritérios	164
Tabela 21. Avaliação linguística dos decisores para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F2.....	164
Tabela 22. Os valores de avaliação do IVIFC para a importância dos subcritérios	164
Tabela 23. Os valores da avaliação do IVIFC fornecidos pelo primeiro decisor (D1) para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F2.....	164
Tabela 24. Peso subjetivo dos decisores.....	166
Tabela 25. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para critérios do RPN.....	166
Tabela 26. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para modos de falha	166
Tabela 27. Pesos dos critérios do RPN.....	166

Tabela 28. Matriz de avaliação IVIFC hierárquica ponderada.....	168
Tabela 29. Matriz integrada de avaliação IVIFC	168
Tabela 30. Ordem de prioridade de risco dos modos de falha de fornecimento do fornecedor F2.....	168
Tabela 31. Avaliação linguística dos decisores para a importância dos subcritérios	170
Tabela 32. Avaliação linguística dos decisores para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F3.....	170
Tabela 33. Os valores de avaliação do IVIFC para a importância dos subcritérios	170
Tabela 34. Os valores da avaliação do IVIFC fornecidos pelo primeiro decisor (D1) para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F3.....	170
Tabela 35. Peso subjetivo dos decisores.....	172
Tabela 36. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para critérios do RPN.....	172
Tabela 37. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para modos de falha	172
Tabela 38. Pesos dos critérios do RPN.....	172
Tabela 39. Matriz de avaliação IVIFC hierárquica ponderada.....	174
Tabela 40. Matriz integrada de avaliação IVIFC	174
Tabela 41. Ordem de prioridade de risco dos modos de falha de fornecimento do fornecedor F3.....	174

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Fontes de riscos relacionados a sustentabilidade da cadeia de suprimentos agroalimentar.....	46
Quadro 2. Técnicas de avaliação de riscos incluídas na ISO 31010	53
Quadro 3. Técnicas de suporte à decisão no SSCRM	57
Quadro 4. Vantagens e desvantagens de diferentes MCDM.....	61
Quadro 5. Práticas de gerenciamento de riscos	68
Quadro 6. 5W2H	98
Quadro 7. Modos de falha dos fornecedores	107
Quadro 8. Estratégias de mitigação de riscos para cadeia de suprimentos do açaí	122
Quadro 9. Plano de ação para gerenciamento de riscos dos fornecedores	123
Quadro 10. Questões da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e strings de busca.....	152
Quadro 11. Critérios de inclusão e exclusão	153

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (“Processo Analítico Hierárquico” em português)
AI	<i>Artificial Intelligence</i> (“Inteligência Artificial” em português)
ANP	<i>Analytic Network Process</i> (“Processo de Rede Analítica” em português)
AT	<i>Agency Theory</i> (“Teoria da Agência” em português)
BBN	<i>Bayesian Belief Network</i> (“Rede de Crenças Bayesianas” em português)
BRC	<i>British Retail Consortium</i> (“Consórcio de Varejo Britânico” em português)
BWM	<i>Best-Worst Method</i> (“Melhor-Pior Método” em português)
CBA	<i>Cost benefit analysis</i> (“Análise de custo-benefício” em português)
CCP	<i>Chance-Constrained Programming</i> (“Programação com restrição de chance” em português)
CE	<i>Cross-Efficiency</i> (“Eficiência cruzada” em português)
CEO	<i>Chief Executive Officer</i> (“Diretor Executivo” em português)
CIP	<i>Clean in place</i> (“Limpe no lugar” em português)
CRITICS	<i>Criteria Importance Through Inter-criteria Correlation</i> (“Importância dos Critérios Através da Correlação Intercritérios” em português)
CSR	<i>Corporate Social Responsibility</i> (“Responsabilidade social corporativa” em português)
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> (“Análise de Envoltório de Dados” em português)
DEMATEL	<i>Decision making trial and evaluation laboratory</i> (“Laboratório de julgamento e avaliação de tomada de decisão” em português)
DHPFWBM	<i>Dual Hesitant Pythagorean Fuzzy Weighted Bonferroni Mean</i> (“Média de Bonferroni Ponderada de Pitágoras Dupla Hesitante” em português)
DOFP	<i>Dual-Objective Facility Programming</i> (“Programação de instalações de duplo objetivo” em português)
DSR	<i>Design Science Research</i> (“Pesquisa em Design Science” em português)
EDA	<i>Explore Data Analysis</i> (“Explorar a análise de dados” em português)
EDAS	<i>Evaluation based on Distance from Average Solution</i> (“Avaliação com base na distância da solução média” em português)
EIS	<i>Executive Information System</i> (“Sistema de Informação Executiva” em português)

ELECTRE	<i>Elimination et Choix Traduisant la Réalité</i> (“Eliminação e Escolhas de Realidade” em português)
EUT	<i>Expected Utility Theory</i> (“Teoria da Utilidade Esperada” em português)
FCEM	<i>Fuzzy Comprehensive Evaluation Model</i> (“Modelo de Avaliação Abrangente Difusa” em português)
FGCM	<i>Fuzzy Grey Cognitive Map</i> (“Mapa Cognitivo Cinza Difuso” em português)
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (“Modo de Falha e Análise de Efeito” em português)
FMECA	<i>Failure Mode e Effects and Criticality Analysis</i> (“Modo de falha e efeitos e análise de criticidade” em português)
FTA	<i>Fault Tree Analysis</i> (“Análise de árvore de falhas” em português)
HACCP	<i>Hazard Analysis Critical Control Point</i> (“Ponto de Controle Crítico de Análise de Perigos” em português)
IF	<i>Impact fator</i> (“Fator de Impacto” em português)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (“Organização Internacional para Padronização” em português)
IT	<i>Institutional Theory</i> (“Teoria Institucional” em português)
IT1FS	<i>Interval type 1 fuzzy sets</i> (“Conjuntos difusos tipo 1 de intervalo” em português)
IT2FS	<i>Interval type 2 fuzzy sets</i> (“Conjuntos difusos tipo 2 de intervalo” em português)
IVFCs	<i>Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds</i> (“Nuvens difusas intuicionistas com valor de intervalo” em português)
IVIFS	<i>Interval-valued intuitionistic fuzzy set</i> (“Conjunto difuso intuicionista com valor de intervalo” em português)
JCR	<i>Journal Citation Reports</i> (“Relatórios de Citação de periódicos” em português)
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i> (“Avaliação do Ciclo de Vida” em português)
MADM	<i>Multiple Attribute Decision Making</i> (“Tomada de Decisão de Múltiplos Atributos” em português)
MCDA	<i>Multiple-criteria decision analysis</i> (“Análise de decisão de múltiplos critérios” em português)
MCDM	<i>Multicriteria Decision Making Methods</i> (“Métodos de tomada de decisão multicritério” em português)
MFF	Modos de falha de fornecimento

MILP	<i>Mixed-integer linear programming</i> (“Programação linear inteira mista” em português)
MIS	<i>Management Information System</i> (“Sistema de Informação Gerencial” em português)
MOEA-D	<i>Multi-Objective Evolutionary Algorithm Based on Decomposition</i> (“Algoritmo Evolutivo Multiobjetivo Baseado em Decomposição” em português)
MOLP	<i>Multi-objective Linear Programming</i> (“Programação Linear Multiobjetivo” em português)
MOORA	<i>Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis</i> (“Otimização multiobjetivo com base na análise de razão” em português)
MOPSO	<i>Multi-Objective Particle Swarm Optimization</i> (“Otimização de aglomerados de partículas multiobjetivo” em português)
NRBV	<i>Natural Resource-Based View</i> (“Visão Baseada em Recursos Naturais” em português)
NSGA-II	<i>Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm</i> (“Algoritmo Genético de Seleção Não Dominado” em português)
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Assessment Series</i> (“Série de Avaliação de Segurança e Saúde Ocupacional” em português)
OR	<i>Operational Research</i> (“Pesquisa Operacional” em português)
PSM	<i>Problem Structuring Methods</i> (“Métodos de Estruturação de Problemas” em português)
PT	<i>Prospect Theory</i> (“Teoria da Perspectiva” em português)
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (“Implementação da Função Qualidade” em português)
QUALIFLEX	<i>Qualitative Flexible Multiple Criteria Method</i> (“Método de Critérios Qualitativos Flexíveis Múltiplos” em português)
RAS	<i>Risk Assessment Space</i> (“Espaço de Avaliação de Risco” em português)
RBV	<i>Resource-Based View</i> (“Visão Baseada em Recursos” em português)
RDT	<i>Resource Dependency Theory</i> (“Teoria da Dependência de Recursos” em português)
RMCGP	<i>Revised Multi-Choice Goal Programming</i> (“Programação de Objetivos de Múltipla Escolha Revisada” em português)
RPN	<i>Risk Priority Numbers</i> (“Números Prioritários de Risco” em português)
RSL	Revisão Sistemática da Literatura

SAFs	Sistemas Agroflorestais
SCOR	<i>Supply Chain Operation Reference</i> (“Referência de Operação da Cadeia de Suprimentos” em português)
SCRM	<i>Supply Chain Risk Management</i> (“Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos” em português)
SSCRM	<i>Sustainability - related Supply Chain Risk Management</i> (“Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade” em português)
ST	<i>Stakeholders Theory</i> (“Teoria dos Stakeholders”)
SWARA	<i>Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis</i> (“Análise da Relação de Avaliação de Peso por Etapas” em português)
TCT	<i>Transactional Cost Theory</i> (“Teoria dos Custos de Transação” em português)
TD	Tomada de Decisão
TODIM	Tomada de Decisão Interativa Multicritério
TOPSIS	<i>Technique for Ordering Preference by Similarity to Ideal Solution</i> (“A Técnica para Ordem de Preferência por Similaridade com a Solução Ideal” em português)
TpGN	<i>TOPSIS based three-Parameter interval Grey Number</i> (“Número cinzento com intervalo de três parâmetros baseado no TOPSIS” em português)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Contextualização e problemática de pesquisa no Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade	17
1.2 Objetivos.....	20
1.3 Justificativa e relevância da pesquisa para a área acadêmica	21
1.4 Justificativa e relevância da pesquisa para os praticantes da cadeia de suprimentos do açaí 23	
1.4 Estrutura da tese.....	26
2 REVISÃO DA LITERATURA	28
2.1 Contexto da Decisão: Fatores que afetam a tomada de decisão.....	28
2.2 Cynefin framework	33
2.3 Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade	37
2.4 Processo de tomada de decisão no Gerenciamento de Riscos relacionados à Sustentabilidade de Fornecedores.....	41
2.5 Avaliação de riscos relacionados a sustentabilidade	43
2.5.1 Identificação de fontes de riscos relacionados a sustentabilidade	43
2.5.2 Análise de riscos relacionados a sustentabilidade	51
2.5.3 Técnicas de suporte à decisão para avaliação de riscos relacionados à sustentabilidade de fornecedores.....	52
2.6 Estratégias de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade.....	65
2.7 Relatar esforços para <i>stakeholders</i>	69
2.8 Principais achados e lacunas de pesquisa.....	70
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	72
3.1 Procedimento Metodológico	72
3.2 Conscientização do problema	74
3.2.1 Ambiente externo	76
3.3 Proposta do artefato	77
3.3.1 Definir o contexto da decisão	81
3.3.2 Avaliar os riscos dos fornecedores	81

3.3.3 Teoria dos conjuntos difusos intuicionistas com valores de intervalo (<i>Interval-valued intuitionistic fuzzy set – IVIFs</i>).....	82
3.3.4 Teoria do modelo de nuvem (<i>Cloud model theory</i>).....	82
3.3.5 Técnica de suporte a decisão para avaliação de riscos: FMEA baseada em <i>Fuzzy cloud theory</i> e TOPSIS.....	86
3.3.6 Definir estratégias de gerenciamento de riscos dos fornecedores.....	97
3.4 Desenvolvimento do artefato.....	98
3.5 Avaliação do artefato.....	99
3.6 Conclusão.....	100
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	101
4.1 Contexto da decisão.....	101
4.2 Avaliação de riscos dos fornecedores.....	106
4.2.1 Identificação dos modos de falha de fornecimento.....	106
4.2.2 Construção da estrutura hierárquica.....	111
4.2.3 Avaliação da equipe de decisores.....	112
4.2.4 Calcular prioridade de risco dos modos de falha.....	113
4.3 Tomada de decisão: Estratégias de gerenciamento de riscos dos fornecedores.....	119
4.4 Interface e funcionalidade do artefato.....	124
5 CONCLUSÃO.....	126
5.1 Contribuições acadêmicas.....	126
5.2 Contribuições para os praticantes da cadeia de suprimentos do açaí.....	128
5.3 Limitações e pesquisas futuras.....	129
REFERÊNCIAS.....	131
APÊNDICE A - Revisão sistemática da literatura.....	151
APÊNDICE B - Roteiro de perguntas para entrevistas.....	162
APÊNDICE C - Calcular prioridade de risco dos modos de falha do fornecedor F2.....	163
APÊNDICE D - Calcular prioridade de risco dos modos de falha do fornecedor F3.....	169

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem o objetivo de apresentar o tema da pesquisa, a questão-problema (Tópico 1.1), seguido dos objetivos (Tópico 1.2), justificativa e relevância da pesquisa para a área acadêmica e para os praticantes da cadeia de suprimentos do açúcar (Tópico 1.3 e 1.4), e finalizando com a estrutura geral da tese (Tópico 1.4).

1.1 Contextualização e problemática de pesquisa no Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade

O gerenciamento de risco nas operações das cadeias de suprimentos emergiu como um dos principais tópicos de pesquisa na literatura recente sobre operações e gerenciamento da cadeia de suprimentos (DA SILVA et al., 2019; RAMOS; DA SILVA; LIMA-JÚNIOR, 2020; RAMOS; DA SILVA, 2021; KUMAR et al., 2021). Esse interesse é estimulado, por exemplo, pela incerteza contínua para a economia mundial, tendências de negócios como aumento da terceirização e do *offshoring*, e avanços na tecnologia da informação, que induziram o desenvolvimento de cadeias de suprimentos globais e complexas (ABDEL-BASSET; MOHAMED, 2020; POURNADER; KACH; TALLURI, 2020; RAJ; AGRAHARI; SRIVASTAVA, 2020;).

Ferreira et al., (2018) afirmam que as empresas devem ter um Gerenciamento de Riscos na Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Risk Management - SCRM*) adequado para sobreviver em um ambiente de negócios arriscado. Os riscos presentes na cadeia de suprimentos podem ser representados pela inadimplência de fornecedores e atrasos na entrega, por exemplo. Dessa forma, entender como mitigar e gerenciar os riscos da cadeia de suprimentos se tornou uma questão prioritária para evitar possíveis perdas, relacionamentos ruins com outros membros da cadeia de suprimentos e conflito entre *stakeholders* (partes interessadas) (CANZANIELLO; HARTMANN; FIFKA, 1995; ZIMMER et al., 2017; CUNHA; CERYNO; LEIRAS, 2019).

Cada vez mais os riscos associados à cadeia de suprimentos incluem fatores que podem estar ligados às questões de sustentabilidade, variando desde impactos ambientais a sociais, como o envenenamento por mercúrio em Kodaikanal na Índia (2001), o derramamento de óleo no Golfo do México (2010), as explosões de produtos químicos perigosos no Maritime Gateway de Pequim (2015), o escândalo de emissões da Volkswagen na Alemanha (2015), rupturas de

represamento brasileiro (2015 e 2019), e trabalho análogo ao escravo em fornecedores das marcas Zara, Apple e Sadia (MORAIS; SILVESTRE, 2018).

Segundo Hofmann et al. (2014), assim como os riscos comuns da cadeia de suprimentos, os riscos relacionados à sustentabilidade podem levar a danos para a empresa focal. No entanto, seus mecanismos específicos de materialização diferem substancialmente: enquanto os riscos comuns da cadeia de suprimentos são desencadeados por interrupções na cadeia de suprimentos que impedem o fluxo de bens, recursos ou serviços financeiros, os riscos relacionados à sustentabilidade são desencadeados por reações dos *stakeholders*.

Os *stakeholders* dentro e fora da cadeia de suprimentos, como consumidores, público em geral, legisladores, investidores etc., exercem influência sobre as empresas em termos de impactos ambientais, sociais e ético (SVENSSON et al., 2018). Impactos negativos, como poluição prejudicial ou práticas de trabalho antiéticas, podem resultar em danos à reputação, mesmo que ocorram na cadeia de suprimentos e não dentro da empresa focal. Isso expõe as empresas a um perfil de risco aumentado (HARTMANN; MOELLER, 2014; HAJMOHAMMAD; VACHON, 2016).

Nesse contexto, surge o Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade (*Sustainability-related Supply Chain Risk Management - SSCR*M), cujo principal objetivo é gerenciar os possíveis eventos que podem ocorrer dentro da cadeia de suprimentos de uma empresa focal e que provocam reações adversas dos *stakeholders* (HOFMANN et al., 2014).

Para iniciar o processo de SSCR M, a empresa focal precisa, primeiramente, identificar as expectativas dos condutores externos (*stakeholders* e legislação) e internos (diferenciação competitiva, exposição ao risco da cadeia), a partir daí ela decide se irá reagir à essas expectativas ou não. Se não reagir, provavelmente haverá uma reação dos *stakeholders* causando impactos negativos na reputação, nas finanças e nos aspectos legais (THÖNI; MADLBERGER; SCHATTEN, 2013; BUSSE et al., 2016; DE OLIVEIRA; LEIRAS; CERYNO, 2019). Se reagir, a empresa dá início ao processo de SSCR M, que consiste em quatro etapas: identificação das fontes de riscos; avaliação destas fontes de riscos com relação a probabilidade e influência; tratamento para os riscos, que consiste na definição de estratégias para lidar com eles, e; comunicar os esforços tomados aos *stakeholders* (KAUFMANN; CARTER; RAUER, 2016; ABNT, 2018).

A empresa focal da cadeia precisa ainda garantir que o gerenciamento de risco se estenda também a seus fornecedores, visto que as ações destes tem a capacidade de afetar diretamente a sua reputação. O risco de sustentabilidade do fornecedor é a probabilidade cumulativa e a

consequência de uma série de eventos: a ocorrência de uma má conduta relacionada à sustentabilidade na base de fornecimento do comprador, a detecção da má conduta pelas partes interessadas e a atribuição das partes interessadas da responsabilidade pela má conduta ao comprador. Com isso, empresas focais devem adotar práticas de avaliação para acompanhar o desempenho dos fornecedores, e, a partir daí, mensurar os riscos relacionados à sustentabilidade dos fornecedores e conseguir tomar decisões para mitiga-los (HULT; CRAIGHEAD; KETCHEN, 2010; HAJMOHAMMAD; VACHON, 2016; DA SILVA et al., 2019).

As decisões presentes no contexto de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade caracterizam-se como prescritivas, pois as respostas da gestão ao risco de sustentabilidade do fornecedor não são essencialmente motivadas por avaliações de risco completamente objetivas, mas por suas avaliações subjetivas do risco inerente a uma situação. Os gestores necessitam realizar uma análise que envolva objetivos estratégicos, valores organizacionais, questões de ética e governança, típicos de um contexto não-estruturado. Mas também necessitam de apoio de informações mais estruturadas para a tomada de decisão, exigindo que o gestor entenda o processo decisório em suas etapas (identificação, avaliação e tratamento aos riscos), fazendo uso de métricas para acompanhamento do desempenho, a fim de maximizar os resultados da decisão. Dessa forma, recomenda-se que gestores utilizem técnicas para identificar e analisar os riscos qualitativamente e quantitativamente, dando suporte à decisão de tratamento aos riscos (FRENCH, 2013, 2015; DA SILVA et al., 2019).

Pesquisadores vem, ao longo do tempo, desenvolvendo técnicas de suporte à decisão, em sua maioria, a partir de uma perspectiva racional de tomada de decisão para prescrever como as escolhas sob várias condições devem ser feitas. Contudo, a estruturação da tomada de decisão tem dois aspectos que a torna complexa: os vieses e heurísticas individuais e o baixo grau de estruturação de problemas reais, com incertezas, informações imprecisas e fragmentadas, e percepção de risco dos tomadores de decisão (DA SILVA et al., 2019).

Estudos recentes utilizam, em sua maioria, técnicas de suporte a decisão analíticas, como os MCDM (*Multicriteria Decision Making Methods*), em conjunto com teorias difusas (*fuzzy theory*) para diminuir os vieses comportamentais dos tomadores de decisão e reduzir as incertezas (ex. FOROOZESH et al., 2018; PHOCHANIKORN; TAN, 2019; ZIMMER et al., 2017; ĐURIC' et al., 2019; OZTURKOGLU et al., 2019; GIANNAKIS; PAPADOPOULOS, 2016; YU; TUTUCO, 2016; VALINEJAD; RAHMANI, 2018). Ainda assim, apresentam algumas deficiências, faltando mecanismos para descrever a hesitação, ignorando os efeitos psicológicos dos decisores e melhores formas de endereçar os aspectos flexíveis da decisão, denominados como intangíveis e subjetivos (CALACHE et al., 2021; HUANG; XIAO, 2021).

A fim de cobrir esta lacuna existentes entre os temas: processo de tomada de decisão e SSCRM, a presente pesquisa estuda a Teoria da Decisão para auxiliar no entendimento do contexto do problema estudado, visto que se apresenta como uma teoria organizacional que busca por elementos que possam auxiliar ao tomador de decisão minimizar, de forma considerável, os efeitos da racionalidade limitada, pois examina a complexidade, incerteza e imprevisibilidade, juntamente com a gestão estratégica nos processos de tomada de decisão (ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014; ALEXANDER; KUMAR; WALKER, 2018; DA SILVA et al., 2019).

Além disso, teóricos da decisão (FRENCH, 2012; FRENCH et al., 2009) têm considerado a estrutura Cynefin (KURTZ; SNOWDEN, 2003; SNOWDEN, 2000; SNOWDEN; BOONE, 2007) como um resumo útil do papel de simplicidade e complexidade subjacente à tomada de decisões organizacionais. Assim, a Cynefin também foi estudada pois fornece uma tipologia de conhecimento que auxilia decisores a interpretar a natureza do contexto de vários problemas de decisão. Ela também auxiliou no reconhecimento de técnicas de apoio à decisão apropriados para a avaliação de riscos de fornecedores sustentáveis, que levassem em consideração os aspectos cognitivos dos decisores (FRENCH, 2015).

Dessa forma, esta tese busca responder à seguinte questão de pesquisa: Como os riscos relacionados à sustentabilidade dos fornecedores podem ser gerenciados na cadeia de suprimentos do açaí, sob a ótica da Teoria da Decisão? Como resposta à questão de pesquisa espera-se, a partir de embasamento teórico e dados provenientes da aplicação prática, desenvolver um método de gerenciamento de riscos para dar suporte aos tomadores de decisão no processo de avaliação de fornecedores sustentáveis na cadeia de suprimentos do açaí.

1.2 Objetivos

O principal objetivo dessa pesquisa é desenvolver um método de gerenciamento de riscos para dar suporte aos tomadores de decisão no processo de avaliação de fornecedores sustentáveis na cadeia de suprimentos do açaí.

E os objetivos específicos são:

- Identificar, a partir do estudo da Teoria da Decisão, quais fatores influenciam no processo de tomada de decisão no contexto de gerenciamento de riscos voltados para a sustentabilidade na cadeia de suprimentos estudada;
- Avaliar os riscos relacionados à sustentabilidade existentes na cadeia de suprimentos estudada por meio da técnica FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), baseada

na teoria da nuvem difusa intuicionista com valor de intervalo (*Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds – IVFCs*) e no método multicritério TOPSIS (*Technique for Ordering Preference by Similarity to Ideal Solution*).

- Propor estratégias e práticas de gerenciamento para tratamento dos riscos identificados;

1.3 Justificativa e relevância da pesquisa para a área acadêmica

Essa pesquisa se justifica e se torna relevante para a área acadêmica por duas principais características. A primeira diz respeito a proposição um novo método de gerenciamento de riscos, ainda não publicado na literatura, para dar suporte aos tomadores de decisão no processo de avaliação de fornecedores sustentáveis, construído a partir do estudo aprofundado da SSCRM, da Teoria da decisão e da estrutura Cynefin. A partir do estudo da Teoria da decisão e da estrutura Cynefin foi possível: entender os requisitos do contexto da decisão; reconhecer os elementos que auxiliam o decisor a minimizar os efeitos da complexidade, incerteza e imprevisibilidade, juntamente com a gestão estratégica nos processos de tomada de decisão, e; escolher a melhor técnica de apoio a decisão no processo de avaliação dos riscos relacionados a sustentabilidade dos fornecedores. No contexto estudado, por se tratar de riscos que envolvem aspectos relacionados à sustentabilidade, as decisões podem envolver vários tipos de critérios e tomada de decisão em grupo em um ambiente de incerteza, aversão ao risco, ambiguidade, etc (RAMOS; DA SILVA; LIMA-JÚNIOR, 2020), dificultando uma tomada de decisão mais assertiva e racional. Dessa forma, as técnicas de suporte à decisão utilizadas para avaliar riscos relacionados à sustentabilidade precisam lidar com o viés comportamental do processo.

A segunda característica diz respeito à utilização da técnica FMEA baseada na teoria da nuvem difusa intuicionista com valor de intervalo (*Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds – IVFCs*) e no método multicritério TOPSIS, proposta por Huang e Xiao (2021), para cumprir com uma das etapas do método de gerenciamento, a de avaliação dos riscos. Dentre as técnicas encontradas na literatura para lidar com o contexto estudado, a FMEA apresenta-se como uma técnica que consegue dar suporte na identificação, análise e avaliação dos riscos, com o auxílio do julgamento de tomadores de decisão. É uma metodologia sistemática que auxilia gestores a identificar modos de falha, suas causas e efeitos no sistema ou nos usuários finais, a fim de avaliar o risco associado aos modos de falha identificados e priorizá-los para intervenções proativas, e para realizar ações corretivas para as questões mais sérias, de modo a aumentar a

confiabilidade e a segurança de produtos e processos, projetos ou serviços (HUANG et al., 2019).

A abordagem tradicional FMEA usa Números de Prioridade de Risco (*Risk Priority Numbers- RPN*) para classificar os riscos de falha e identificar as principais causas de fracasso. O RPN é baseado no julgamento do tomador de decisão sobre Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D) dos fatores de risco, e é obtido por meio da multiplicação desses 3 fatores ($RPN = S \times O \times D$). Entretanto, com a mudança contínua do ambiente de aplicação e a necessidade de realismo de tomada de decisão, a clássica FMEA expôs alguns defeitos inerentes, tais como: (i) avalia os modos de falhas apenas por números nítidos, que não podem se adaptar ao ambiente difuso, e não é propício à expressão de informações de avaliação dos especialistas; (ii) o peso dos especialistas da FMEA não é considerado; (iii) o peso dos atributos não é considerado; (iv) a classificação final utiliza um algoritmo de multiplicação, que é muito simples e não propício para determinar a classificação; (v) a avaliação dos fatores de risco é difícil de ser determinada com precisão, uma vez que envolve imprecisão por parte dos decisores que precisa ser tratada; (vi) não permite que os decisores hesitem em seus julgamentos (CALACHE et al., 2021; HUANG; XIAO, 2021; LIU; LI, 2021).

As pesquisas realizadas por Giannakis e Papadopoulos (2016), Yu e Huatuco (2016) e Valinejad e Rahmani (2018), por exemplo, utilizaram a clássica FMEA para avaliar riscos relacionados à sustentabilidade na cadeia de suprimento. Embora alguns autores tenham utilizado teorias difusas (*fuzzy theory*) para melhorar o desempenho da FMEA clássica/convencional (FOROOZESH; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R. MOUSAVI, 2018; MANGLA; LUTHRA; JAKHAR, 2018), ela ainda apresenta algumas deficiências, exigindo suposições extras, faltando mecanismo para descrever a hesitação e a aleatoriedade das informações de avaliação simultaneamente, ignorando os efeitos psicológicos dos especialistas, e considerando apenas os três fatores de riscos usados no RPN: Severidade, Ocorrência e Detecção (CALACHE et al., 2021; HUANG; XIAO, 2021).

Frente a essas lacunas, Huang e Xiao (2021) propõem a junção da técnica FMEA com a teoria da nuvem difusa intuicionista com valor de intervalo (*Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds – IVFCs*), e com o método multicritério TOPSIS, para superar as limitações das técnicas atuais e melhorar a precisão e confiabilidade dos resultados finais da avaliação de risco. Segundo os autores, para capturar totalmente as diversas incertezas (ou seja, imprecisão, hesitação e aleatoriedade) das informações de tomada de decisão do FMEA no processo de avaliação de risco, um novo método linguístico computacional foi desenvolvido, gerando a IVIFCs, onde a teoria dos conjuntos difusos intuicionistas com valores de intervalo (*Interval-*

valued intuitionistic fuzzy set – IVIFS) é utilizado para lidar com a imprecisão e hesitação das informações de avaliação, e a teoria da nuvem é empregada para lidar com a aleatoriedade das avaliações. Além disso, com base no método TOPSIS hierárquico, os três elementos RPN (ou seja, O, S, D) são divididos em oito parâmetros para estabelecer uma estrutura hierárquica de elementos RPN para avaliar os níveis de risco de modos de falha abrangentes, que podem refletir as informações de risco dos modos de falha de forma mais racional e confiável.

Dessa forma, essa pesquisa utilizará a técnica proposta por Huang e Xiao (2021) pois é capaz de lidar com os aspectos não estruturados das decisões que envolvem questões de sustentabilidade e com o viés comportamental do processo, fazendo com que seja possível tornar essa tomada de decisão o mais estruturada possível. Para isso, serão feitas adequações na técnica para aplicá-la no contexto de avaliação de riscos relacionados à sustentabilidade de fornecedores na cadeia de suprimentos do açaí, dando o gancho para a terceira característica da justificativa dessa pesquisa, a cadeia de suprimentos em estudo, abordada na próxima seção.

1.4 Justificativa e relevância da pesquisa para os praticantes da cadeia de suprimentos do açaí

Essa pesquisa se torna ainda mais necessária pois diz respeito ao estudo empírico de uma cadeia de suprimentos em expansão no mercado nacional e internacional, a do açaí. Essa cadeia apresenta alta vulnerabilidade devido aos riscos típicos do setor agroalimentar, além de depender da exploração de recursos naturais, de base extrativista, e de fornecedores de comunidades rurais e/ou ribeirinhas da Amazônia brasileira.

A produção agrícola e extrativa do açaí possui alta relevância ambiental, pois quando realizada de forma racional, pode auxiliar a conservação da Floresta Amazônica. No quesito social, essa atividade é uma das mais importantes fontes de rendas de populações tradicionais e de agricultores familiares (SERRA, 2019). Estima-se que as atividades de extração, transporte, comercialização e industrialização de frutos e palmito de açazeiro são responsáveis pela geração de 25 mil empregos diretos (AGEITEC, 2021).

O açazeiro (*Euterpe oleracea*) é uma palmeira que pode ser encontrada espontaneamente nos estados do Pará, Amapá, Maranhão e leste do Amazonas, compondo as florestas das áreas de várzea, onde a alta umidade e riqueza de nutrientes provenientes do húmus e enchentes periódicas favorece a disseminação e germinação de suas sementes, compondo seus ecossistemas de floresta originária. O açazeiro também pode ser encontrado em densidades

menores em áreas de mata de terra firme, chamados de açazais (MENDONÇA; DEL BIANCHI, 2014; PINTO; OLIVEIRA, 2020).

As propriedades nutracêuticas do açaí fizeram com que a procura pelo produto aumentasse consideravelmente no mercado nacional e internacional, despertando interesse de indústrias de processamento para a produção de energéticos, sucos, geleias, mousses e sorvetes a partir do fruto (BARCELOS et al., 2017). No Brasil, no ano de 2019, foram produzidas, de forma extrativa e cultivada (açazais), 1.619.159 toneladas do fruto, dos quais 1.471.943 toneladas foram produzidas no Estado do Pará. Para além de concentrar mais de 90% da produção nacional, o Estado do Pará possui mais de 50 empresas que comercializam o fruto e outros produtos derivados do açaí. (CONAB, 2020).

Apesar de ser um fruto muito consumido no Norte do Brasil, o açaí se popularizou no restante do país apenas a partir da década de 1990, quando as pressões internacionais para a preservação da Amazônia e redução de queimadas e desmatamento aumentaram, e produtos florestais não madeireiros se destacaram, principalmente as frutas regionais, como cupuaçu, bacuri e açaí (YAMAGUCHI et al., 2015). A partir de então, houve um incentivo para a abertura de agroindústrias processadoras de frutas, abrindo a possibilidade de transporte desses produtos para outros estados e também para a exportação a outros países (PINTO; OLIVEIRA, 2020).

As agroindústrias, que são unidades empresarias voltadas para a atividade de transformação e processamento do açaí ao ponto de ser comercializado, representam um dos principais elos da cadeia, interligando o produtor extrativista ao cliente final (ARAÚJO, 2018). Por serem empresas, sofrem pressões para realizar adequações às regulamentações governamentais e de exigências de clientes nacionais e internacionais. Entretanto, ainda não é claro para a maioria delas quais são os ganhos, em termos de desempenho, que têm ao adotarem estratégias sérias relacionadas a questões social e ambientais (FILHO; SILVA; SILVA, 2013; CAVALCANTE, 2019).

Na região Norte, o fruto do açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) nas décadas de 80 e 90 era coletado de forma extrativa em açazais nativos em florestas, ilhas, áreas de várzea, igapós e terras firme, geralmente para consumo familiar, sendo responsável pelo sustento de diversas famílias que viviam nas regiões produtoras. Entretanto, o consumo do açaí vem passando por mudanças estruturais nos últimos anos, tanto em relação ao consumo quanto ao sistema de produção, impactando diretamente a sustentabilidade dessa cadeia de suprimentos (RODRIGUES; RIBEIRO; SILVA, 2015).

O interesse pela elevação da produção do fruto tem se dado pelo fato do açaí, antes destinado totalmente ao consumo local, ter conquistado novos mercados e se tornando uma

importante fonte de renda e emprego para coletores e produtores. A partir da década de 90, elevou-se a demanda pela polpa do fruto no mercado externo, por exemplo, com exportações chegando a mais de 12 mil toneladas no ano de 2020, correspondendo a pouco mais de US\$39 milhões (CONAB, 2020).

De acordo com Rodrigues, Ribeiro e Silva (2015), o reflexo imediato da valorização do produto impactou os sistemas de produção, resultando na expansão de açazais manejados em áreas de várzeas e estimulou a implantação de cultivos racionais em terra firme, com utilização de sistemas de irrigação e adoção de novas tecnologias agrícolas. A utilização de novas tecnologias de manejo e cultivo racional têm sido de fundamental importância, quando utilizadas de forma correta, para a exploração sustentável da cultura do açaí, contribuindo para atenuar o déficit de oferta, uma vez que gera ganhos expressivos em produtividade, garantindo renda para produtores rurais e agroextrativistas. Entretanto, o aumento da demanda do açaí tem levado a uma expansão do cultivo de forma desordenada em alguns casos, indo contra com os princípios de uma produção sustentável do ponto de vista socioambiental. Entre os desafios presentes neste cenário, encontram-se: o aumento das monoculturas, que contribui para a erosão genética e perda de polinizadores e dispersores de sementes; uso de fertilizantes e agrotóxicos; condições precárias de trabalho; padrões sanitários inadequados, e; falta de sistemas de rastreabilidade (AZEVEDO, 2019; COSTA; BEITUM, 2019). Além disso, para contornar a sazonalidade do fruto, que é um fator limitante, e focar na produção fora da safra, muitos produtores desmatam para ter espaço físico para o plantio e manejo da palmeira em terra firme. Dessa forma, do mesmo modo que o manejo em terra firme representa uma possibilidade de reflorestamento de áreas desmatadas, ele também pode representar o inverso, o desmatamento para aumento da área cultivável (CAVALCANTE, 2019).

Existem também outros fatores limitantes nas cadeias de produção do açaí e que estão diretamente ligados a possíveis eventos de risco, são eles: o alto custo de transporte, pois a maioria dos extrativistas estão situados na zona rural em áreas de acesso restrito, dificultando o acesso e podendo gerar problemas na programação de compra desta matéria-prima para as agroindústrias; a dominação dos intermediários, chamados comumente de atravessadores, que retiram o máximo de vantagens dos pequenos agricultores (extrativistas), e; a segurança fitossanitária no processo de extração transformação do fruto, visto que existe a possibilidade de contaminação dos produtos alimentares derivados do açaí (e.g., fruto, polpas, sucos e vitaminas) por dejetos de barbeiros infectados, tornando tais alimentos uma das principais vias de contaminação pela doença de Chagas (SANTANA; CARVALHO; MENDES, 2010; CARVALHO et al., 2018; COSTA; BEITUM, 2019; SILVA, 2006; SANTANA;

CARVALHO; MENDES, 2010; CAVALCANTE, 2019). Segundo Barcelos et al. (2017), a contaminação microbiológica se dá através dos substratos propícios ao crescimento dos contaminantes, sendo o fruto não ácido e nem doce e possuindo a polpa espessa e pequena, favorecendo o crescimento de micro-organismos e insetos diante das condições inadequadas durante a colheita e o transporte.

Frente a todos esses aspectos críticos e desafiadores, e que representam fontes de risco para a cadeia de suprimentos do açaí, é imprescindível que os atores envolvidos nela (órgãos públicos, fornecedores, agroindústria e comunidade local tomem ações conjuntas de responsabilidade social e ambiental na origem da matéria-prima, por meio da conscientização dos produtores extrativistas, garantindo, assim, o manejo adequado da terra para preservação da Floresta Amazônica e exploração futura do recurso natural; a geração de renda e saúde para as famílias que dependem exclusivamente da extração desse fruto; e o manejo adequado do fruto para não afetar a saúde dos consumidores (FILHO; SILVA; SILVA, 2013).

Na literatura são poucas as pesquisas que abordam a cadeia de suprimentos do açaí sob a perspectiva da responsabilidade social e ambiental junto a seus fornecedores (SILVA; VASCONCELOS, 2011; FILHO; SILVA; SILVA, 2013; CAVALCANTE, 2019), e de relações de cooperação, parceria ou alianças estratégicas entre agroindústria de açaí e fornecedores (SILVA, 2013). Portanto, considerando a exposição da cadeia de suprimentos do açaí a graves questões ambientais e sociais, é importante enfatizar a minimização e mitigação de riscos em todos os elos dessa cadeia, exigindo uma identificação e avaliação dos riscos relevantes associados aos vários processos (FOERSTL et al., 2010; WAGNER; MIZGIER; PAPAGEORGIOU, 2017).

Diante desse cenário, esse estudo busca propor um método de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade da cadeia de suprimentos do açaí, que possui grande importância econômica para o Brasil, principalmente para a região Norte do país, e que está exposta à graves questões ambientais e sociais. Espera-se que o mesmo possa ser utilizado por agroindústrias de açaí para que consigam identificar e monitorar todas as fontes de riscos presentes em sua cadeia de suprimentos, agindo em prol da sustentabilidade, acatando as exigências dos *stakeholders*, e evitando impactos negativos ao meio ambiente e à sociedade.

1.4 Estrutura da tese

Como forma de facilitar a compreensão desta tese, este documento está estruturado em cinco partes. A primeira corresponde ao presente capítulo, que contém a contextualização sobre

o tema, a questão-problema que se busca responder, os objetivos e justificativa e relevância da pesquisa para a área acadêmica e para a área de praticantes da cadeia de suprimentos do açaí.

Em um segundo momento, no Capítulo 2, é apresentada a base teórica utilizada para embasar a pesquisa e evidenciar a contribuição teórica inerente a esta tese. Na fundamentação inicial são abordadas as bases teóricas sobre a Teoria da Decisão e a estrutura Cynefin. Em seguida, é abordada a grande área do Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade e o Processo de Tomada de Decisão inerente ao gerenciamento. O Capítulo finaliza com a explanação dos principais achados e lacunas de pesquisa sobre o contexto estudado.

No terceiro Capítulo, após os aspectos introdutórios e argumentações teóricas, são indicados os procedimentos metodológicos, os quais guiaram a pesquisadora a atender a proposta definida nos objetivos. O *Design Science Research* foi utilizado como procedimento, e as etapas da pesquisa englobaram a conscientização sobre o problema estudado, o desenvolvimento e a avaliação de um artefato para solucioná-lo. Nesse capítulo também foram descritas as técnicas utilizadas para coleta e análise dos dados.

O quarto Capítulo apresenta os principais resultados e as análises realizadas a partir da aplicação do artefato desenvolvido na cadeia de suprimentos do açaí. Por fim, o quinto Capítulo contempla as considerações finais, limitações da pesquisa e sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para o desenvolvimento desse capítulo foi necessário realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), cujo protocolo metodológico utilizado e os resultados bibliométricos provenientes do procedimento encontram-se no Apêndice A. A partir da análise dos artigos encontrados na RSL foi possível construir a fundamentação teórica dessa pesquisa, inclusive a proposta do modelo conceitual do processo de tomada de decisão no gerenciamento de riscos relacionados a sustentabilidade de fornecedores apresentado na Figura 5, que foi um amadurecimento de toda a leitura sobre o tema pesquisado.

2.1 Contexto da Decisão: Fatores que afetam a tomada de decisão

Afim de entender os fatores envolvidos no processo de tomada de decisão, este trabalho traz a luz a Teoria da Decisão como embasamento e futura construção do modelo proposto. Para isso, essa seção apresenta os resultados que respondem a primeira questão de pesquisa proposta no protocolo da RSL, que foi: (Q1) Quais abordagens da Teoria da Decisão comportamental influenciam nos processos de avaliação de fornecedores no contexto de gerenciamento de riscos voltados para a sustentabilidade?

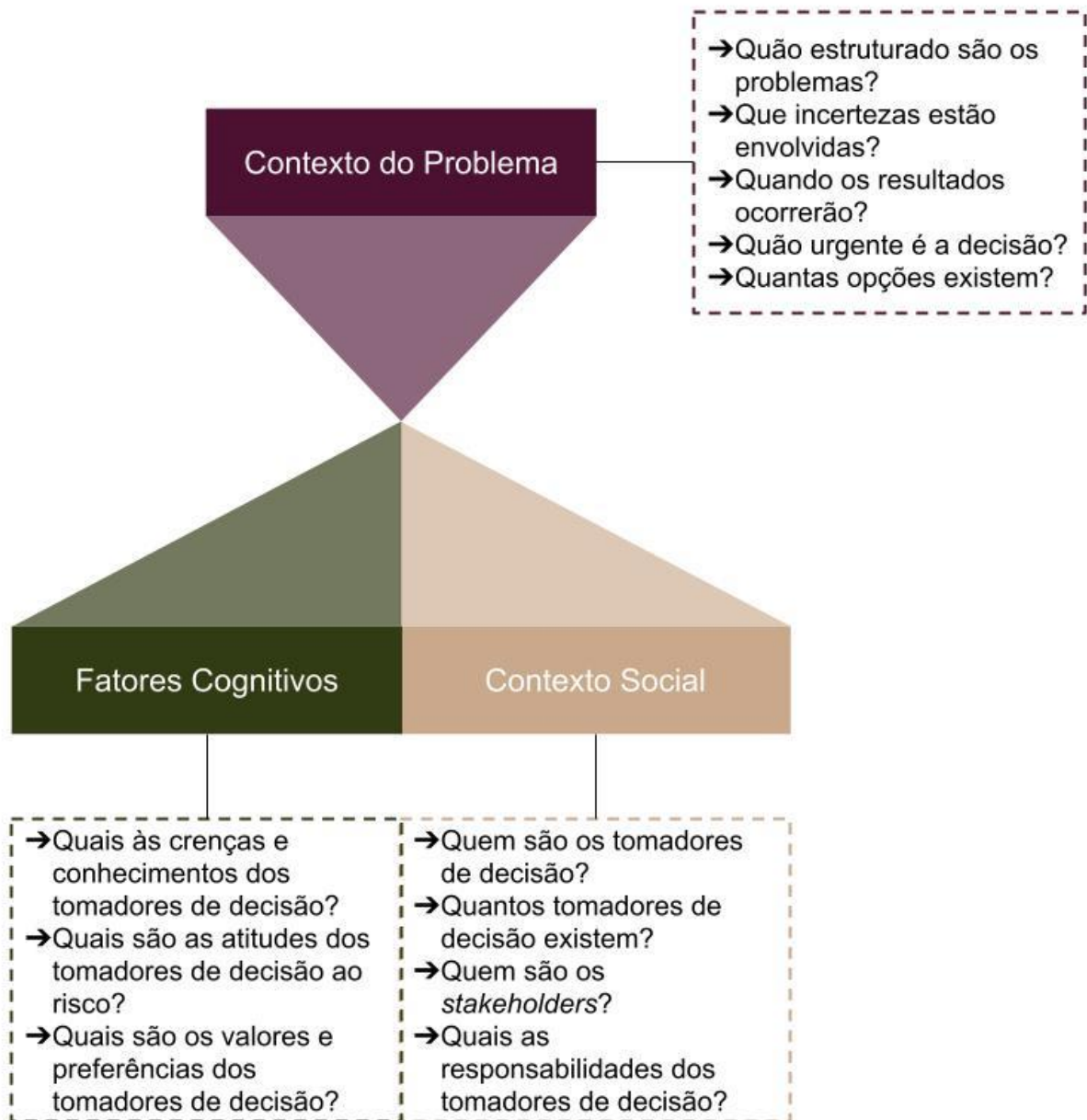
Inicialmente, Samuelson (1938) formulou a base para uma teoria normativa da Teoria da Decisão em economia, e definiu várias suposições sobre o comportamento de um indivíduo, que ainda constroem o núcleo do movimento hoje conhecido como economia neoclássica. Para o autor, os indivíduos devem ser informados sobre todas as alternativas disponíveis, devem ter expectativas corretas sobre as consequências futuras das decisões atuais, e elas devem ser governadas pelo interesse próprio e pela racionalidade, usando as informações de maneira sistemática e lógica. No entanto, Simon (1955) criticou o conceito da Teoria econômica, enfatizando que a incerteza e a racionalidade limitada existem na Teoria da Decisão. Embora a abordagem racional incumbente à tomada de decisões gerenciais fosse normativa, explicando como devemos tomar melhores decisões, Simon (1977) começou a explorar o ramo comportamental de como as decisões são tomadas na realidade, criando uma linha de psicologia cognitiva econômica da pesquisa de tomada de decisão. Kahneman e Tversky (1979) mostraram mais tarde que as decisões humanas podem sistematicamente se afastar daquelas previstas pela Teoria econômica padrão. Com base nisso, muitos pesquisadores enriqueceram a Teoria econômica usando *insights* da psicologia cognitiva para explicar o comportamento humano, que vai além das premissas de racionalidade da neoclássica e da nova Teoria econômica

institucional. Esses pesquisadores descobriram que os indivíduos podem falhar quando se trata de julgar probabilidades, fazer previsões ou tentar lidar com ambientes de decisão incertos na economia (CARTER; KAUFMANN; MICHEL, 2007).

O processo de tomada de decisão é um ato consciente e precedido por algum processo de formulação. Para que as escolhas sejam suficientemente enquadradas é necessário que os decisores tenham consciência de algumas das opções e sejam capazes de as avaliar em relação aos seus amplos valores, preferências e incertezas, a fim de assegurar que nenhuma opção se destaca como a óbvia escolha incontestada (FRENCH, 2015; MCFALL, 2015).

French, Maule e Papamichail (2009) definiram que as decisões vão sempre diferir uma da outra devido à uma ampla gama de fatores, tais como: o contexto do problema, as capacidades, habilidades e disposições das pessoas envolvidas e o contexto social em que se encontram (ver Figura 1).

Figura 1. Fatores que afetam a tomada de decisão



Fonte: Payne, Bettman e Johnson (1993)

No contexto social do processo decisório são analisados outros aspectos externos referentes a: identificação dos *stakeholders* envolvidos; quantidade de tomadores de decisão envolvidos, e; estereótipos culturais (FRENCH; GELDERMANN, 2005). *Stakeholder* é uma entidade que "pode afetar ou é afetada pela execução dos objetivos da organização", e incluem proprietários, gerentes, funcionários, fornecedores, clientes, concorrentes, comunidades locais, grupos ativistas, mídia, atores governamentais e até o ambiente natural (BUSSE et al., 2016).

A teoria dos *stakeholders* é usada para analisar a sustentabilidade nas relações comprador-fornecedor (TATE; ELLRAM; DOOLEY, 2012; TOUBOULIC; WALKER, 2015), e fornece uma perspectiva poderosa para entender por que e como as ações dos *stakeholders*

desencadeiam perdas decorrentes dos riscos relacionados à sustentabilidade (BUSSE; KACH; BODE, 2016).

No que diz respeito ao número de tomadores de decisão envolvidos, existem quatro contextos para o processo de tomada de decisão: indivíduo, grupo, organização e sociedade. Na primeira categoria há apenas um único ator envolvido, evitando qualquer necessidade de considerar questões como comunicação, honestidade ou escolha democrática. Na decisão em grupo, todos os indivíduos que fazem parte do processo são responsáveis por decidir sobre o curso de ação. Na terceira, uma entidade legal - ou seja, uma organização - segue o curso da ação, embora a decisão possa ser tomada por um indivíduo, como o CEO (*Chief Executive Officer*) ou um grupo, como um conselho de administração. Finalmente, a sociedade pode tomar decisões de alguma maneira "democrática", como a escolha de um presidente do país (FRENCH; GELDERMANN, 2005; MCFALL, 2015).

Outro fator importante presente no contexto social da tomada de decisão são as características culturais dos atores envolvidos no processo, que envolve uma população não homogênea, diferindo em percepções, motivações e atitudes. É de extrema importância que esses fatores sejam levados em consideração no momento de projetar e analisar o processo, para garantir que um conjunto representativo de percepções e valores seja incorporado (MELNYK et al., 2014).

Alexander, Kumar e Walker (2018) identificaram, em seu estudo empírico, empresas com organização cultural moldada por fortes valores éticos, nas quais a tomada de decisão é baseada em princípios, descentralizada e tolerante à incerteza. Avaliando essas empresas, os autores concluíram que a mentalidade das pessoas muda de acordo com o setor, e a compreensão da cultura organizacional ajuda a medir e gerenciar o desempenho de operações sustentáveis.

Segundo French, Maule e Papamichail (2009), entender o contexto do problema também se faz necessário, e o processo envolve a identificação das incertezas envolvidas, da urgência da decisão, da gama de opções existentes e, principalmente, da hierarquia de decisão do problema. De acordo com Simon (1977) e Mintzberg e Waters (1985), as decisões estratégicas tendem a ser desestruturadas, devendo considerar múltiplos fatores, incertezas e mudanças.

As decisões estratégicas são de longo prazo, têm uma frequência baixa ou são únicas e não se repetem e, portanto, não são estruturadas. Em contraste, as decisões operacionais são mais definíveis, estáveis ou estruturadas e, portanto, passíveis de programação. De forma geral, a estratégia corporativa trata do estabelecimento de metas de longo prazo, enquanto o nível tático e operacional faz o trabalho detalhado para tentar atingir essas metas (FRENCH;

MAULE; PAPAMICHAIL, 2009; ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014).

O SSCRM envolve questões com um alto nível de aspectos não estruturados, como incerteza, ambiguidade e baixos níveis de controle direto. A análise dos *stakeholders*, por exemplo, envolve a identificação de várias partes que podem influenciar a estratégia organizacional para decidir quais são as mais significativas (MITCHELL; AGLE; WOOD, 1997). Modelos de gerenciamento menos quantitativos, preditivos e mais gerais podem ser usados para auxiliar em problemas de decisão não estruturados (ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014).

O contexto do problema e o contexto social são considerados fatores externos que influenciam diretamente no processo de tomada de decisão, já os fatores cognitivos são internos e estão relacionados às habilidades cognitivas dos tomadores de decisão. Os seres humanos detestam admitir suas falhas, mas as evidências mostram que nossa análise e tomada de decisão intuitivas estão longe de serem perfeitas (KAHNEMAN; SLOVIC; TVERSKY, 1982).

A racionalidade limitada, proposta por Simon (1960), descreve como as pessoas são limitadas em suas capacidades de raciocínio lógico e sujeitas a vários vieses de percepção inerentes aos fatores cognitivos, que se manifestam diante de muitos dos modelos teóricos usados a análise de decisão, análise de risco e pesquisa operacional.

Por exemplo, o viés da disponibilidade ocorre quando eventos dramáticos facilmente lembrados ou imaginados tendem a ser julgados com maior probabilidade do que realmente são, já para o viés de ancoragem e ajuste, os julgamentos tendem a ser corrigidos no início da discussão, agrupando-se em torno dos valores sugeridos primeiros. No viés de enquadramento, as atitudes de risco dos tomadores de decisão podem ser alteradas simplesmente expressando os riscos em termos positivos ou negativos. Há também o viés por excesso de confiança, no qual os tomadores de decisão tendem a ter excesso de confiança na precisão de seus julgamentos. Por fim, há também vieses devido a fatores de “percepção de risco e probabilidade”, “pressão institucional” e “atalhos heurísticos” (ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014; MCFALL, 2015).

No contexto da SSCRM a Teoria da Perspectiva mostra que, quando as coisas estão indo mal, a aversão aos riscos diminui e, portanto, elas tomam decisões mais arriscadas. Sob condições de estresse, a capacidade de tomada de decisão pode ficar prejudicada e, portanto, os estados emocionais são tão significativos quanto a capacidade racional (ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014; MCFALL, 2015).

Kull, Oke e Dooley (2014) conduzem um experimento comportamental de seleção de fornecedores com a prática de gerentes sob condições de incerteza. Os autores exploram fontes

de racionalidade limitada e vieses cognitivos e, considerando o nível de risco percebido pelos tomadores de decisão, eles mostram resultados como: o pagamento contingente diminui a percepção de risco por meio de um maior controle percebido do fornecedor, e; a propensão ao risco dos gerentes aumenta as preferências de um fornecedor com menos resultados certos, independentemente do risco percebido.

Para auxiliar a interpretar a natureza do contexto de vários problemas de decisão, e em identificar como lidar com muitas incertezas em uma análise, Snowden (2002) desenvolveu a estrutura Cynefin. De acordo com Kurtz e Snowden (2003), o Cynefin é uma estrutura baseada na sensatez, ou seja, significa que seu valor não se apoia tanto em argumentos lógicos ou verificações empíricas, e sim no efeito das capacidades de tomada de decisão e de sensatez daqueles que o usam. Isso proporciona aos tomadores de decisão novas construções poderosas que eles podem usar para entender uma ampla gama de problemas não especificados. A estrutura e mais detalhes do modelo são apresentadas no tópico a seguir.

2.2 Cynefin framework

Como aditivo à Teoria da Decisão, a estrutura Cynefin foi apresentada com base em teorias matemáticas de sistemas complexos e caóticos (SNOWDEN, 2002; KURTZ; SNOWDEN, 2003; SNOWDEN; BOONE, 2007). Esta é uma estrutura de criação de sentido na gestão do conhecimento que fornece uma tipologia que distingue os contextos de decisão estruturados e não-estruturados (ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014; ALEXANDER; KUMAR; WALKER, 2018).

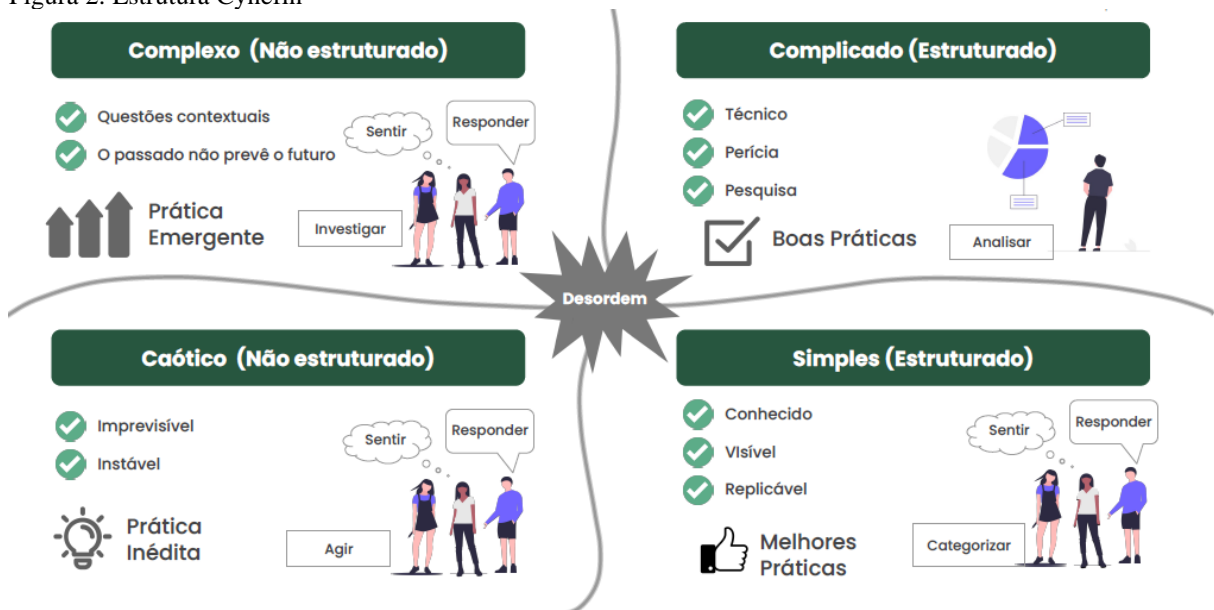
A Teoria da Decisão e, em particular, o resumo sucinto da tomada de decisão em diversos contextos fornecidos pelo framework Cynefin, aborda a influência da hierarquia organizacional e do contexto operacional na tomada de decisão. As decisões estratégicas tendem a corresponder a problemas mal formados, também chamados de não-estruturados ou não-programados (SIMON, 1977), e o primeiro passo é formular o problema por meio de discussões que, frequentemente, envolvem múltiplas perspectivas dos *stakeholders*. Por outro lado, as decisões operacionais geralmente são muito mais estruturadas - por exemplo, um nível de estoque deve ser aumentado para suportar um plano de produção (FRENCH; MAULE; PAPAMICHAIL, 2009). A natureza da estrutura Cynefin é apresentada na Figura 2, onde são descritos quatro espaços da decisão.

No domínio 'Caótico', as coisas acontecem além da experiência dos tomadores de decisão e nenhuma relação de causa e efeito é percebida. Nesse espaço ainda não é possível

discernir entidades, eventos, comportamentos e assim por diante. Eventualmente as coisas vão ganhando sentido: as entidades e comportamentos começam a ser identificados e os eventos reconhecidos, fazendo com que o contexto se enquadre no domínio ‘Complexo’. Aqui há tantas causas e efeitos interativos que as previsões de comportamentos do sistema - muitas vezes comportamentos sócio-políticos - são afetadas por uma ampla gama de incertezas, com isso as decisões são tomadas sem uma clara ou completa compreensão das suas consequências (KURTZ; SNOWDEN, 2003; FRENCH, 2015; ALEXANDER; KUMAR; WALKER, 2018).

Ao longo do tempo, à medida que o processo de observação aumenta, a relação de causa e efeito de alguns comportamentos se torna mais clara. Dessa forma, os comportamentos são categorizados como pertencentes ao domínio ‘Complicado’. Este espaço descreve contextos em que temos compreensão suficiente para construir modelos, embora não o suficiente para definir todos os parâmetros dentro desses modelos. Para qualquer aplicação do modelo precisamos coletar dados e analisá-los para estimar os parâmetros. Avançando ainda mais, os tomadores de decisão ganham experiência suficiente para conhecer os parâmetros para todas as aplicações, fazendo com que a coleta de dados adicionais seja desnecessária. Neste caso, o contexto é categorizado para o domínio ‘Simples’, no qual causa e efeito são completamente compreendidos (FRENCH; GELDERMANN, 2005; ALEXANDER; KUMAR; WALKER, 2018).

Figura 2. Estrutura Cynefin



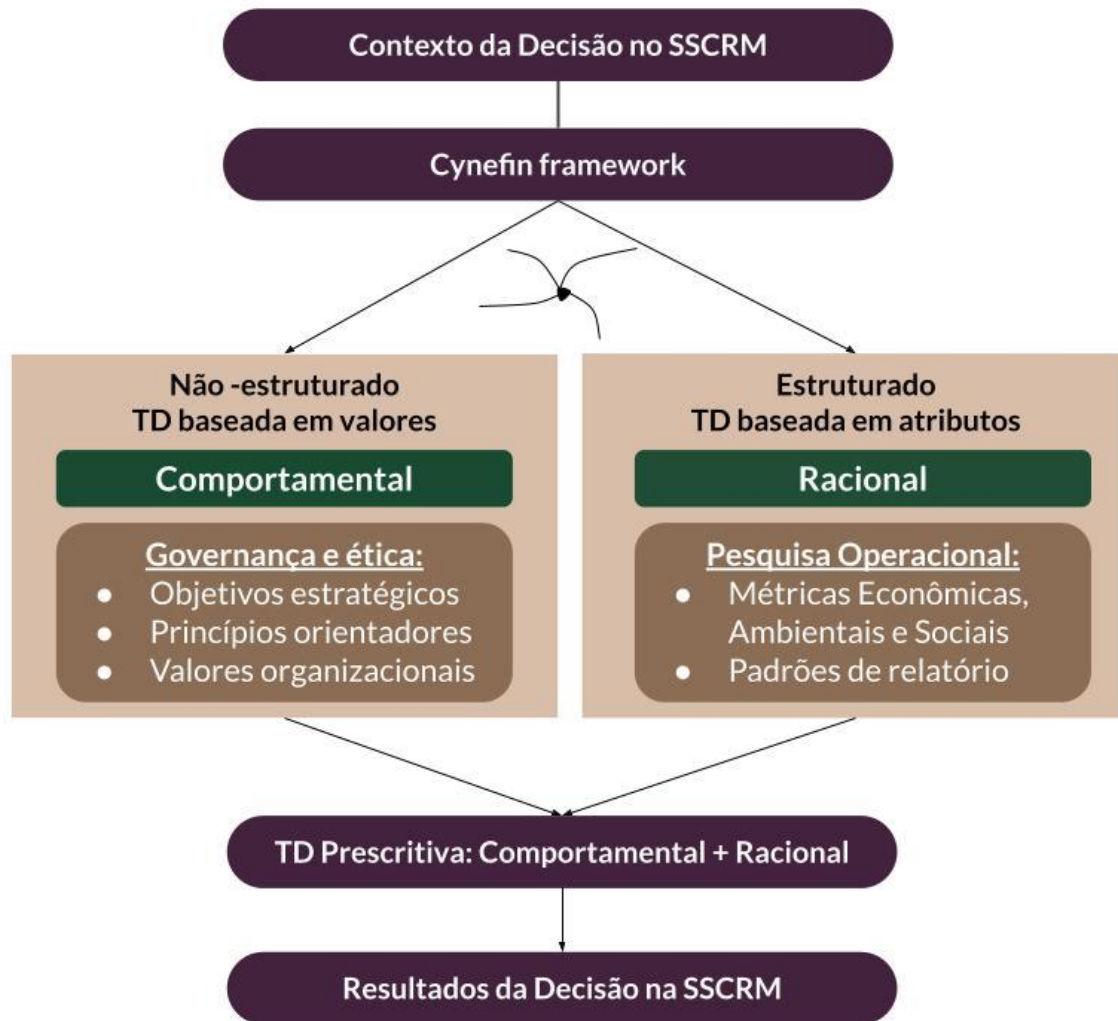
Fonte: Adaptado de Snowden (2002), Kurtz e Snowden (2003) e Snowden e Boone (2007)

Nesta descrição da aprendizagem, há uma idealização de que o conhecimento aumenta de forma ordenada e cronológica desde o espaço 'Caótico' até aos domínios 'Complexos' e 'Complicado' para chegar ao domínio 'Simples'. Na realidade, em muitos casos, o progresso não acontece dessa forma, seguindo um sentido horário, devido a percepção inexistente de causa e efeito por parte dos tomadores de decisão, levando ao aprendizado por meio do erro e voltando pelo Cynefin no sentido anti-horário (FRENCH, 2013, 2015).

O framework Cynefin dá consciência de como as circunstâncias estruturadas e não-estruturadas afetam a compreensão do tomador de decisão (SNOWDEN, 2018). Os gerentes exigem que o SSCRM seja traduzível em modelos métricos simples e gerenciáveis, ao mesmo tempo que reconhecem a incerteza inerente a um ambiente complexo e em rápida mudança, e os modelos em pesquisa operacional empurram contra essa complexidade, encontrando maneiras de fatorar a incerteza no processo de modelagem. No entanto, a abordagem para a tomada de decisão no ramo de ética empresarial destaca o papel dos valores e da cultura organizacional (ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014; SNOWDEN, 2018).

Dessa forma, gerenciar riscos relacionados à sustentabilidade das organizações torna-se mais complexo justamente por envolver questões mais estratégicas, e que necessitam de decisões de cunho ambiental, social e ética, e do envolvimento de muitos *stakeholders*, incertezas e riscos (FRENCH; GELDERMANN, 2005; ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014). Baseado na estrutura proposta por Alexander, Walker e Naim (2014), os fatores que envolvem o contexto da tomada de decisão na SSCRM e a formulação do problema, baseado na Tomada de Decisão (TD), é apresentado na Figura 3.

Figura 3. Contexto da decisão na SSCRM baseado na Teoria da Decisão



Fonte: Adaptado de Alexander, Walker e Naim (2014)

Nota: Tomada de Decisão (TD); *Sustainability-related Supply Chain Risk Management* (SSCRM)

Em decisões em que o contexto é estruturado, ou seja, estão relacionadas a um contexto mais operacional e tático, os atributos a serem avaliados são claramente definidos e não ambíguos e, portanto, as métricas e os padrões de relatório são relevantes para as decisões de SSCRM neste espaço, caracterizando o processo como racional. No entanto, se as decisões não forem estruturadas, princípios ou valores orientadores podem ser aplicados, de modo que a cultura organizacional e a liderança tornam-se altamente significativas para o SSCRM, caracterizando o processo como comportamental (KEENEY; GREGORY, 2005).

De acordo com Alexander, Walker e Naim (2014), contextos não-estruturados necessitam que a tomada de decisão seja baseada em valores, ou seja, envolvem aspectos mais qualitativos, e há uma preocupação maior com os aspectos sociais e psicológicos de como as decisões são tomadas na prática (FRENCH; MAULE; PAPAMICHAIL, 2009). Sendo,

portanto, tão relevante na modelagem de questões de sustentabilidade quanto os modelos racionais e quantitativos de decisão (HIRSCH; MEYER, 2010; FREITAS; MAGRINI, 2013).

Quando um modelo reflete os dois tipos de contexto, ele se caracteriza como prescritivo, em que são incorporadas características tanto do contexto estruturado quanto do não-estruturado, em que é considerado o viés comportamental enfrentado por um tomador de decisão juntamente com os processos racionais de decisão, a fim de combater limitações e vieses cognitivos (KELLER, 1989; ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014; MCFALL, 2015).

No modelo apresentado, após o entendimento acerca do contexto do processo decisório para o gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade de fornecedores, inicia-se a etapa de avaliação de riscos. No tópico a seguir são dadas informações detalhadas sobre essa etapa do modelo proposto.

2.3 Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade

O Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Risk Management* – SCRM) tem evoluído para um dos campos mais ativos em pesquisa de Gestão da Cadeia de Suprimentos devido à terceirização e turbulência econômica. A maioria dos estudos sobre o SCRM concentra-se nos riscos a montante (*upstream*), identificando problemas de qualidade dos fornecedores, falhas de entrega e questões financeiras (REINERTH; BUSSE; WAGNER, 2019). A característica comum desses riscos é que eles se materializam por causa de uma ruptura em algum ponto da cadeia que, posteriormente, obstrui o fluxo interligado de materiais, fundos ou informações entre as entidades da cadeia de suprimentos (BODE et al., 2011).

De acordo com Rosales *et al.* (2019), os riscos da cadeia de suprimentos têm características multidimensionais determinados por: fontes de risco; eventos de risco; perturbações ou distúrbios resultantes, e; vulnerabilidade. Fontes de risco são fatores, condições ou situações específicas relacionadas à organização, ambiente ou estrutura das cadeias de abastecimento que podem desencadear perdas (HO et al., 2015), e essas fontes podem ser internas (endógenas), que são causadas pelas atividades das empresas ao longo de suas cadeias de abastecimento, ou externas (exógenas), que são trazidas às empresas por sua interação com o ambiente externo que elas operam (GIANNAKIS; PAPADOPOULOS, 2016). Os eventos de risco são episódios concretos que levam a transtornos e, conseqüentemente, a desvios negativos no desempenho das organizações que compõem a cadeia. Perturbações ou distúrbios são as conseqüências negativas de eventos de risco (HOFMANN et al., 2014), e a vulnerabilidade a

determina a possibilidade de ocorrência de um certo risco, assim como a magnitude de seu impacto, ou seja, maior vulnerabilidade implica correr mais riscos e estar exposto a maiores perdas e danos (ROSALES et al., 2019).

Com a crescente demanda por sustentabilidade nas cadeias produtivas, o termo “risco” estendeu de uma perspectiva principalmente econômica para uma perspectiva de sustentabilidade, fazendo com que as metas das empresas fossem ampliadas e complementadas por metas sociais, ambientais e éticas (FREISE; SEURING, 2015). Com isso, o processo de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade envolve, por exemplo, critérios relacionados aos litígios sobre poluição, abusos de direitos humanos e danos reputacionais subsequentes, e como grande parte da criação de valor está ocorrendo na cadeia de suprimentos, o foco também é expandido da empresa focal para os outros atores da cadeia de suprimentos (ROEHRICH; GROSVOLD; HOEJMOSE, 2014).

Frente à essa nova demanda, surge o Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade (*Sustainability-related Supply Chain Risk Management - SSCRM*) (HOFMANN et al., 2014). Hofmann et al. (2014, p. 168) definiu que os riscos relacionados à sustentabilidade representam "uma condição ou um evento que ocorre potencialmente dentro da cadeia de suprimentos de uma empresa focal que pode provocar reações prejudiciais aos *stakeholders*".

Para dar início ao processo do SSCRM é necessário se concentrar em dois mecanismos possíveis de desencadeamento: interrupções e reações dos *stakeholders*, que levam a danos na reputação da empresa focal. Hofmann et al. (2014) exemplifica claramente a importância de se levar também em consideração no gerenciamento os riscos relacionados à sustentabilidade. Por exemplo, os funcionários de uma fábrica de roupas trabalham mais de 60 horas por semana, do ponto de vista do gerenciamento de operações, a produção atenderá a demanda e, portanto, estarão operacionalmente livres de riscos. No entanto, do ponto de vista do risco de sustentabilidade da cadeia de suprimentos (ou de um ponto de vista ético), a situação é altamente arriscada, devido a possível reação adversa dos *stakeholders*.

Com isso, os fatores condutores e as consequências geradas no âmbito do gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade diferem dos riscos tradicionais (econômicos, operacionais, políticos, por exemplo). Para entender o que leva a adoção do SSCRM, a Figura 4, embasada nas pesquisas desenvolvidas por Foerstl et al. (2010), Thöni, Madlberger e Schatten (2013), Hofmann et al. (2014), Freise e Seuring, (2015) e Busse et al. (2017), apresenta a estrutura com os fatores que levam ao início do processo de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade.

Figura 4. Fatores motivadores do SSCRM



Fonte: Foerstl et al. (2010); Thöni, Madlberger e Schatten (2013); Hofmann et al. (2014); Freise e Seuring, (2015); Busse et al. (2017).

Os condutores identificados na Figura 1, que podem ser externos e internos, são responsáveis por levar as empresas a identificar as expectativas relacionadas a sustentabilidade. Os externos incluem: (i) pressão dos *stakeholders* e (ii) requisitos legais. Já os internos englobam: (iii) orientação corporativa e (iv) vantagem competitiva. O último fator, (v) a exposição ao risco da cadeia de suprimentos, pode ser usado para analisar as características da cadeia de suprimentos e entender a vulnerabilidade do ambiente em que as empresas estão operando.

Os externos, como a pressão causada por *stakeholders* (organizações não-governamentais, sociedade, mídia) e requisitos regulatórios governamentais, levam as empresas a adotarem iniciativas de sustentabilidade corporativa em antecipação a danos ou pressões adicionais sobre a empresa e seus acionistas, e na sua reputação.

Em relação aos internos, as empresas buscam pela sustentabilidade em suas operações devido a fatores que representam oportunidades para melhorar sua competitividade, reduzindo o consumo de energia para reduzir custos, por exemplo. O último fator, a exposição ao risco, pode motivar as empresas a desenvolver estratégias de contingência para se preparar em caso de riscos ambientais exógenos (desastres naturais, condições climáticas extremas, ataques terroristas) (THÖNI; MADLBERGER; SCHATTEEN, 2013).

A estrutura proposta considera a diferenciação da cadeia de suprimentos tradicional e sustentável. De acordo com Hofmann et al. (2014), há uma diferença entre os riscos comuns da cadeia de suprimentos daqueles que são relacionados à sustentabilidade, mesmo que ambos emanem de fontes de risco dentro ou na proximidade direta das cadeias de suprimentos. Riscos

comuns levam a rupturas na cadeia de suprimentos, causados por inadimplência dos fornecedores ou atrasos na entrega, por exemplo. Já os riscos relacionados à sustentabilidade podem levar a danos relacionados a reputação da empresa focal.

Dessa forma, se a empresa focal não reagir as expectativas identificadas, conseqüentemente, não gerenciará os riscos relacionados a sustentabilidade presentes na cadeia. Essa negação provocará uma reação dos *stakeholders* e as conseqüências serão sentidas pela empresa focal e pela cadeia de suprimentos, podendo afetar negativamente o capital reputacional, as finanças (incluindo redução de liquidez, diminuição de lucros e aumento de custo) e ações judiciais podem ser aplicadas em caso de não cumprimento de leis e regulamentos (CHRISTOPHER et al., 2011; HOFMANN et al., 2014; SHANKAR; CHOUDHARY; JHARKHARIA, 2018).

Se a empresa reagir positivamente às expectativas internas e externas, deverá dar início ao gerenciamento de riscos da cadeia de suprimentos voltado para questões relacionadas à sustentabilidade (práticas sociais, ambientais, éticas), focando em seu crescimento sustentável. Para atingir esse objetivo, as redes sustentáveis devem garantir que cada fornecedor esteja totalmente alinhado e comprometido com os eixos econômico, ambiental e social que regem o comportamento operacional da rede (FOERSTL et al., 2010; HOFMANN et al., 2014; BUSSE et al., 2016; GIANNAKIS; PAPADOPOULOS, 2016).

Quando os riscos avaliados são aqueles relacionados à sustentabilidade, existem diferenças fundamentais no gerenciamento se comparados aos riscos típicos da cadeia de suprimentos. Para identificar, avaliar e gerenciar riscos relacionados à sustentabilidade, as empresas devem compreender as diferentes perspectivas e expectativas dos *stakeholders* (WU; ELLRAM; SCHUCHARD, 2014; BUSSE et al., 2016).

Enquanto as estratégias de resposta aos riscos típicos da cadeia de suprimentos visam reduzir a complexidade e os prazos de entrega, minimizando custos, melhorando a capacidade de resposta e otimizando a eficiência operacional, os esforços de tratamento de risco relacionados à sustentabilidade, por outro lado, são voltados para a eliminação da conseqüência negativa para a marca, imagem ou financeiro (GIANNAKIS; PAPADOPOULOS, 2016; VALINEJAD; RAHMANI, 2018)

Independentemente da natureza distinta dos riscos relacionados à sustentabilidade, seu processo de gerenciamento deve fazer parte da estratégia geral de risco de negócios de uma empresa, pois os riscos relacionados à sustentabilidade podem ser precursores dos riscos típicos da cadeia de suprimentos. Por exemplo, acidentes ambientais causam riscos de interrupção da oferta e demanda (REINERTH; BUSSE; WAGNER, 2019). Além disso, é importante que as

estratégias adotadas por uma empresa focal em uma cadeia de suprimentos se estendam também a seus fornecedores, visto que esses são capazes de ocasionar eventos de risco que podem afetar também a seus compradores. Dessa forma, as estratégias de gerenciamento de riscos são desenvolvidas por fornecedores e compradores, com compradores especificando requisitos e fornecedores demonstrando que eles os cumprem (ROEHRICH; GROSVOLD; HOEJMOSE, 2014; FOERSTL; MEINLSCHMIDT; BUSSE, 2018).

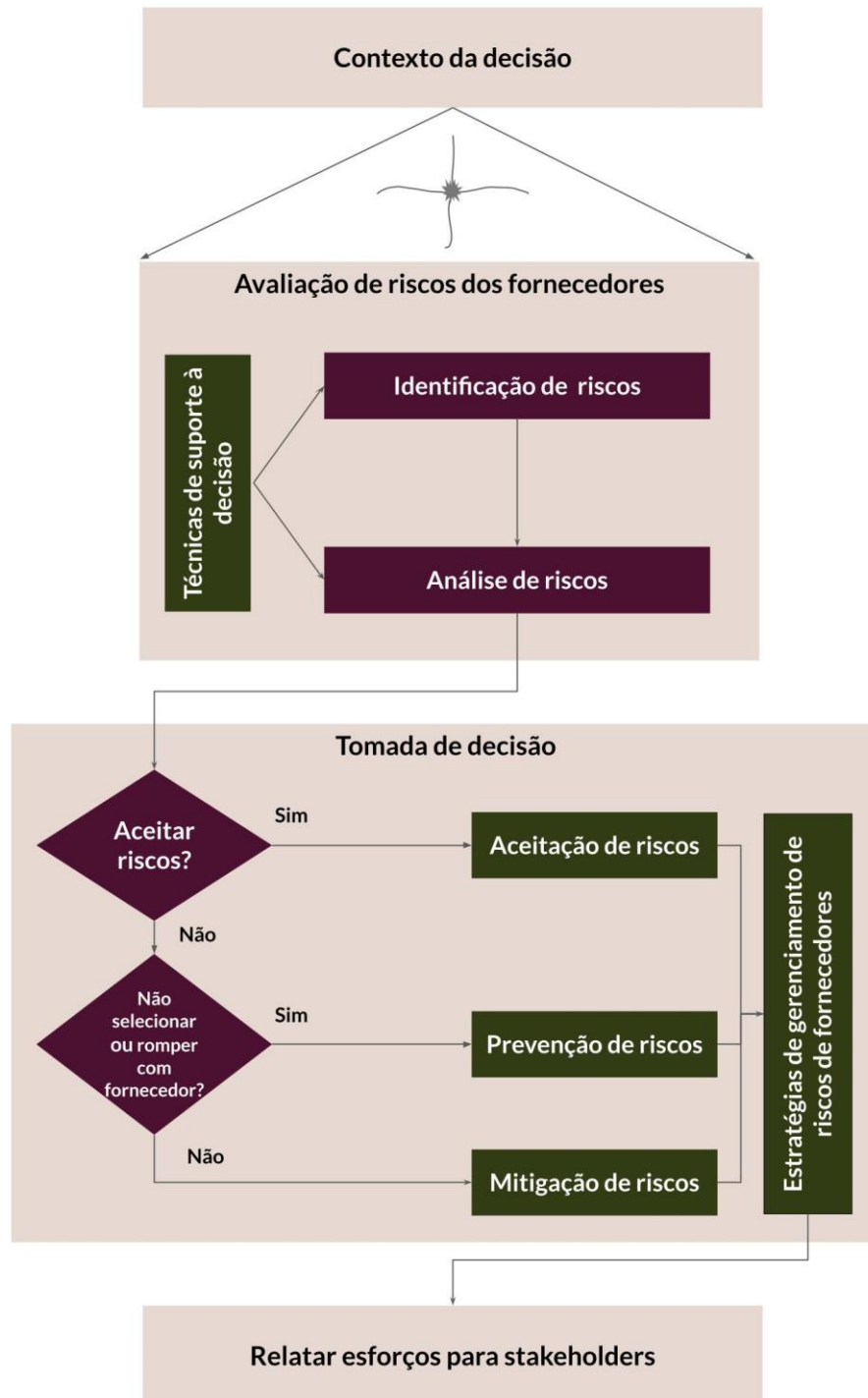
Diante desse cenário, para evitar reação adversa dos *stakeholders* e garantir uma boa reputação, é importante que a empresa focal gerencie os riscos relacionados à sustentabilidade presentes em sua cadeia de fornecimento. O tópico 2.4 expõe os achados encontrados na literatura sobre o processo de tomada de decisão no SSCRM.

2.4 Processo de tomada de decisão no Gerenciamento de Riscos relacionados à Sustentabilidade de Fornecedores

Estruturas de gerenciamento de risco relacionadas à sustentabilidade de fornecedores são encontradas na literatura usando diferentes terminologias (FOERSTL et al., 2010; HOFMANN et al., 2014; GIANNAKIS; PAPADOPOULOS, 2016). No entanto, esta pesquisa, por meio de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), identificou os fatores que afetam o processo de tomada de decisão (baseado na Teoria da Decisão) atrelado ao processo de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade dos fornecedores.

As etapas e contextos relacionados ao processo de tomada de decisão estão identificadas na Figura 5, que foi desenvolvida tendo com embasamento as pesquisas realizadas por French, Maule e Papamichail (2009), Foerstl et al. (2010b), Hofmann et al. (2014), French (2015), Giannakis e Papadopoulos (2016), Hajmohammad e Vachon (2016) e ABNT (2018).

Figura 5. Processo de tomada de decisão no gerenciamento de riscos relacionados a sustentabilidade de fornecedores



Fonte: French, Maule e Papamichail (2009); Foerstl et al. (2010b); Hofmann et al. (2014); French (2015); Giannakis e Papadopoulos (2016); Hajmohammad e Vachon (2016); ABNT (2018)

O processo de tomada de decisão inicia com a investigação referente ao contexto em que a decisão está sendo tomada. Para isso, estudou-se sobre a Teoria da Decisão, que forneceu informações necessárias para entender a estrutura do problema estudado e dos fatores que afetam a tomada de decisão. Essa primeira etapa envolve questões preliminares que são

essenciais para construir o método de suporte à decisão. A partir do estudo aprofundado da Teoria da Decisão, foi identificado que a estrutura Cynefin (SNOWDEN, 2002; SNOWDEN; BOONE, 2007) fornece um resumo útil do papel da simplicidade e complexidade subjacente à tomada de decisão organizacional e, por esse motivo, foi incorporada ao modelo. Os tópicos 2.1 e 2.2, abordados anteriormente, trazem a contextualização acerca da Teoria da Decisão e da estrutura Cynefin, respectivamente, detalhando sobre os fatores que afetam a tomada de decisão e fornecendo embasamento adicional para auxiliar no entendimento do contexto do problema.

Posteriormente, inicia-se a fase de avaliação de riscos dos fornecedores, que engloba as etapas de identificação e análise de riscos, na qual são definidos as causas, consequências, processo atual de controle e probabilidade de ocorrência dos riscos. Para dar suporte ao tomador de decisão nessa avaliação são utilizados modelos de suporte a decisão (HOFMANN et al., 2014; GIANNAKIS; PAPADOPOULOS, 2016; ABNT, 2018).

A partir dos resultados da análise, deve-se tomar a decisão de selecionar, encerrar contrato ou desenvolver o fornecedor, por meio das estratégias de gerenciamento dos riscos. Com isso, após a avaliação, as práticas de gerenciamento de riscos devem ser definidas em consonância com a decisão tomada referente às estratégias de gerenciamento existentes, que são: aceitação, prevenção e mitigação de riscos. Por fim, todos os esforços e resultados devem ser relatados aos *stakeholders* (HOFMANN et al., 2014; HAJMOHAMMAD; VACHON, 2016; HAJMOHAMMAD; SHEVCHENKO, 2020).

Adiante, são apresentados os embasamentos teóricos sobre a etapa de avaliação de riscos (Tópico 2.5), da tomada de decisão (Tópico 2.6), onde são definidas as estratégias de gerenciamento, e sobre a etapa em que se comunicam os esforços aos *stakeholders* (Tópico 2.7).

2.5 Avaliação de riscos relacionados à sustentabilidade

2.5.1 Identificação de fontes de riscos relacionados à sustentabilidade

Na SSCRM, para avaliar e gerenciar os riscos relacionados à sustentabilidade, as empresas devem entender as diferentes perspectivas, expectativas e valores dos *stakeholders* (WU et al., 2017). Como os *stakeholders* compartilham dos impactos decorrentes de uma decisão, suas percepções e valores devem ser levados em consideração (FRENCH; GELDERMANN, 2005; FRENCH; MAULE; PAPAMICHAIL, 2009). Dessa forma, a direção estratégica que as empresas devem buscar para identificar as fontes de riscos relacionados à

sustentabilidade incorpora o conhecimento que os *stakeholders* tem sobre o assunto (FRENCH; MAULE; PAPAMICHAIL, 2009; BUSSE et al., 2016).

Muitos *stakeholders* estão cientes do fato de que as empresas compradoras possuem código de conduta do fornecedor, contratos e processos de seleção, avaliação e desenvolvimento de fornecedores e, por esse motivo, ficam atentos ao que acontece nas instalações desses fornecedores e podem culpar as empresas compradoras quando suas expectativas ambientais ou sociais não são satisfeitas (KLASSEN; VEREECKE, 2012; BUSSE et al., 2016). Portanto, as condições negativas relacionadas à sustentabilidade em suas cadeias de suprimentos a montante (*upstream*) apresentam um possível risco de sustentabilidade da cadeia de suprimentos para as empresas compradoras (MURILLO-LUNA; GARCES-AYERBE; RIVERA-TORRES, 2008).

A má conduta de sustentabilidade na cadeia de suprimentos não pode ser totalmente determinada com base na qualidade do produto final ou nas propriedades físicas. Por exemplo, o uso de trabalho infantil ou processos de produção ambientalmente críticos (por exemplo, resíduos tóxicos) não são visíveis no produto final, embora essas informações de sustentabilidade relacionadas ao processo sejam importantes para os *stakeholders* da empresa compradora (HOFMANN et al., 2014). Portanto, é decisivo para as empresas que compram rastrear os produtos, bem como os processos de como eles foram produzidos a montante em suas cadeias de abastecimento.

O propósito da identificação de riscos é encontrar, reconhecer e descrever riscos que possam ajudar ou impedir que uma organização alcance seus objetivos. Convém utilizar técnicas para identificar riscos, a fim de elucidar os seguintes fatores: causas e eventos; vulnerabilidades e capacidades; consequências e seus impactos nos objetivos; e indicadores de riscos emergentes (ABNT, 2018).

Para distinguir o SSCRM da investigação sobre SCRM, é importante levar em consideração algumas definições de desenvolvimento sustentável. A conceitualização típica considera três componentes equilibrados, conhecidos como as dimensões do *Triple Bottom Line*, termo apresentado por John Elkington, em 1994, em que considera a sustentabilidade pode ser definida por questões econômicas, sociais e ambientais (BESKE; LAND; SEURING, 2014).

Segundo Hofmann et al. (2014), as fontes de riscos relacionados à sustentabilidade são: i) questões sociais (relacionadas às condições de trabalho e remuneração); (ii) questões ecológicas (aspectos relacionados a insumos, como consumo de energia, ou utilização de recursos, bem como aspectos relacionados à produção, como emissões e reciclagem) e (iii)

questões éticas de conduta empresarial (corrupção e conexões comerciais com indivíduos ou empresas duvidosas). A questão ética diz respeito a ações que o fornecedor tomou e que não era esperada pela empresa contratante, seja por questões morais (comportamento oportunista e assimetrias de informação), de corrupção, ou de conexões comerciais com indivíduos ou empresas duvidosas (HOFMANN et al., 2014; STEINLE; SCHIELE; ERNST, 2014).

As questões de sustentabilidade estão interrelacionados na cadeia de suprimentos agroalimentar, pois várias características, como o vasto número e tipos de produtos, diferentes prazos de validade, expectativas exigentes dos consumidores, segurança alimentar, disponibilidade, qualidade e preço, (BESKE; LAND; SEURING, 2014; LEÓN-BRAVO; CANIATO; CARIDI, 2019) são fatores críticos a serem considerados porque estão relacionados aos impactos ambientais, sociais e econômicos.

Aramyan et al. (2007) também mencionaram que restrições de prazo de validade, tempo de produção longo, sazonalidade, características físicas (ou seja, sabor, odor, aparência, cor e tamanho), transporte e armazenamento, são condições que afetam a quantidade e a qualidade dos produtos alimentícios e, portanto, fundamentais para serem gerenciados e avaliados, a fim de garantir um produto de qualidade e para satisfazer as exigências dos consumidores.

Mediante Revisão Sistemática da Literatura, foi investigado, detalhadamente, quais foram as fontes de riscos mais citadas dentro das dimensões investigadas, especificamente para artigos que abordaram a cadeia de suprimentos agroalimentar, justamente para responder à uma das questões de pesquisa proposta na RSL, que é: (Q2) Quais são as fontes de riscos relacionados a sustentabilidade utilizados para avaliar fornecedores nas cadeias de suprimentos agroalimentar? No Quadro 1 são apresentadas as fontes de riscos relacionados à sustentabilidade utilizados para avaliar fornecedores no contexto da cadeia de suprimentos agroalimentar.

As fontes de riscos da dimensão econômica incluem riscos relacionados as questões financeiras (ex. aumento nos custos de produção, volatilidade dos preços e moeda); operacionais (ex. baixa qualidade nas infraestruturas e atrasos na entrega); logística (ex. não otimização de rotas e falta de rastreabilidade da cadeia de fornecimento), e; de governança (ex. falta de relações entre os atores da cadeia de abastecimento e não cumprimento de leis e regulamentos). Além disso, incluem riscos relacionados as questões éticas e de segurança sanitária.

Quadro 1. Fontes de riscos relacionados a sustentabilidade da cadeia de suprimentos agroalimentar

(continua)

Dimensões	Fontes de risco	
	Endógenas	Exógenas
Econômico	<p>Aumento dos custos de produção dos agricultores</p> <p>Baixa qualidade nas infraestruturas dos agricultores</p> <p>Controle de qualidade deficiente</p> <p>Atraso na entrega</p> <p>Danos durante a entrega</p> <p>Má embalagem e conservação dos produtos</p> <p>Capacidade inadequada do armazém de armazenagem</p> <p>Perda em trânsito</p> <p>Não controle do custo de combustível (economia de combustível)</p> <p>Não otimização de rotas</p> <p>Falta de rastreabilidade da cadeia de fornecimento</p> <p>Incapacidade de fornecimento do agricultor</p> <p>Falta de relações entre os atores da cadeia de abastecimento (Transparência, divulgação, comunicação, participação das partes interessadas)</p> <p>Inadequação sanitária na manipulação dos alimentos</p> <p>Riscos de contaminação dos produtos finais</p> <p>Não garantir o frescor dos alimentos (percebibilidade das matérias primas)</p> <p>Impossibilidade de estocar os produtos mais perecíveis</p> <p>Não atender as necessidades especiais de transporte e armazenamento</p>	<p>Volatilidade dos preços</p> <p>Volatilidade da moeda</p> <p>Crises financeiras</p> <p>Redução da quota de mercado</p> <p>Flutuações de preços de acordo com a colheita e o cultivo entre culturas;</p> <p>Restrições comerciais</p> <p>Não cumprimento de leis e regulamentos</p> <p>Mudanças políticas</p> <p>Cultura Local</p> <p>Incerteza da demanda e oferta</p> <p>Não cumprimento das leis sanitárias</p>
Ambiental	<p>Acidentes (por exemplo: incêndios, explosões);</p> <p>Poluição (água, solo, ar)</p> <p>Emissões de GEE de fertilizantes</p> <p>Emissões de GEE provenientes de mudanças no uso da terra e da silvicultura</p> <p>Emissões de GEE de outras práticas de gestão agrícola</p> <p>Consumos excessivos de energia</p> <p>Consumos excessivos de água</p> <p>Embalagens excessivas ou desnecessárias</p> <p>Disposição incorreta de Resíduos de produtos</p> <p>Produção exagerada de resíduos de produtos</p> <p>Consumos excessivos de combustível</p>	<p>Desastres naturais (por exemplo, inundações, terremotos, vento, seca)</p> <p>Escassez de água</p> <p>Não cumprimento das leis ambientais</p> <p>Sazonalidade na disponibilidade da matéria-prima</p> <p>Pestes e doenças</p>

Quadro 1. Fontes de riscos relacionados a sustentabilidade da cadeia de suprimentos agroalimentar

(conclusão)

Dimensões	Fontes de risco	
	Endógenas	Exógenas
	Uso inadequado de substâncias perigosas Uso de tecnologia não limpa O uso excessivo de pesticidas, fertilizantes e hormônios Não prevenir a erosão e a poluição do solo Não evitar a perda de terras aráveis e de biodiversidade Não utilizar resíduos orgânicos de compostagem	
Social	Desequilíbrio trabalho-vida; Inadequação sanitária do ambiente de trabalho Incidentes de saúde e segurança Não realizar práticas de saúde e segurança para o trabalhador Tempo de trabalho excessivo; Salários injustos Trabalho infantil/trabalho forçado/escravo; Falta de equidade de gênero Falta de treinamento profissional Não liberdade de associação e negociação coletiva Discriminação (raça, sexo, religião, deficiência, idade, opiniões políticas) Suborno/Extorsão/Corrupção Acusações de fixação de preços Comportamento inescrupuloso da força de trabalho (carregamento de material indesejado e restrito, movimentação de veículos em áreas restritas) Falsas reivindicações/desonestidade. Divulgação de informações confidenciais Adulteração de combustível Produção, aquisição e/ou comércio ilegal (carregamento de material proibido) Violações grosseiras do tráfego (ex. excesso de velocidade no transporte)	Pandemia Instabilidade social Índice de criminalidade Segurança da força de trabalho (roubo, confronto comunal) Greve trabalhista Taxa de desemprego Direitos humanos Desafios demográficos/idade da população Taxa de urbanização Não apoiar instituições educacionais Não colaborar com as Organizações Não Governamentais Não realizar doações e filantropia Não apoiar o desenvolvimento econômico nas comunidades locais Confrontos comunitários, motins e protestos Roubo de veículos e mercadorias

Fonte: Foroozesh; Tavakkoli-Moghaddam, Mousavi (2018); Izadikhah; Saen; Roostae (2018); Yang e Liu (2018); Puertas, Marti; Garcia-Alvarez-Coque (2020); Kumar et al. (2021); Yazdani et al. (2019)

Quanto às questões relacionadas a 'Ética', é importante destacar que o comportamento antiético pode trazer benefícios para a empresa, mas às custas da cadeia de fornecimento como um todo. Se fornecedores apresentam comportamento antiético, por exemplo, pode resultar na insatisfação de clientes, o que afetará diretamente no desempenho da empresa compradora (por exemplo, níveis mais baixos de atendimento ao cliente) (CARTER; EASTON, 2011).

Segundo Chen e Baddam (2015), a existência de trabalho infantil e roubo interno em uma empresa implica em um comportamento antiético, mas também faz parte das questões relacionadas às condições de trabalho e segurança dos trabalhadores, fontes estas que são investigadas nas dimensões sociais. Portanto, para realizar a classificação das fontes de riscos em cada dimensão, foi levado em conta o fator número de publicações, e, por exemplo, a maior parte dos artigos classificava trabalho infantil e roubo interno na categoria de fontes de riscos da dimensão social.

Além de suborno, extorsão, corrupção, desonestidade, boicotes, que são fontes de riscos éticos mais comuns, algumas práticas antiéticas relacionadas à força de trabalho foram identificadas e incluem adulteração de combustível; violações grosseiras do tráfego; mudanças em rotas especificadas, e; entrada em áreas restritas. Estes comportamentos antiéticos, por sua vez, levam à apreensão de veículos pelas autoridades de aplicação da lei, causando atrasos operacionais. Outros comportamentos inescrupulosos incluem o carregamento de materiais proibidos e o compartilhamento de informações com concorrentes, por exemplo. Estes comportamentos podem colocar em risco a saúde e a segurança das pessoas e podem potencialmente interromper as operações.

Uma outra importante fonte de risco para cadeia de suprimentos agroalimentar diz respeito a qualidade fitossanitária dos produtos, por isso a importância de se identificar fatores de riscos relacionados à segurança sanitária e ao manejo da matéria-prima e solo. A segurança sanitária geralmente se refere à prevenção de doenças resultantes do consumo de alimentos contaminados, podendo ser um fator competitivo. As implicações de uma grande falha na segurança sanitária podem ser comercialmente devastadoras. Isto inclui recolhimento (*recall*) de produtos, danos à reputação e danos de responsabilidade punitiva (AKKERMAN; FARAHANI; GRUNOW, 2010).

Citando alguns casos de recolhimentos de produtos que aconteceram no Brasil, temos o que ocorreu em 2014 sobre os lotes de água mineral e de bebida achocolatada, que apresentaram contaminação microbiológica e algumas marcas de leite apresentaram contaminação química por formaldeído. Em 2016, houve outro emblemático caso do extrato de tomate que apresentou pelos de roedor acima do limite especificado pela norma, e em 2019, a

presença da bactéria *Salmonella enteritidis* causou o recolhimento de cortes de frango (PROCON, 2021).

Vários sistemas e padrões foram desenvolvidos ao longo das últimas décadas para lidar com questões sanitárias. Os mais conhecidos são a Análise de Perigo Ponto Crítico de Controle (*Hazard Analysis Critical Control Point* – HACCP) (FAO, 2009), a norma ISO 22000 (ISO 22000, 2018) e o Sistema Britânico de Normas (*British Retail Consortium* – BRC) (BRCGS, 2021). A ideia básica por trás de um sistema HACCP é fornecer uma forma estruturada para identificar riscos de segurança sanitária e reduzir ou eliminar estes. Normas como ISO 22000 e BRC normalmente incluem aspectos da HACCP, mas também fornecem um sistema de gestão para incorporar a segurança sanitária em uma organização (AKKERMAN; FARAHANI; GRUNOW, 2010).

De maneira geral, os consumidores estão cada vez mais buscando um estilo de vida saudável e, por isso, valorizam a produção de alimentos de alta qualidade com certificação de origem, e também obtidos por meio de Boas Práticas de Fabricação e controle de risco (SPISSO; NÓBREGA; MARQUES, 2009; ARISSETO-BRAGOTTO; FELTES; BLOCK, 2017). Além disso, os consumidores estão cada vez mais preocupados com as questões ambientais e sociais que permeiam o processo produtivo dos alimentos (controle de poluição, conservação do solo, direitos humanos, e saúde e segurança do trabalhador, por exemplo) (RAMOS; DA SILVA; LIMA-JÚNIOR, 2020).

Fontes de riscos ambientais dizem respeito às ações não tomadas pelos fornecedores que contribuem para a poluição do meio ambiente. Investiga-se se estes consomem excessivamente água, energia e combustível, se utilizam uma quantidade excessiva de embalagens, se depositam os resíduos de produtos de maneira incorreta, causando, conseqüentemente, a poluição do solo, água ou do ar.

O consumo excessivo de energia, assim como o de recursos como um todo, são essenciais para selecionar e avaliar fornecedores sustentáveis, pois para eliminar o desperdício tem que haver um melhor consumo dos recursos atuais (matérias-primas, água, ar, etc.), bem como uma maior consideração da energia necessária para fabricar um produto. Portanto, segundo Villanueva-Ponce et al. (2015), é crucial que uma empresa aprimore sua capacidade de melhorar a utilização e a eficiência de energia e outros recursos, pois além de contribuir para a preservação do meio ambiente leva à uma economia nos custos, que são gastos com a compra desses recursos.

Estes fatores citados acima são utilizados com frequência em avaliações ambientais (LI; FANG; SONG, 2018). A legislação ambiental, a norma ISO 14000 e o programa de

conscientização para salvar a natureza, por exemplo, proporcionam ótimas diretrizes de seleção de fornecedores (SINHA; ANAND, 2018). Assim, segundo Azimifard, Moosavirad e Ariafar (2018), conforme as empresas tendem a sobreviver no mercado global, elas não devem negligenciar as questões ambientais.

Quanto às fontes exógenas da dimensão ambiental, temos as pragas ou doenças na atividade agrícola, que podem levar a criação de barreiras comerciais pelos países importadores, além de impactar os mercados de consumo e diminuir demanda por certos produtos. Aumentos drásticos nos custos da produção, diminuições na qualidade ou produtividade e contaminação do produto final também são transtornos causados por questões fitossanitárias (THIEL; LE HOA VO; HOVELAQUE, 2014).

Além disso, eventos climáticos inesperados que afetam a produção rural, tais como secas prolongadas, excesso ou variações inesperadas de chuva e temperatura, podem impactar as cadeias agroalimentares inteiras, levando a diminuições na produção e comprometimento da qualidade do produto (LANGHOLTZ et al., 2014).

Outrossim, muitas vezes há um intervalo de tempo entre a produção e a colheita, além dos períodos de sazonalidade, e este atraso torna difícil o ajuste da produção às variações da demanda, podendo criar lacunas entre a oferta e a demanda, levando, em último caso, a ações/intervenções de estabilização dos mercados (LE GAL et al., 2009; TAN; ÇÖMDEN, 2012). Dessa forma, a natureza instável dos mercados agrícolas está entre os principais desafios e fontes de risco da cadeia agroalimentar, porque podem resultar em perdas significativas de mercado e financeiras (THIEL; LE HOA VO; HOVELAQUE, 2014).

Com relação à dimensão social, embora possa incluir vários aspectos dos direitos humanos (por exemplo, trabalho infantil e forçado, liberdade de associação e discriminação), os esforços tendem a concentrar-se apenas em algumas das dimensões sociais mais tangíveis e quantificáveis (CHARDINE-BAUMANN; BOTTA-GENOULAZ, 2014).

Encontrou-se que a maioria dos artigos analisam, principalmente, questões de saúde e segurança do trabalhador. A obtenção da certificação Série de Avaliação de Segurança e Saúde Ocupacional (*Occupational Health and Safety Assessment Series – OHSAS*) 18001 também foi citada (OZTURKOGLU; KAZANCOGLU; OZKAN-OZEN, 2019), sendo que esta norma implica na implantação de um sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho, que ajuda organizações no controle dos seus riscos e a melhorar o seu desempenho neste âmbito, com uma abordagem sistemática para a identificação dos perigos e eliminação ou minimização dos riscos dos perigos identificados.

As fontes de riscos sociais relacionados às comunidades locais também têm sido indicadas na literatura como uma das principais áreas de sustentabilidade social, e reflete de forma abrangente todas as ações de benfeitoria feitas nas comunidades dos arredores da empresa, seja com programas de educação, filantropia e/ou infraestrutura.

É possível ainda afirmar que os métodos que investigam questões ambientais, como a análise energética e as avaliações do ciclo de vida, são desenvolvidos desde a década de 1970, enquanto que os modelos socialmente relacionados são apenas propostos desde a primeira década do século XXI (GUINÉE et al., 2011). Esta integração tardia pode ser explicada pelas particularidades desafiadoras das questões sociais em comparação às questões ambientais, que incluem: as diferentes visões políticas e ideológicas dos *stakeholders*; as disparidades culturais e econômicas entre os países; o tratamento difícil com critérios como trabalho infantil e forçado e, finalmente, a consideração de impactos sociais negativos na sociedade local devido à não-seleção de um fornecedor (BAUMANN et al., 2013). Além disso, a mensuração e quantificação dos aspectos sociais e éticos parecem ser ainda mais difíceis do que os aspectos ambientais, não permitindo avaliações quantitativas precisas (CHHIPI-SHRESTHA; HEWAGE; SADIQ, 2015).

2.5.2 Análise de riscos relacionados à sustentabilidade

A análise de riscos é um processo essencial na tomada de decisões no gerenciamento de risco (VAN DUIJNE; VAN AKEN; SCHOUTEN, 2008), auxiliando na priorização dos riscos identificados, estimando sua probabilidade e impactos negativos nos negócios e expondo os riscos mais significativos (MOJTAHEDI; MOUSAVI; MAKUI, 2010).

Segundo a ABNT (2018), o objetivo dessa etapa é compreender a natureza do risco e suas características, incluindo o nível de risco. Para isso, é necessário levar em consideração as incertezas envolvidas no processo, as fontes causadoras de risco, as consequências de um evento de risco e as probabilidades com que os mesmos podem ocorrer, e as ferramentas existentes de controle desse possível evento de risco.

A análise de riscos pode ser influenciada por qualquer divergência de opiniões, vieses, percepções do risco e julgamentos. Eventos altamente incertos podem ser difíceis de quantificar. Isso pode ser um problema ao analisar eventos com consequências severas. Nestes casos, usar uma combinação de técnicas geralmente fornece maior discernimento.

Para apoiar tomadores de decisão durante esse processo de identificação e análise de riscos, existem técnicas qualitativas, quantitativas ou uma combinação destas, dependendo das

circunstâncias e do uso pretendido. Dessa forma, no tópico a seguir são descritas as técnicas encontradas na literatura para dar apoio a tomadores de decisão nesse processo, levando em consideração o contexto da decisão e o nível de suporte necessários.

2.5.3 Técnicas de suporte à decisão para avaliação de riscos relacionados à sustentabilidade de fornecedores

De acordo com French, Maule e Papamichail (2009), existem diferentes técnicas apropriados para melhorar a tomada de decisão, tais como: as de simulação (Evento discreto e Jogos de Negócios, por exemplo); as heurísticas (Heurística simples e Inteligência Artificial, por exemplo); as analíticas, que dizem respeito à ponderação de opções para revelar o significado de diferentes escolhas (englobando os MCDM, tais como o AHP, o DEA e o TOPSIS), e; as sistêmicas (Análise do Ciclo de vida e Análise de Entrada e Saída) (BRANDENBURG et al., 2014).

Na norma ISO 31:000, referente as diretrizes para gestão de riscos, são consideradas algumas técnicas existentes para apoiar decisores no processo de avaliação de riscos (ABNT, 2018). No Quadro 2 são apresentadas as técnicas citadas pela norma e a classificação de aplicabilidade para as etapas de gerenciamento dessa pesquisa, que envolvem a identificação e análise dos riscos.

Quadro 2. Técnicas de avaliação de riscos incluídas na ISO 31010

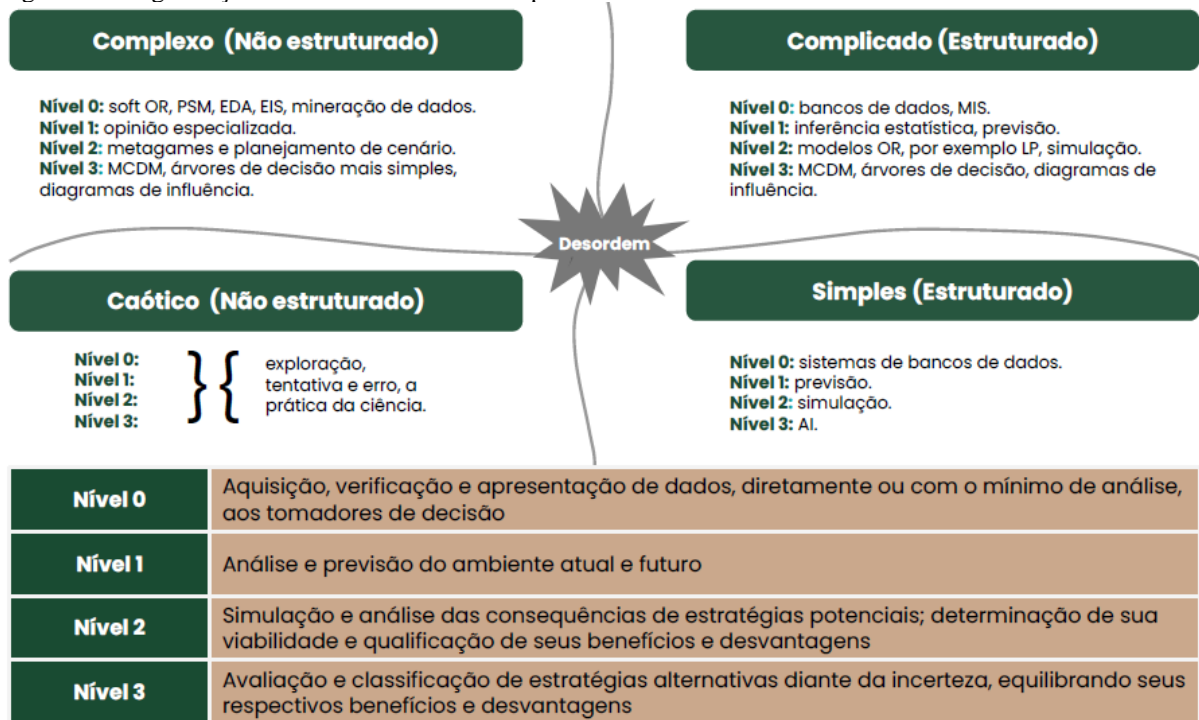
Técnicas	Processo de avaliação de riscos		
	Identificação de riscos	Análise de riscos	
		Consequência	Probabilidade
Bayesian statistics	NA	AA	NA
Brainstorming	AA	NA	NA
Bow tie analysis	NA	A	AA
Business impact analysis	A	AA	A
Cause and consequence analysis	A	AA	AA
Cause and effect analysis	AA	AA	NA
Checklists	AA	NA	NA
Consequence/probability matrix	AA	AA	AA
Cost benefit analysis	A	AA	A
Decision tree	NA	AA	AA
Delphi	AA	NA	NA
Environmental risk assessment	AA	AA	AA
Event tree analysis	A	AA	A
Failure mode effect analysis (FMEA)	AA	AA	AA
Fault tree analysis	A	NA	AA
FN curve	A	AA	AA
HACCP	AA	AA	NA
HAZOP	AA	AA	A
Human reliability analysis	AA	AA	AA
Layer protect analysis	A	AA	A
Markov analysis	A	AA	NA
Monte Carlo simulation	NA	NA	NA
Multi criteria decision analysis (MCDA)	A	AA	A
Primary hazard analysis	AA	NA	NA
Reliability centered maintenance	AA	AA	AA
Risk indices	A	AA	AA
Root cause analysis	NA	AA	AA
Scenario analysis	AA	AA	A
Sneak circuit analysis	A	NA	NA
Structured or semi-structured interviews	AA	NA	NA
SWIFT (structure and what if)	AA	AA	AA

Fonte: Adaptado de ABNT (2018)

Nota: A: Aplicável; AA: Altamente Aplicável; NA: Não Aplicável.

French (2013) identificou em sua pesquisa que o Cynefin é eficaz em articular o processo de tomada de decisão dentro do gerenciamento de riscos, pois o *framework* fornece uma estrutura para discutir e categorizar os vários contextos da atividade humana dentro de um sistema. A classificação baseada na estrutura Cynefin vincula a natureza estrutural do contexto da decisão ao tipo de modelo de tomada de decisão aplicado (ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014). Para compreender o uso adequado da análise e suporte à decisão, é necessário categorizar os processos e técnicas de suporte à decisão de acordo com o nível de suporte fornecido e o contexto da decisão. French (2013) categoriza quatro níveis de suporte conforme Figura 2, e usa a estrutura Cynefin para definir os contextos da decisão, conforme Figura 6.

Figura 6. Categorização de técnicas e níveis de suporte à decisão



Fonte: Adaptado de French (2013)

Nota: *Operational Research* (OR); *Problem Structuring Methods* (PSM); *Exploratory Data Analysis* (EDA); *Executive Information System* (EIS); *Management Information System* (MIS); *Linear Programming* (LP); *Artificial Intelligence* (AI); *Multi Criteria Decision-Making Methods* (MCDM).

As bases de dados e a mineração de dados, mais conhecidos como Sistemas de Informação de Gestão (*Management Information System* – MIS) ou Sistemas de Informação Executiva (*Executive Information System* -EIS), dão suporte à tomada de decisão no Nível 0 dos espaços: Simples, Complicado e Complexo (LAUDON; LAUDON, 2009).

Ferramentas de estruturação de problemas e questões (*Problem Structuring Methods* - PSM), muitas vezes chamadas de métodos de Pesquisa Operacional (*Operational Research* - OR) flexíveis, ou ferramentas de modelagem flexível, podem fornecer suporte de Nível 0 no espaço complexo (FRANCO; SHAW; WESTCOMBE, 2007; FRENCH; MAULE; PAPAMICHAIL, 2009). O mesmo pode acontecer com a Análise Exploratória de Dados (*Explore Data Analysis* - EDA) (TUKEY, 1977), que muitas vezes é incorporada ao EIS.

A Previsão/Inferência estatística e a Simulação dão suporte de nível 1 e 2, respectivamente, nos espaços Simples e Complicado. O uso de simulação nos espaços complexos ou caóticos não é relevante, visto que causa e efeito não são compreendidos suficientemente nesses espaços (FRENCH, 2013). Dessa forma, no espaço Complexo, a análise e previsão do ambiente atual e futuro (Nível 1) são realizadas mediante opinião de especialista, enquanto que para atender ao Nível 2, podem ser utilizadas técnicas de planejamento de cenário (MONTIBELLER; GUMMER; DANIELE TUMIDEI, 2006) ou metagames (HOWARD,

2003), metodologias que estimulam os tomadores de decisão a antecipar contingências e, talvez, fornecer alguma modelagem de consequência qualitativa simples.

Modelagem quantitativa de OR, programação linear por exemplo, inventário e modelos de manutenção (TAHA, 2016) sustentam muitos dos sistemas usados no espaço Complicado nos Níveis 2 e 3. A maioria dos modelos quantitativos de Pesquisa Operacional pressupõe estrutura demais para ser apropriada para o espaço Complexo.

Modelos de Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence* - AI) são comumente utilizados para dar suporte de Nível 3 no espaço simples. Alguns autores sugerem que os sistemas baseados em AI têm uma aplicação muito mais ampla, mas tais sistemas só são realmente adequados para situações altamente estruturadas e repetitivas em espaços conhecidos e conhecíveis devido à sua necessidade de grandes conjuntos de treinamento (FRENCH, 2013; FRENCH; MORTON; RENN, 2013).

Para os cenários Complicado e Complexo, os modelos que dão suporte à decisões de Nível 3 são: árvores de decisão e diagramas de influência, que podem ser usados para entender algumas das grandes incertezas que os tomadores de decisão enfrentam, e; os MCDM, que ajudam os tomadores de decisão a explorar seus valores (FRENCH, 2013).

Embora os MCDM (e.g. AHP, ANP, TOPSIS, VIKOR e ELECTREE) exijam problemas de decisão estruturados, desenvolvimentos recentes sugerem maiores graus de habilidade em trabalhar com contextos não estruturados. No entanto, eles ainda são mais adequados para lidar com problemas estruturados, em que todos os fatores relevantes podem ser facilmente codificados e têm atributos inequívocos, abrangentes, compreensíveis e operacionais (DEKKER; BLOEMHOF; MALLIDIS, 2012).

Em OR, o uso de sofisticadas ferramentas de decisão normativa permite comparar muitas opções diferentes ou objetivos diferentes, desde que o problema seja estruturado e as variáveis possam ser codificadas e analisadas com precisão (FRENCH; MAULE; PAPAMICHAIL, 2009; ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014).

Quanto à tomada de decisão nos espaços complexos e caóticos, esta será baseada mais no julgamento, conhecimento tácito e exploração (FRENCH, 2013). Dessa forma, nos espaços estruturados (Simples e Complicado) a tomada de decisão será baseada mais no conhecimento explícito e no uso de modelos de decisão de dados (NICULAE; FRENCH; CARTER, 2004), enquanto que nos espaços não-estruturados (Complexos e Caóticos) o apoio efetivo à decisão precisa focar na facilitação da colaboração.

Quase todos os modelos analíticos utilizados em análises estatísticas, operacionais e de risco exigem que os tomadores de decisão trabalhem nos espaços estruturados, visto que se

baseiam em modelos que assumem uma compreensão de causa e efeito. As exceções a esta regra são técnicas como as análises de dados exploratórios, estatísticas multivariadas, mineração de dados, metodologia de sistemas flexíveis e métodos de OR flexíveis, que são projetados para catalisar e suportar o processo de criação de sentido (FRENCH, 2015).

Para responder à questão de pesquisa proposta na RSL (Q3: Quais são as principais técnicas de apoio a decisão utilizados para avaliar fornecedores no contexto de gerenciamento de riscos relacionados a sustentabilidade?), foi possível identificar as principais técnicas de apoio a decisão utilizadas para avaliar riscos relacionados a sustentabilidade de fornecedores que vem sendo utilizadas na literatura. As técnicas foram classificadas de acordo com a estrutura Cynefin (Quadro 3). Importante destacar que não foram encontradas pesquisas que se classificassem no contexto Caótico.

Inicia-se essa análise falando dos modelos de suporte à decisão exclusivos, ou seja, que não foram utilizados em combinação com outros. No Contexto Simples (estruturado), classificam-se os modelos de inteligência artificial. A Teoria dos conjuntos difusos (*Fuzzy set theory*), utilizada nas pesquisas de Zeng e Rabenasolo (2013) e Vujović et al. (2017), assemelha-se ao raciocínio humano em seu uso de informações aproximadas e incertezas para gerar decisões e fornece uma estrutura matemática rigorosa na qual fenômenos conceituais vagos podem ser estudados de forma precisa (KAHRAMAN; ERTAY; BÜYÜKÖZKAN, 2006). Nos modelos desenvolvidos a partir dessa teoria são adotados números triangulares de intuição difusa para retratar a imprecisão e a hesitação do conhecimento especializado, o que evita a distorção da informação (WU et al., 2019).

A BBN (*Bayesian Belief Networks*) é aplicada com sucesso na gestão de riscos devido à sua compreensibilidade e facilidade de integração de informações (THOENI; TAUDES; TJOA, 2018). A principal vantagem dessa técnica é seu tratamento explícito de informações incertas que apoiam a tomada de decisões e a possibilidade de incluir diferentes tipos de fontes em um único modelo consistente (DUESPOHL; FRANK; DOELL, 2012). Tal característica faz dessa técnica uma candidata relevante para um modelo de risco quantitativo, pois um sistema de informação relevante para a decisão deve ser compreensível para os executivos da empresa que têm que tomar e defender suas decisões com base nos dados de entrada (HUBBARD, 2009).

Quadro 3. Técnicas de suporte à decisão no SSCRM

(continua)

Cynefin framework	Tipo de modelo	Técnica de suporte à decisão	Autores
Simples	Modelo Heurístico	BBNs Fuzzy Grey relation analysis Hesitant Fuzzy Linguistic, Decision-Theoretic Rough Set, Choquet Integral e Prospect Theory GA-BP e PSO-BP neural network	(Thoeni et al., 2018) (Zeng e Rabenasolo, 2013; Vujović et al., 2017) (Rajesh, 2019) (Lei et al., 2020) (Jianying et al., 2021)
	Simulação	Monte Carlo Simulation	(Yuanita et al. 2018)
Complicado	Híbrido (Programação matemática e Método Heurístico)	Fuzzy e DOFP Fuzzy e DEA Fuzzy e MOLP Fuzzy Goal Programing	(Khorasani e Almasifard, 2018) (Hatami-Marbini et al., 2017) (Hashim et al., 2017) (Wong, 2020)
	Híbrido (Programação matemática e Modelo Analítico)	MILP e LCA BWM e RMCGP SCOR, ME-MCDM e CCP MADM e Bi-Objective Two-Stage Mixed Possibilistic-Stochastic Programming Tropos Goal-Risk framework e DEA	(Lee et al., 2019) (Cheraghali e Farsad, 2018) (Hadiguna e Tjahjono, 2017) (Vahidi et al., 2018) (Deng et al., 2019)
	Híbrido (Programação matemática, Método Heurístico e Modelo Analítico)	Fuzzy, AHP e MOLP Fuzzy, AHP, TOPSIS e CCP Fuzzy, AHP, TOPSIS e MOLP Fuzzy, DEA e SCOR	(Jakhar, 2015) (Das e Shaw, 2017) (Paksoy et al., 2012) (Almeida et al., 2016)
	Programação Matemática	Guaranteed Price Mechanism Goal programing Network equilibrium model MILP MILP, MOEA-D, NSGA-II e MOPSO MOLP DEA CCP	(Fu et al., 2018) (Jia et al., 2020) (Cruz, 2009) (Giarola et al., 2013; Ruiz-Femenia et al., 2013; Guerrero et al., 2018) (Azadeh et al., 2017) (Tsao et al., 2017; Goldberg et al., 2018; Nujoom et al., 2018) (Izadikhah et al., 2018) (Dubey et al., 2018)
Complexo	Modelos Analíticos	Game Theory TOPSIS, ELECTRE e CE SCOR LCA	(He, 2017; Hirsch e Meyer, 2010) (Puertas et al., 2020) (Moazzam et al., 2018) (Weisbrod et al., 2016)

Quadro 3. Técnicas de suporte à decisão no SSCRM

(continua)

Cynefin framework	Tipo de modelo	Técnica de suporte à decisão	Autores
		AHP e DEMATEL	(Fazli et al., 2015)
		Portfolio Management e AHP	(Torres-Ruiz e Ravindran, 2018)
		AHP e QFD	(Dey et al., 2015),
		AHP e Bow tie	(Wu et al., 2017)
		ANP e DEMATEL	(Dehdasht et al., 2017)
		DEMATEL	(Hsu et al., 2013)
		FMEA	(Giannakis e Papadopoulos, 2016; Yu e Huatucuo, 2016; Valinejad e Rahmani, 2018; Medina-Serrano et al., 2021)
		FMEA, EDAS e DEMATEL	(Yazdani et al., 2019)
		MCDA	(Mulyati e Geldermann, 2017)
		Cognitive mapping (soft OR) e ANP	(Poplawska et al., 2017)
		Scenario Planning	(Tong et al., 2018)
		QFD, Affinity Diagram, FMEA, FDM, VIKOR	(Hsu et al., 2021)
		RAS	(Xu et al., 2019)
Híbrido (Método Heurístico e Modelo Analítico)	Fuzzy e AHP		(Zimmer et al., 2017; Đurić et al., 2019)
	Fuzzy, AHP e VIKOR		(Awasthi et al., 2018)
	Fuzzy e DEMATEL		(Mangla et al., 2016; Ozturkoglu et al., 2019)
	Fuzzy e Game Theory		(Wang e Hu, 2021)
	Fuzzy, e MCDM		(Pang et al., 2017)
	Fuzzy, DEMATEL e TOPSIS		(Samvedi et al., 2018; Pourjavad e Shahin, 2020)
	Fuzzy, DEMATEL, ANP e Prospect Theory		(Phochanikorn e Tan, 2019)
	Fuzzy, SWARA e MOORA		(Mavi et al., 2016)
	IT2FSs e TODIM		(Sang e Liu, 2016; Qin et al., 2017)
	Fuzzy e TOPSIS		(Govindan et al., 2013; Wang et al., 2018)
	Entropy method, Prospect theory e AHP		(Wu et al., 2019)
	Fuzzy, TOPSIS e CRITICS		(Rostamzadeh et al., 2018)
	Fuzzy e FMEA		(Foroozesh et al., 2018; Mangla et al., 2018)
	Fuzzy, ANP, TOPSIS e FMEA		(Pourmehdi et al., 2021)
	FCEM e FMECA		(Bai et al., 2017)
	Fuzzy e BWM		(Kumar et al., 2021)
	Pareto Analysis e BWM		(Moktadir et al., 2021)
	Fuzzy WASPAS		(Tavakoli Haji Abadi e Avakh Darestani, 2021)
	Fuzzy e QFD		(Levner et al., 2008)

Quadro 3. Técnicas de suporte à decisão no SSCRM

(conclusão)

Cynefin framework	Tipo de modelo	Técnica de suporte à decisão	Autores
		BBNs, Expected Utility Theory e MCDA	(Qazi et al., 2018)
		Grey relation analysis, AHP e TOPSIS	(Rathore et al., 2017)
		FGCM e BWM	(Haeri e Rezaei, 2019)
		FTA, FMEA e BBNs	(Badurdeen et al., 2014)
		Rough set theory e DEMATEL	(Song et al., 2017)
		Cloud model theory e QUALIFLEX	(Wang et al., 2017)
		Cloud model theory, Fuzzy e Prospect theory	(Song et al., 2017)
		Cloud model theory e DEMATEL	(Gao et al., 2021)
		Linguistic value soft set e BWM	(Zhang et al., 2020)
		DHPFWBM e MADM	(Tang e Wei, 2019)
		BBNs e Bow Tie	(Yang e Liu, 2018)
		Fuzzy, Grey relation analysis e MADM	(Rao et al., 2017)
		Rough set theory e TpGN	(Bai e Sarkis, 2018)
		Plithogenic Set, TOPSIS e CRITIC	(Abdel-Basset e Mohamed, 2020)
		Interval type-2 trapezoidal fuzzy numbers e MAGDM	(Mousavi et al., 2020)
	Mineração de dados	Big Data Analytics	(Mani et al., 2017)

Os modelos de Programação matemática, como mencionado anteriormente, se classificam em um contexto Complicado (estruturado). Giarola, Bezzo e Shah (2013) utilizaram a técnica MILP (*Mixed-integer linear programming*) para otimizar a cadeia de abastecimento de etanol envolvendo múltiplos critérios de decisão em um cenário de mercado incerto. Os desempenhos econômico e ambiental foram otimizados considerando também as preferências de mitigação de risco dos tomadores de decisão. O esquema de comércio de direitos de emissão de carbono, o gerenciamento de safras e as questões de aprendizado tecnológico também foram levados em consideração. Os resultados mostraram a eficácia da estrutura de modelagem como uma ferramenta de tomada de decisão para dirigir decisões e investimentos no horizonte de longo prazo entre diferentes configurações de combustíveis de etanol.

Os Modelos Analíticos dos artigos analisados encontram-se no espaço Complexo, principalmente os que utilizaram MCDM, seja em forma única ou em conjunto com outras técnicas também analíticas (DEY; BHATTACHARYA; HO, 2015; FAZLI; KIANI MAVI; VOSOOGHIDIZAJI, 2015) ou de forma híbrida, com Métodos Heurísticos (CHERAGHALIPOUR; FARSAD, 2018; ĐURIC' et al., 2019).

Em linhas gerais, os MCDM são técnicas que definem pesos de importância a diferentes critérios avaliados, a partir dos quais é possível realizar uma ordenação de possíveis alternativas para tomada de decisão, também chamada de ranking ou classificação (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2012).

De forma geral, os MCDM contam com duas etapas: a de determinar os pesos dos critérios, e a de classificar as alternativas. Dessa forma, existem os métodos que são mais apropriados para determinar os pesos dos critérios, e os que são mais apropriados para classificar as alternativas. No Quadro 4 foram inseridos alguns MCDM citados nos artigos analisados, com suas respectivas vantagens e desvantagens evidenciadas de acordo com a literatura.

Quadro 4. Vantagens e desvantagens de diferentes MCDM

Função	Métodos	Vantagens	Desvantagens
Determinação dos pesos	AHP	Capaz de utilizar experiência especializada; simples de usar; consistência dos procedimentos de avaliação pode ser medida.	Não pode refletir interações de índice; os resultados são subjetivos.
	ANP	Capaz de lidar com <i>feedbacks</i> e interdependências; aplicável para sistemas de índice complexos.	Demasiadas matrizes de comparação de pares; os processos computacionais são complexos; os resultados são subjetivos.
	DEMATEL	Capaz de considerar interações de índice; capaz de identificar os fatores causais; são necessários menos dados.	Os processos computacionais são complexos; os resultados são subjetivos.
Classificação das alternativas	TOPSIS	Capaz de medir a distância de alternativas da solução ideal; simples de usar e entender; sem restrições no tamanho da amostra e quantidade de índice	Falha em refletir as preferências dos tomadores de decisão; Falha em lidar com o problema da compensação de índices.
	TODIM	Considera plenamente a influência da psicologia da aversão ao risco dos tomadores de decisão.	É um método relativamente novo do MCDM, que precisa ser expandido e aprofundado
	VIKOR	Capaz de considerar a maximização do benefício do grupo e a minimização do arrependimento individual; aplicável para as situações de conflito de critérios, mas com solução de compromisso;	Difícil de identificar os pontos fracos ou os esquemas de melhoria das alternativas; ignora as preferências de risco dos decisores.

Fonte: Fan et al. (2013) e Wu et al. (2019, 2020)

Samvedi et al. (2018), por exemplo, utiliza a combinação do método DEMATEL (*Decision making trial and evaluation laboratory*) com *Fuzzy set theory* para obter as relações de causa e efeito entre os critérios baseados nas pontuações e valores específicos do método, e TOPSIS (*Technique for Ordering Preference by Similarity to Ideal Solution*) e *Fuzzy set theory* para avaliar cada alternativa de acordo com os critérios previamente avaliados.

Já Phochanikorn e Tan (2019) utilizaram *Fuzzy set theory* com a integração do DEMATEL e ANP (*Analytic Network Process*), proposta por Hsu, Liou e Chuang (2013). O uso do DEMATEL teve o objetivo de gerar um mapa de relacionamento entre os critérios, baseando-se principalmente em relações de causa e efeito. Já o ANP foi utilizado para alargar o poder do modelo para medir construções mais abrangentes, referindo-se às prioridades da escala de proporção ao distribuir a influência entre critérios no problema de decisão.

O estudo feito por Puertas, Marti e Garcia-Alvarez-coque (2020) propõe o uso dos métodos multicritério TOPSIS, ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*) e CE (*Cross-Efficiency*) para estabelecer um *ranking* de fornecedores de países que exportam cereais

para a União Europeia, baseado em critérios estruturais socioeconômicos e institucionais relacionados com a detecção de riscos potenciais associados a estes.

Yazdani et al. (2019) utilizaram quatro tipos de métodos diferentes para desenvolver um modelo de tomada de decisão para avaliar fatores de riscos de fornecedores verdes, também em uma cadeia de suprimentos alimentícia. Na fase primária, utilizaram o DEMATEL para analisar a relação entre diferentes fatores de risco que influenciam os fornecedores verdes. Ao mesmo tempo, o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é usado para determinar a classificação de risco de cada fornecedor. Por fim, o EDAS (*Evaluation based on distance from average solution*) classifica os fornecedores e várias comparações e análises são realizadas para testar a estabilidade dos resultados.

É importante destacar que o FMEA é uma ferramenta analítica de medição de risco e não uma técnica MCDM. Ela permite aos especialistas na área de gerenciamento de risco uma melhor abordagem para avaliar a gravidade de um risco potencial, e foi utilizada de forma única e em conjunto com outras técnicas em outras publicações encontradas na literatura (GIANNAKIS; PAPADOPOULOS, 2016; YU; HUATUCO, 2016; FOROOZESH; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R. MOUSAVI, 2018; VALINEJAD; RAHMANI, 2018).

Ter uma maior quantidade de artigos encontrados na literatura (Quadro 3) que utilizam técnicas MCDM no contexto da SSCRM pode ser explicada pois esse tipo de técnica permite a inclusão de critérios qualitativos e quantitativos de avaliação, e o número de fornecedores alternativos é limitado, tornando o processo de seleção e avaliação sustentável de fornecedores um problema típico da MCDM (IJADI MAGHSOODI et al., 2018).

Entretanto, na prática, a fim de obter um bom resultado no processo de seleção e avaliação de fornecedores, é necessário obter uma coleta maciça de dados por meio de pesquisa, investigação e amostragem, e estes dados nem sempre estão disponíveis. Desta forma, as decisões são baseadas em dados qualitativos que são geralmente influenciados pela opinião subjetiva do tomador de decisão ao definir os pesos dos critérios e dos fornecedores. Portanto, há um grau de incerteza no processo decisório causado pela avaliação subjetiva de critérios qualitativos ou quantitativos (ou seja, racionalidade limitada de vários tomadores de decisão que dependem de dados históricos limitados) (OZTAYSI, 2014; BANAEIAN et al., 2018).

A teoria *fuzzy* é uma das melhores técnicas para lidar com a incerteza. Por exemplo, é muito difícil para o tomador de decisão determinar antecipadamente a demanda, o custo e a qualidade porque os valores de estes parâmetros mudam com o passar do tempo e não permanecem os mesmos. Nesta situação, a teoria *fuzzy* pode ser usada por causa do

comportamento da falta de clareza e imprecisão dos dados na questão da escolha do fornecedor (HASHIM et al., 2017).

Assim, um modelo baseado nas preferências subjetivas de um tomador de decisão nem sempre é preciso, pois exige muito conhecimento, especialização e experiência (LIU et al., 2017). Para lidar com dados tendenciosos e incertos, abordagens "difusas" ("fuzzy") são aplicadas a problemas de MCDM, já que a incorporação de conjuntos difusos em modelos de tomada de decisão pode produzir resultados mais realistas, visando transformar o conhecimento humano incerto em uma fórmula matemática (ZADEH, 1965).

É aí que entram as técnicas híbridas de suporte à decisão, cujas aplicações são cada vez mais frequentes na literatura. A maioria dos artigos analisados utilizaram técnicas híbridas, envolvendo Métodos Heurísticos e Modelos Analíticos, principalmente "Fuzzy set theory" com MCDM.

Zimmer et al. (2017), por exemplo, transformaram variáveis em números *fuzzy* trapezoidais em conformidade com o processo de hierarquia analítica (AHP), integrando informações qualitativas e vagas no modelo de avaliação multirregional de entradas-saídas, para selecionar o fornecedor mais adequado de acordo com os riscos sociais em cadeias de fornecimento sustentáveis.

Já os trabalhos desenvolvidos por Sang e Liu (2016) e Qin, Liu e Pedrycz (2017) utilizaram conjuntos *fuzzy* do tipo 2 (*Interval type 2 fuzzy sets - IT2FS*), afirmando que ele possui mais vantagens na modelagem da incerteza em relação aos conjuntos *fuzzy* do tipo 1 (*Interval type 1 fuzzy sets - IT1FS*), especialmente em fato à crescente complexidade e incerteza do ambiente socioeconômico.

Sang e Liu (2016) aplicaram o método TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério) baseado no IT2FSs para selecionar fornecedor verde, assim como Qin, Liu e Pedrycz (2017). Os autores afirmam que o TODIM, um método MCDM, pode refletir suficientemente o caráter de racionalidade limitada do tomador de decisão baseado na Teoria da Perspectiva (*Prospect Theory - PT*), além de ser capaz de testar formas específicas das funções de perda e ganho (riscos) sob incerteza.

Os autores Wu et al. (2019) afirmam que ao enfrentar decisões de risco na vida real, os tomadores de decisão tendem a mostrar diferentes comportamentos de preferência de risco, como dependência de referência e aversão a perdas, o que é inconsistente com a Teoria da Utilidade Tradicional (*Expected Utility Theory - EUT*), utilizada na pesquisa de Qazi et al. (2018), ou com a suposição do "homem racional". A fim de preencher essa lacuna e garantir maior precisão da avaliação, é proposta uma estrutura de decisão para a seleção sustentável de

fornecedores sob ambiente de informação mista, integrando o método do peso combinado (*Entropy* e AHP) e a Teoria da Perspectiva.

A PT surgiu como forma de aprimorar a EUT, para tratar de forma mais adequada os resultados de pesquisas empíricas. A PT explica o comportamento de tomada de decisão sob risco e incerteza (SONG et al., 2017). A ideia central da Teoria é que um valor de decisão de prospecto, que inclui uma "função de valor" e uma "função de peso", reflete a racionalidade limitada dos tomadores de decisão no processo de decisão (PHOCHANIKORN; TAN, 2019).

Para classificar os artigos no contexto Complexo foi levado em consideração, além do tipo do modelo, a utilização de fontes de riscos de origem qualitativa. A pesquisa desenvolvida por Mani et al. (2017) utilizou *Big Data Analytics* e um painel de especialistas para mitigar riscos sociais, ambientais e éticos da cadeia de abastecimento e demonstrar como tal mitigação pode ajudar a alcançar a sustentabilidade ambiental, econômica e social. Por ter utilizado métodos mais modernos de mineração de dados, que, por mais automatizado que pareça, inevitavelmente requer julgamento para separar padrões interessantes e úteis daqueles que são falsos (KORB; NICHOLSON, 2010), foi classificada no contexto Complexo.

Uma série de pesquisas utilizam teoria difusa (*fuzzy theory*), teoria dos conjuntos cinzas (*grey relation analysis theory*) ou modelagem estocástica como meio matemático para lidar com a incerteza. No entanto, algumas delas servem para acomodar a incerteza dentro de um modelo estruturado. Não é o mesmo que utilizar as abordagens de domínios complexos não estruturados, tais como os Sistemas Adaptativos Complexos, modelagem baseada em agentes e análise de rede ou metodologias de Sistemas Flexíveis (ALEXANDER; WALKER; NAIM, 2014), que é o caso do trabalho desenvolvido por Poplawska, Labib e Reed (2017), em que é fornecido um quadro holístico e sistemático que combina dados quali-quantitativos na aplicação dos métodos ANP e Mapeamento Cognitivo Suave. Assim, as técnicas com abordagem flexível são mais adequadas para lidar com os fatores comportamentais nas tomadas de decisões (FRENCH; MAULE; PAPAMICHAIL, 2009).

Quanto à pesquisa desenvolvida por Hirsch e Meyer (2010), por mais que tenham utilizado uma técnica adequada para um contexto estruturado, houve a integração de fatores qualitativos (reputação e valores éticos) difíceis de mensurar, característicos do contexto não-estruturado, em uma avaliação econômica das relações de cooperação.

2.6 Estratégias de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade

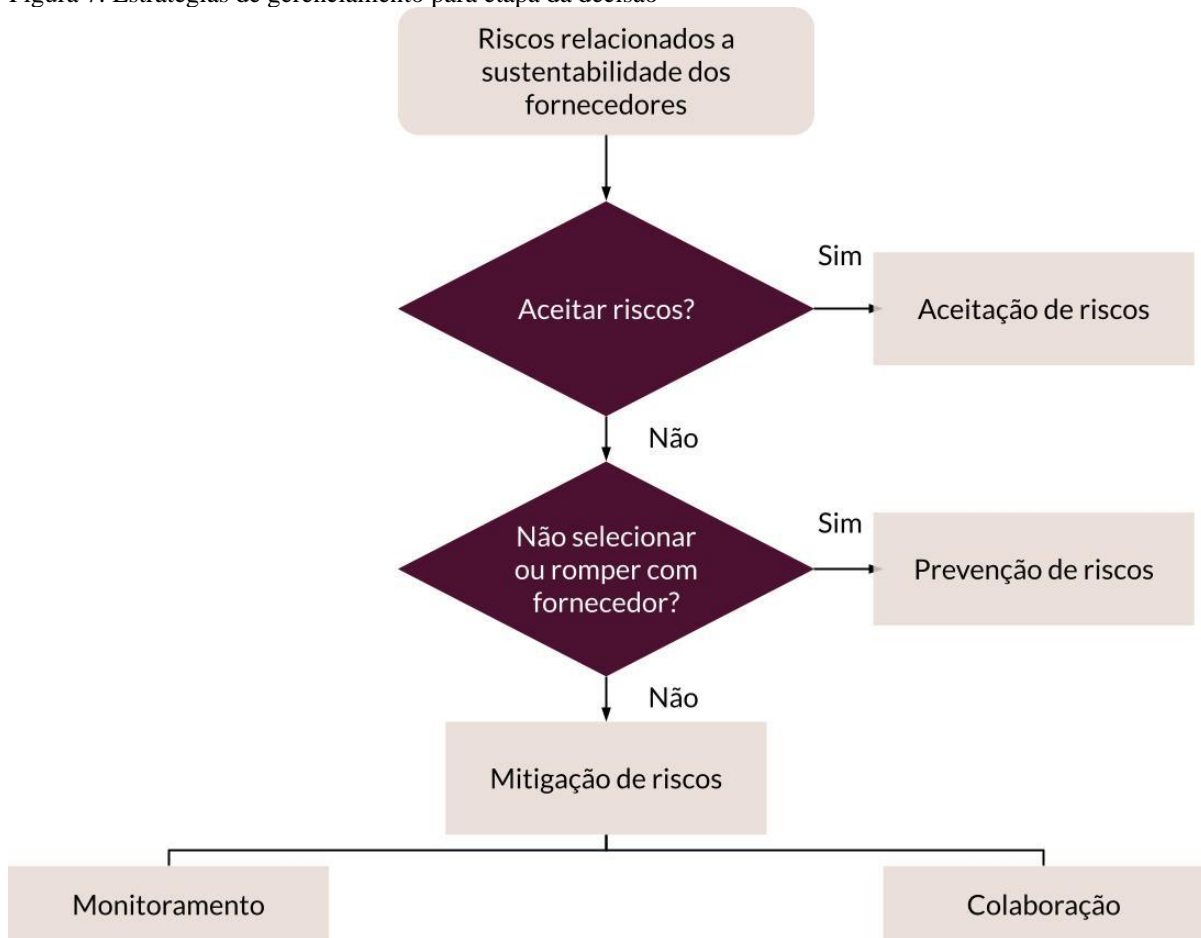
Tendo em mãos os resultados da análise, a empresa focal consegue conhecer os possíveis riscos advindos dos fornecedores que podem causar danos à sua reputação (FOERSTL et al., 2010; HOFMANN et al., 2014). A partir daí, a empresa focal checa *compliance* (conformidade) com o fornecedor e decide se irá selecionar, se a relação será encerrada e o contrato finalizado, ou se irá desenvolver esse fornecedor. Neste último caso, lançando mão de estratégias de mitigação de riscos.

Essa etapa inclui fornecer respostas aos fornecedores, compartilhar informações, concordar com padrões de desempenho, fazer revisões conjuntas regulares, desenvolver relacionamentos, conduzir o desenvolvimento de fornecedores ou rejeitar fornecedores (RITCHIE; BRINDLEY, 2007).

Com relação às estratégias de gerenciamento de riscos, Lemke e Petersen (2013) definem que existem quatro tipos de estratégias para lidar com riscos na cadeia sustentável, que são: evitar riscos; prever e controlar perdas; transferir riscos, e; reter riscos. Evitar os riscos significa eliminar todas as atividades que expõem a organização ao risco. Prever e controlar perdas trata de gerenciar o impacto se o evento de risco ocorrer. A transferência do risco repassa as responsabilidades para terceiros por meio de apólices de seguro e, por último, a organização pode reter os custos associados ao risco e assumir todas as responsabilidades se algo acontecer.

Os autores Hajmohammad e Vachon (2016b), baseados na Teoria da Agência, também desenvolveram um estudo apresentando quatro estratégias de gerenciamento de riscos de sustentabilidade que os gerentes de suprimentos adotam, similares, em partes, às identificadas no trabalho de Lemke e Petersen (2013), que são: prevenção de riscos; mitigação de riscos baseada em monitoramento; mitigação de riscos baseada em colaboração, e; aceitação de riscos. Na Figura 7 é apresentado o processo decisório posterior a etapa de avaliação na SSSCRM, em que são definidas as estratégias para gerenciamento dos riscos.

Figura 7. Estratégias de gerenciamento para etapa da decisão



Explicando os itens presentes na Figura 7, tendo em mãos os resultados da avaliação de riscos dos fornecedores, a empresa compradora pode decidir por aceitar os riscos, que se apresenta como uma estratégia reativa. Assumindo-os, os gerentes de suprimentos simplesmente decidem lidar com o evento de risco potencial caso aconteça em algum momento, e para isso eles retêm o risco e não realizam outras ações, fazendo apenas orçamentos para controlar os danos (VALINEJAD; RAHMANI, 2018).

Se a empresa compradora decidir não aceitar o risco, ela deve avaliar se pretende romper relação com fornecedor. Na estratégia de prevenção, a probabilidade do evento de risco é levada a zero, removendo a fonte de risco. Conseqüentemente, os gerentes de suprimentos podem evitar o risco de sustentabilidade trocando para um fornecedor alternativo com um histórico mais confiável (JÜTTNER; PECK; CHRISTOPHER, 2003; HAJMOHAMMAD; VACHON, 2016).

Caso se decida por não romper relação com o fornecedor, porém ele ainda apresenta possibilidades de evento de risco, a empresa compradora pode decidir por desenvolver esse fornecedor e, para isso, definem-se planos e estratégias de mitigação para integrar questões

ecológicas e sociais aos processos de gestão de suprimentos dos fornecedores (BAI; SARKIS, 2010). As práticas e atividades de mitigação que definem o desenvolvimento sustentável de fornecedores coletivamente podem ser classificadas em duas categorias: iniciativas baseadas em monitoramento, e iniciativas baseadas em colaboração (VACHON; KLASSEN, 2008).

As estratégias de mitigação baseadas em monitoramento se concentram em, primeiramente, avaliar os processos e desempenho dos fornecedores em relação a características ou critérios de desempenho específicos da cadeia para verificar sua conformidade com os requisitos. Geralmente são os compradores que fazem essa avaliação por meio de pesquisas e auditorias junto aos fornecedores, eles que determinam e impõem os critérios adequados e avaliam os aspectos relacionados à sustentabilidade dos produtos recebidos (YAWAR; SEURING, 2018).

Os critérios são exigidos por meio de requisitos sociais/ecológicos escritos dentro dos contratos - Wu et al. (2017b) propõem o uso de contratos de cadeia de fornecimento para evitar ou mitigar possíveis más condutas dos fornecedores; de certificações de terceiros (MORALI; SEARCY, 2013) - ou impondo o código de conduta do comprador nos fornecedores (ANDERSEN; SKJOETT-LARSEN, 2009).

Já nas estratégias baseadas na colaboração, as melhorias do desempenho do fornecedor com relação à sustentabilidade e implementação de soluções ecológicas e sociais são desenvolvidas em conjunto, por meio de parceria e interação direta (VACHON; KLASSEN, 2006; EHRGOTT et al., 2013; HAJMOHAMMAD; VACHON, 2016). Tais estratégias abrangem uma ampla gama de atividades, tais como: fornecer programas de treinamento para fornecedores, compensando-os pelos custos associados à sua conformidade, e; patrocínio de cúpulas ecológicas ou sociais para encorajar os fornecedores a compartilhar suas informações e experiências (LEPPELT et al., 2013; HAJMOHAMMAD; VACHON, 2016; YAWAR; SEURING, 2018).

De acordo com as estratégias apresentadas, Hajmohammad e Vachon (2016) também propuseram exemplos de práticas que podem ser adotadas para gerenciar riscos relacionados à sustentabilidade de fornecedores para cada estratégia definida na etapa decisória, conforme Quadro 5. Ainda de acordo com os autores, após a identificação das estratégias de gerenciamento de riscos, foi desenvolvida uma série de proposições que visavam determinar escolhas estratégicas a partir de dois elementos contextuais: o risco percebido e a estrutura de dependência comprador-fornecedor (Figura 8).

Quadro 5. Práticas de gerenciamento de riscos

Estratégia de gerenciamento	Práticas de gerenciamento de riscos relacionados a sustentabilidades de fornecedores
Prevenção de riscos	<ul style="list-style-type: none"> • Encerrar o relacionamento com os fornecedores. • Procurar outros fornecedores para substituir. • Não renovar contratos com os fornecedores. • Indicar durante as negociações com os fornecedores, que eles estão em risco de a parceria comprador-fornecedor. • Fornecer aos fornecedores exigências sociais/ambientais por escrito, tais como um código de conduta e pedir-lhes que o respeitem.
Mitigação de riscos baseada no monitoramento	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir considerações sociais/ambientais na avaliação do desempenho dos fornecedores. • Avaliar o desempenho social/ambiental dos fornecedores através de uma avaliação formal, utilizando diretrizes estabelecidas e procedimentos. • Enviar questionários aos fornecedores para monitorar o desempenho de seus aspectos sociais/ambientais • Realizar auditorias nas instalações dos fornecedores para monitorar o desempenho de seus aspectos sociais/ambientais • Fornecer feedback aos fornecedores sobre os resultados de suas avaliações. • Exigir dos fornecedores a implementação de um sistema de gestão para mostrar sua aderência a questões sociais/ambientais (por exemplo, ISO 14001).
Mitigação de riscos baseada na colaboração	<ul style="list-style-type: none"> • Permitir um diálogo aberto e bidirecional com fornecedores para desenvolverem um entendimento mútuo de suas responsabilidades com em relação às questões sociais/ambientais. • Permitir um diálogo aberto e bidirecional com fornecedores para estabelecer em conjunto objetivos e metas em relação as questões social/ambientais. • Trabalhar junto aos fornecedores para melhorar seu desempenho social/ambiental (por exemplo, investimento conjunto, planejamento conjunto, decisões conjuntas, etc.). • Fornecer treinamento/educação aos colaboradores dos fornecedores com relação a questões sociais/ambientais. • Alocar pessoal para visitar as instalações dos fornecedores para ajudar a melhorar seu desempenho social/ambiental. • Colocar em prática incentivos aos fornecedores para melhorar seu desempenho social/ambiental • Encontrar uma solução se os fornecedores se recusarem a acatar objetivos e metas de cunho social/ambiental. • Investir recursos no desenvolvimento das capacidades dos fornecedores para gerenciar adequadamente as questões sociais/ambientais.
Aceitação de riscos	<ul style="list-style-type: none"> • Não fazer mudanças no relacionamento com os fornecedores. • Não iniciar nenhum tipo de arranjo relativo a questões ambientais/sociais nas instalações dos fornecedores. • Continuar os negócios com os fornecedores por um longo tempo.

Fonte: Traduzido de Hajmohammad e Vachon (2016)

Figura 8. A escolha do gerente de suprimentos entre as estratégias de gestão de risco



Fonte: Traduzido de Hajmohammad e Vachon (2016)

De acordo com Hajmohammad e Vachon (2016), a mitigação baseada na colaboração é mais adequada para contextos caracterizados como interdependência entre comprador-fornecedor (alta dependência do comprador e do fornecedor), ou em um contexto de alto risco percebido associado a uma situação de domínio do comprador. Em contraste, a mitigação baseada em monitoramento só é adequada para o contexto específico de domínio do comprador com baixo risco percebido. O estudo também vinculou diferentes contextos à prevenção de riscos (ou seja, rescisão de um contrato com o fornecedor) e estratégias de aceitação de risco. A prevenção de riscos foi associada ao contexto de independência do comprador-fornecedor e um alto nível de risco percebido, enquanto que a aceitação de riscos cabe a um contexto de independência do comprador-fornecedor em um baixo nível de risco percebido, e quando há o domínio do fornecedor em ambos os níveis de risco percebido.

2.7 Relatar esforços para *stakeholders*

Na última etapa do gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade se relatam os esforços aos *stakeholders* (Figura 5), processo de interação entre a empresa focal e os *stakeholders* da cadeia. Hofmann et al. (2014), em pesquisa conceitual, afirmaram que as empresas focais precisam lidar com riscos específicos de sustentabilidade da cadeia de forma proativa, criando uma perspectiva de passos estratégicos planejados para a gestão futura destes

riscos, buscando sempre a transparência para evitar possíveis ações inesperadas das partes interessadas.

A questão é como uma organização responderá às recentes mudanças e desafios que enfrentam a fim de ser responsável perante todas as suas partes interessadas em nível corporativo. Segundo (SHAD et al., 2019), um dos canais que pode tornar a organização responsável perante todos os seus *stakeholders* relevantes é a emissão de relatórios de sustentabilidade. O registro e os relatórios são usados para documentar os resultados e suas mudanças. É uma parte integrante da gestão da organização e de todo o processo de gestão de risco (TUŠER; OULEHLOVÁ, 2021).

O relato das informações referentes às atividades relacionadas à sustentabilidade do negócio e ao gerenciamento de risco responde às crescentes expectativas dos investidores empresariais e de outras partes interessadas. Teuscher, Grüninger e Ferdinand (2006) suportam a afirmação acrescentando que a adoção de instrumentos normativos corrobora para a gestão de riscos e elaboração de relatórios, garantindo estabilidade, percepção avançada dos riscos e comunicação apropriada, melhorando o processo e motivando a melhoria contínua. A pesquisa desenvolvida por Ahrens e Traas (2007) fala sobre a importância de comunicar aos *stakeholders* os esforços relacionados às questões de sustentabilidade, e para isso, também utiliza Relatórios para expor seus resultados.

Dessa forma, reportar como a empresa tem administrado o material econômico, riscos e oportunidades ambientais e sociais que o negócio enfrenta aos *stakeholders* é de fundamental importância quando o assunto é SSCR, visto que para transparecer congruência com as exigências do mercado e às crescentes expectativas e conscientização sobre a importância das contribuições empresariais para o desenvolvimento sustentável é necessário que as organizações divulguem suas práticas de responsabilidade (SHAD et al., 2019).

2.8 Principais achados e lacunas de pesquisa

Após estudo aprofundado da literatura, seguindo protocolo metodológico da RSL (Apêndice A), foi possível estabelecer os principais achados e lacunas de pesquisa sobre o contexto estudado. Quanto aos principais achados, destaca-se a importância de se estudar o processo decisório dentro do Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade (*Sustainability-related Supply Chain Risk Management -SSCRM*),

chamando-se a atenção a lacuna de pesquisa encontrada que diz respeito à não existência de estudos que analisaram a Teoria da Decisão, a estrutura Cynefin e o SSCRM conjuntamente.

Identificou-se também a oportunidade de se desenvolverem mais estudos sobre gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade em cadeias de suprimentos agroextrativistas, que dependem de fornecedores de comunidades rurais e/ou ribeirinhas da Amazônia brasileira, visto que não foram encontrados estudos direcionados para esses tipos de cadeias.

Um dos achados mais importantes dessa pesquisa diz respeito à uma das etapas do processo de tomada de decisão no gerenciamento de riscos relacionados a sustentabilidade dos fornecedores, a de avaliação dos riscos. Estudiosos vem desenvolvendo técnicas capazes de oferecer o suporte necessário a essa etapa. Os estudos, em sua maioria, focam no desenvolvimento de técnicas de suporte à decisão híbridas, combinando técnicas analíticas, como os MCDMs, em conjunto com métodos heurísticos (ex. *fuzzy theory*), que são utilizados para diminuir os vieses comportamentais dos tomadores de decisão e reduzir as incertezas (OZTURKOGLU; KAZANCOGLU; OZKAN-OZEN, 2019; PHOCHANIKORN; TAN, 2019; LEI; MA; SUN, 2020; POURJAVAD; SHAHIN, 2020; POURMEHDI; PAYDAR; ASADI-GANGRAJ, 2021).

Importante mencionar que quando se trata de riscos relacionados à sustentabilidade, essa pesquisa identificou que estudiosos sobre o tema recomendam a adoção de práticas de mitigação baseada na colaboração ou monitoramento para tratar os riscos dos fornecedores e reduzir as probabilidades de eventos negativos à cadeia (HAJMOHAMMAD; VACHON, 2016; CAN SAGLAM et al. 2020; HAJMOHAMMAD; SHEVCHENKO, 2020; KUMAR et al., 2021; MEQDADI et al., 2020; JIA et al., 2021). Entretanto, são poucos os estudos que focam em estratégias de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade quando comparado aos que aplicam técnicas de suporte à decisão para analisar riscos. Assim, destaca-se o ensejo em se desenvolver estudos que analisem riscos relacionados à sustentabilidade com o apoio de técnicas robustas de suporte à decisão, atrelando os resultados à etapa de tratamento aos mesmos, na qual são definidas estratégias para mitigar os riscos analisados.

Finalizando, constatou-se ainda que são poucos os estudos que direcionam atenção para o processo de comunicação aos *stakeholders*. Dessa forma, salienta-se a importância dessa etapa no processo de gerenciamento de riscos, visto que as empresas, ao divulgarem como foi seu desempenho frente ao processo de gerenciamento dos riscos relacionados à sustentabilidade, transmitem transparência e coerência com as exigências do mercado e às crescentes expectativas dos próprios *stakeholders*.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo é descrito o procedimento metodológico empregado para o desenvolvimento da presente pesquisa, que é considerada de caráter quali-quantitativo e com objetivo prescritivo, em que se propõe uma solução ao problema identificado (EISENHARDT, 1989; YIN, 2014).

3.1 Procedimento Metodológico

Esta pesquisa foi conduzida por meio do procedimento *Design Science Research* (DSR), gerando como resultado um método operacional útil para a ação nas organizações, proveniente de um problema prático, que nesse caso é o gerenciamento de riscos de sustentabilidade de fornecedores da cadeia de suprimentos do açaí. Para isso, foram estudados dados reais provenientes de uma agroindústria (empresa compradora) e de seus fornecedores.

O paradigma das ciências do *design* foi inspirado por Simon (1996), no qual ele explora as diferenças fundamentais entre as ciências naturais e as ciências do *design*. A ciência natural tem como objetivo entender e ensinar como as coisas são e como funcionam, podendo ser aplicada para os fenômenos naturais (biologia, química, física) e sociais (economia, sociologia). Já a ciência do *design* busca melhorar a condição humana por meio do desenvolvimento do conhecimento, a fim de resolver situações problemáticas na realidade. Essa ciência inclui a ciência médica, engenharia, direito e gerência (VAN AKEN, 2004; LACERDA et al., 2013). Na área da gestão, é possível aplicar a visão da ciência natural com o objetivo de entender e refletir criticamente a respeito da experiência das pessoas que compõem uma organização. Todavia, a ciência do *design* é utilizada para melhorar situações existentes, por meio da concepção e validação de sistemas que ainda não existem, seja criando ou reformulando artefatos, que podem ser produtos, processos, softwares ou métodos (LACERDA et al., 2013).

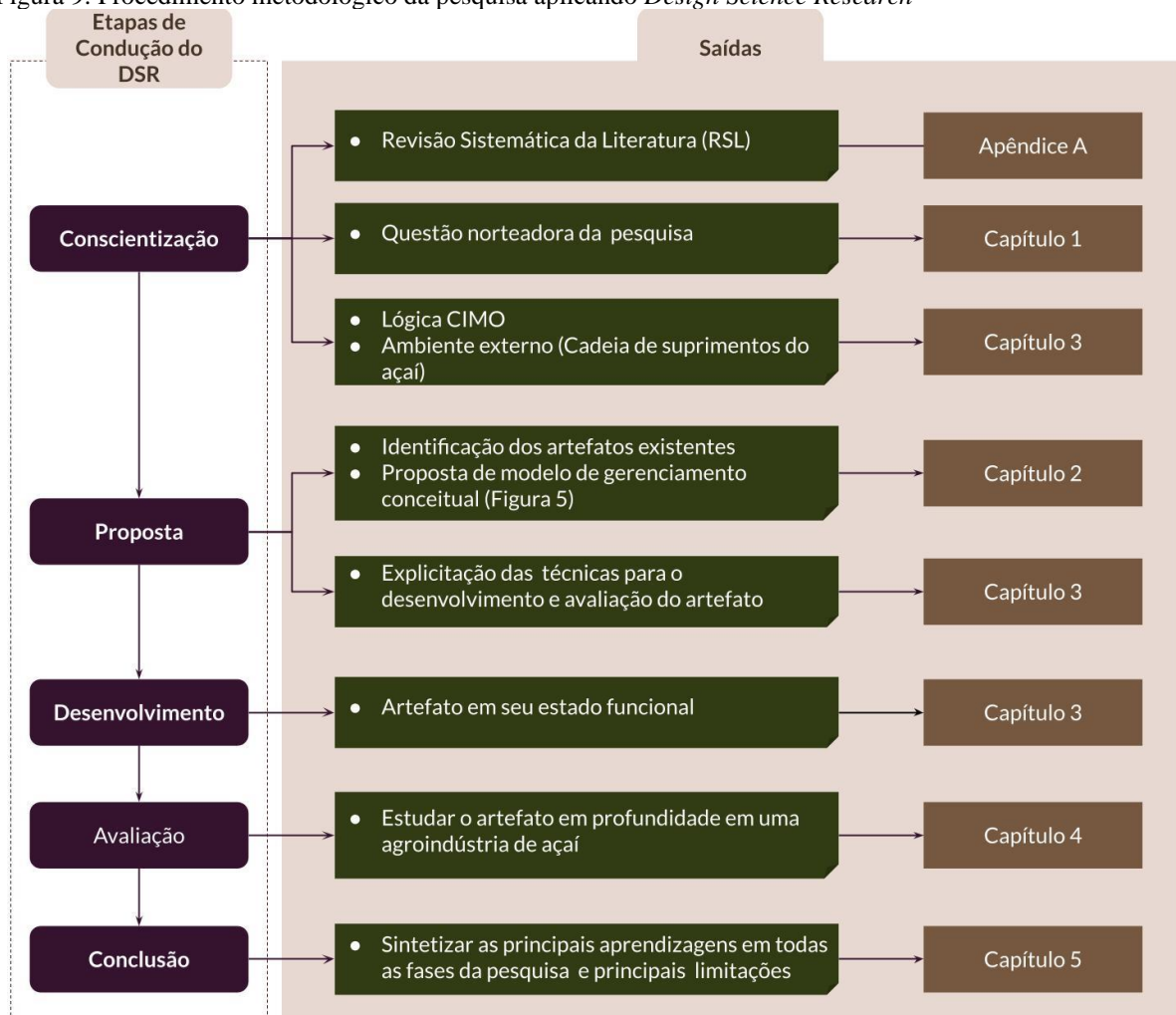
Enquanto a ciência do *design* (*design science*) é a base epistemológica, a DSR é o método que busca operacionalizar a construção de conhecimento científico em determinado contexto, a fim de contribuir para o desenho de artefatos que sejam úteis para as intenções humanas (MICHALOS; SIMON, 1970; CHAKRABARTI, 2010). Segundo Hevner et al. (2004), este artefato pode ser representado na forma de um método, constructo, modelo, e/ou uma instanciação, cujo objetivo é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas gerenciais importantes e relevantes.

A DSR auxilia na diminuição da lacuna existente entre teoria e prática, pois é um método voltado para a solução de problemas, mas também produz conhecimento que pode servir de referência para o aprimoramento de teorias. Para isso, a DSR explora dois fatores fundamentais para o sucesso da pesquisa: o rigor e a relevância. Para ter relevância, a pesquisa precisa ter como objetivo o desenvolvimento de soluções para resolver problemas importantes e relevantes para a organização. E quanto ao rigor, é importante que a pesquisa se baseie em uma aplicação de métodos rigorosos, tanto na construção como na avaliação dos artefatos (VAN AKEN, 2004).

Diante desse cenário, para alcançar as premissas exigidas pelo DSR, essa pesquisa utiliza um protocolo metodológico baseado nas pesquisas desenvolvidas por Takeda et al. (1990), Manson (2006), Peffers et al. (2007) e Lacerda et al. (2013), com cinco etapas de funcionamento: Conscientização; Proposta; Desenvolvimento do artefato; Avaliação do artefato, e; Conclusão. Na Figura 9 são descritas as saídas (resultados) a serem gerados em cada etapa de condução da pesquisa, e onde cada uma das saídas está inserida na estrutura textual dessa tese.

Nos tópicos seguintes desse capítulo são apresentadas informações sobre as etapas de condução da pesquisa descritas com mais detalhes, identificando as técnicas de coleta e análise de dados utilizadas no procedimento metodológico.

Figura 9. Procedimento metodológico da pesquisa aplicando *Design Science Research*



Nota: Context, Intervention, Mechanisms, Outcomes (CIMO); *Design Science Research* (DSR)

3.2 Conscientização do problema

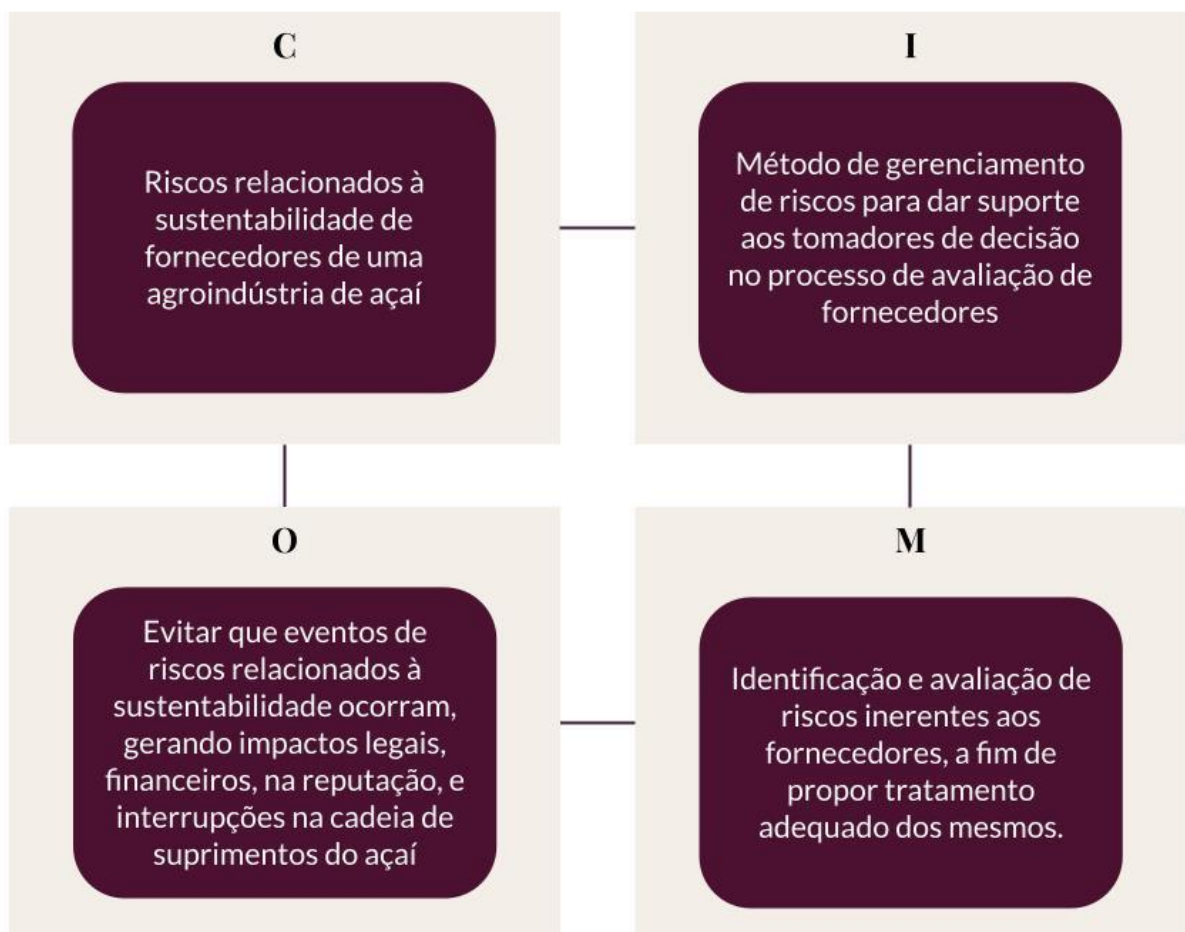
A etapa de “Conscientização” consiste em definir e formalizar o problema a ser solucionado, explicitar o contexto do problema, a solução satisfatória e suas fronteiras (ambiente externo) (FREITAS JUNIOR et al., 2017). Segundo Dresch (2013), para apoiar o pesquisador na conscientização do problema a ser estudado é necessário que ele faça uma consulta às bases de conhecimento, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). A RSL mostra-se adequada ao objetivo dessa etapa, pois é um método que permite ao pesquisador ter acesso a boa parte do conhecimento que será necessário para o desenvolvimento de seu artefato e consequente resolução do problema. Dessa forma, uma RSL foi desenvolvida, e seu procedimento metodológico é apresentado no Apêndice A.

Com a RSL foi possível identificar as lacunas existentes na literatura a partir da identificação dos fatores que afetam a tomada de decisão, das fontes de riscos relacionadas à

sustentabilidade e das soluções empíricas conhecidas, identificando os artefatos que encaminham à soluções do problema no contexto do SSCRM. Portanto, a partir das lacunas evidenciadas na literatura, foi possível determinar o problema de pesquisa delineado na forma de questão norteadora, apresentado no tópico 1.1 do Capítulo 1 dessa pesquisa.

Tendo em vista que essa pesquisa é baseada em *Design Science*, ela se caracteriza por enfatizar a produção de conhecimento prescritivo, ligando-o a intervenções e sistemas para produzir resultados, fornecendo a chave para resolver problemas de campo (PIMENTEL; FILIPPO, 2020). O conhecimento prescritivo tem um papel central na pesquisa científica, e a lógica da prescrição, segundo Denyer et al. (2008), segue a lógica CIMO, na qual em determinado contexto de problema (*Context - C*), uma intervenção (*Intervention - I*) aciona mecanismos geradores (*Mechanisms - M*) que levam a certos resultados (*Outcomes - O*). Portanto, para proporcionar um melhor entendimento acerca do contexto estudado e da solução satisfatória para acatar o problema, os componentes da Lógica CIMO também foram identificados nessa etapa, conforme Figura 10.

Figura 10. Lógica CIMO da pesquisa



O (C) refere-se aos riscos relacionados à sustentabilidade de fornecedores de uma agroindústria de açaí que atualmente não os gerenciam, estando exposta as diversas consequências negativas que eventos de riscos desse tipo podem gerar. O método para dar suporte aos tomadores de decisão representa uma intervenção (I) cuja adoção facilita a eficiência do processo de tomada de decisão no contexto do gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade. Os mecanismos (M) correspondem a identificação e avaliação de riscos inerentes aos fornecedores, a fim de propor tratamento adequado aos mesmos. Por fim, o resultado (O) gerado a partir do acionamento dos mecanismos gerados (M) será a mitigação da ocorrência de eventos de riscos na cadeia do açaí. Assim, os riscos relacionados a sustentabilidade ao nível do fornecedor individual poderão ser gerenciados utilizando um método adequado.

O artefato a ser desenvolvido nesse tipo de pesquisa, conforme mencionado por Dresch (2013), é a organização dos componentes do ambiente interno para atingir objetivos em um determinado ambiente externo. Com isso, nessa pesquisa o ambiente interno corresponde ao artefato a ser desenvolvido, e o ambiente externo é uma cadeia de suprimentos de açaí, envolvendo uma agroindústria produtora de polpa de açaí e afins e seus fornecedores. O tópico a seguir apresenta informações detalhadas sobre o ambiente externo estudado.

3.2.1 Ambiente externo

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, o *locus* de coleta de dados é uma agroindústria de açaí localizada na cidade de Castanhal, estado do Pará, A capital do estado do Pará, Belém, e a cidade vizinha, Castanhal, são responsáveis por mais da metade de todo o volume de beneficiamento de polpa para exportação (FILHO et al., 2013), e Castanhal destaca-se como grande centro de beneficiamento do fruto (TAVARES; HOMMA, 2015). Estes fatos demonstram a relevância da pesquisa em estudar organizações empresariais desse ramo nessa região.

A empresa focal (agroindústria) selecionada para este estudo foi fundada em 2017 e é uma *holding* familiar. A empresa chega a ter por volta de 200 colaboradores nos períodos de safra e cerca de 70 colaboradores nos períodos de entressafra. Quanto à gama de produtos, são ofertados pela empresa: as polpas de açaí, que se subdividem entre convencionais, industriais e orgânicos; os sorbets, e; as polpas de frutas, que abrange uma gama de produtos de outras frutas (ex. cupuaçú, maracujá, caju, goiaba, acerola).

Para realizar a fabricação desses produtos, a empresa compra de variados fornecedores e os classifica em categorias diferentes, que são: os fornecedores de matéria-prima (polpas de açaí convencionais e industriais e dos demais frutos); fornecedores de matéria-prima orgânica (polpa de açaí orgânico), e; fornecedores de insumos, que fornecem os ingredientes extras necessários para a fabricação de polpas e sorbets, como a maltodextrina, xarope de guaraná, ácido cítrico, açúcar, etc.

Essa agroindústria foi selecionada para o estudo pois atua como empresa focal e está implementando práticas socioambientais na cadeia de suprimentos apoiadas nos processos de certificação orgânica e de qualidade dos seus produtos e processos. Atualmente ela não realiza gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade em sua cadeia, especificamente de riscos relacionados à atuação de seus fornecedores.

3.3 Proposta do artefato

Nessa etapa ocorre a proposição de artefatos para resolver o problema estudado. Para isso, são identificados os possíveis artefatos existentes, permitindo a visualização de possíveis artefatos genéricos para resolver um problema genérico. Todavia, mesmo estas soluções, quando consolidadas, precisam ser adaptadas à realidade que está sendo estudada. Com isso, após identificados é importante propor um artefato considerando essencialmente a sua realidade, o contexto de atuação e a sua viabilidade.

Assim como na etapa de Contextualização, a RSL foi primordial para oferecer o apoio necessário nessa etapa. Foi a partir dela que os possíveis artefatos genéricos foram identificados, que são as etapas necessárias para construir o método de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade aplicados para várias áreas e diferentes tipos de organização, e as técnicas de suporte a decisão utilizadas para avaliar os riscos. Então, após a investigação aprofundada da literatura, foi proposto o modelo conceitual constando as etapas do processo de tomada de decisão no SSCRm, o qual foi evidenciado em um esquema ilustrativo na Figura 5 (Capítulo 2).

Conforme mencionado anteriormente, o artefato pode ser construído na forma de método, constructo, modelo, e/ou uma instanciação, e essa pesquisa gerará um método como artefato. Segundo March e Smith (1995), o método consiste em apresentar um conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) que precisam ser seguidos para obter um resultado em determinado ambiente externo. Os métodos são utilizados, muitas vezes, para traduzir um modelo conceitual cujo objetivo é a resolução de um problema. (LACERDA et al., 2013). Dessa

forma, após o desenvolvimento do modelo conceitual (Figura 5) construído a partir do embasamento teórico, iniciou-se a investigação prática.

A investigação prática iniciou com a coleta de dados reais provenientes da empresa estudada, por meio de entrevistas semiestruturadas com colaboradores da empresa que atuavam nos setores de Qualidade e de Certificação, que são os setores responsáveis pela avaliação e desenvolvimento de fornecedores e pela certificação. As entrevistas foram realizadas com a gestora e um analista que atuavam no setor da Qualidade, e foram realizadas, individualmente, na empresa no dia 14 de janeiro de 2021. E a gestora do setor de Certificação foi entrevistada por meio de um encontro virtual utilizando a plataforma de vídeo conferência *Microsoft Teams*, no dia 18 de janeiro de 2021. As entrevistas tiveram, aproximadamente, duração de uma hora cada, e para realizá-las utilizou-se o mesmo roteiro com perguntas abertas (Apêndice B) para os membros de ambas as equipes. As entrevistas foram necessárias para conhecer como era realizado o processo de homologação e avaliação de fornecedores e quais os artefatos utilizados pela empresa para dar suporte aos tomadores de decisão, a fim de identificar as dores enfrentadas pela equipe durante esse processo.

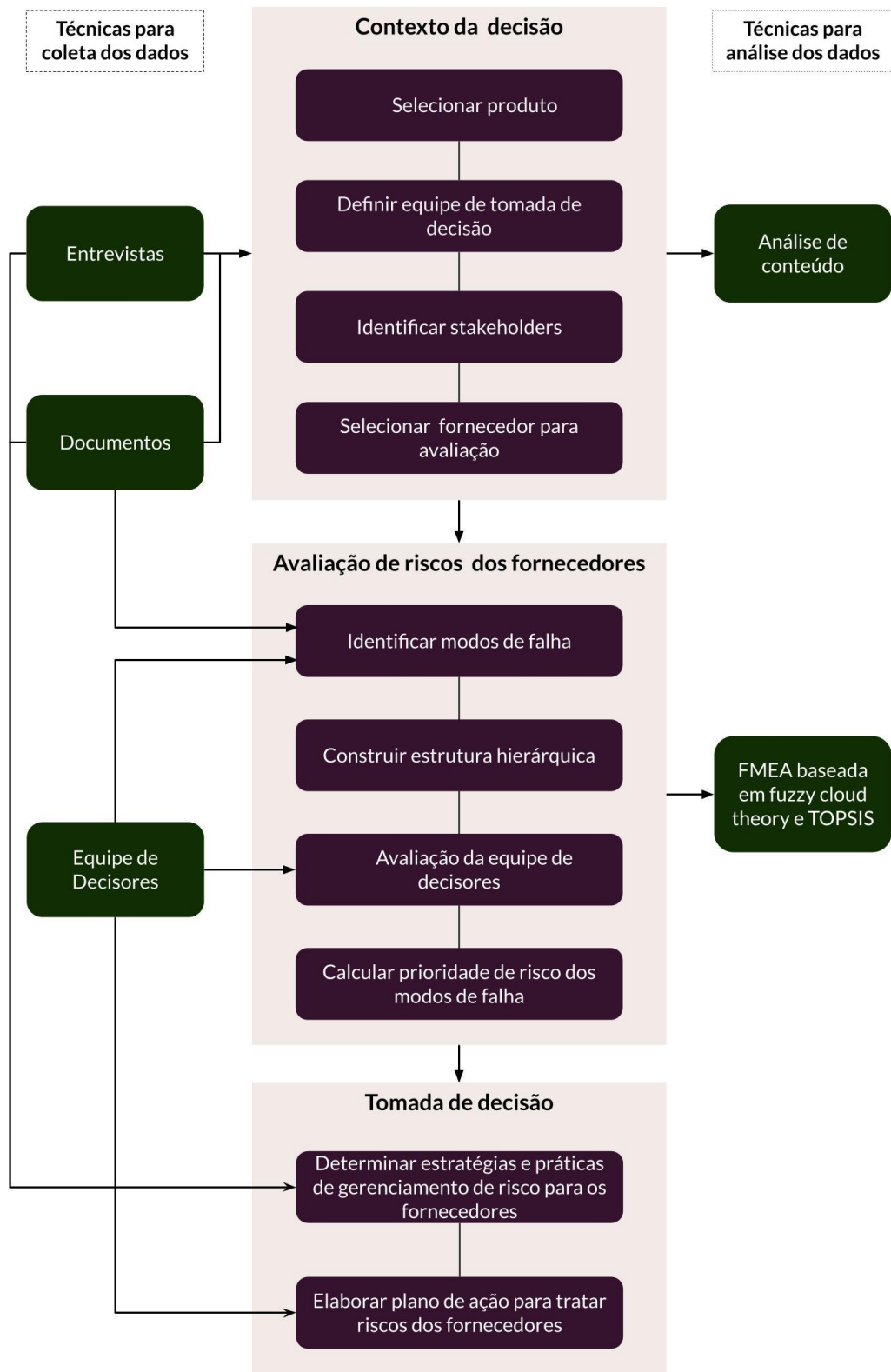
Após as entrevistas, foi realizada uma reunião online via plataforma de vídeo conferência com a gestora de Certificações, com duração média de 1 (uma) hora, para apresentar o método proposto, baseado nas etapas do modelo conceitual (Figura 5), e nas técnicas de suporte a decisão existentes na literatura utilizadas para avaliar os riscos. Frente ao que foi apresentado, foi definido na reunião que o artefato a ser gerado não precisaria incluir a etapa de “Relatar esforços aos *stakeholders*”, na qual ocorre a interação da empresa focal com os “*stakeholders*” por meio da divulgação dos esforços gerados pela empresa para diminuir riscos relacionados à sustentabilidade na cadeia. Essa questão seria discutida mais à frente pela empresa devido à complexidade inerente a essa etapa, e pela necessidade de envolver outras áreas da empresa. Com isso, a partir dos refinamentos exigidos pela Gestora, foi possível definir as limitações do ferramental e dos processos já utilizados pela empresa.

Diante desse cenário, as etapas processuais que compõem o método proposto, bem como a técnica de suporte para avaliação dos riscos a ser utilizada no contexto estudado foram definidas. Dentre as técnicas encontradas na literatura, o FMEA se destacou pois atende às etapas de identificação e de análise dos riscos, bem como pode ser utilizado em um contexto de decisão não-estruturado. Entretanto, o clássico FMEA apresenta algumas deficiências, como a incapacidade de lidar com informação imprecisa e forte sensibilidade a variações nas avaliações. Embora teorias difusas sejam utilizadas para melhorar a FMEA clássica, ainda têm algumas deficiências, como a falta de mecanismo para descrever a hesitação e a aleatoriedade

de informação de avaliação em simultâneo, ignorando os efeitos psicológicos dos peritos. Com isso, essa pesquisa utilizou uma nova abordagem da técnica FMEA proposta por Huang e Xiao (2021), que é baseada na teoria da nuvem difusa intuicionista com valor de intervalo (*Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds – IVFCs*) e no método multicritério TOPSIS, para avaliar e classificar os modos de falha na FMEA.

A seguir são apresentadas as etapas do método proposto, bem como as técnicas de coleta e análise dos dados utilizadas para aplicar o artefato na agroindústria estudada (Figura 11). O método gerado nessa pesquisa apresenta três etapas para seu funcionamento operacional, que são: Contexto da decisão; Avaliação de risco dos fornecedores e; Tomada de decisão.

Figura 11. Etapas do método de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade dos fornecedores



3.3.1 Definir o contexto da decisão

Para cumprir com a etapa de definição do “Contexto da decisão” foram utilizadas as informações coletadas nas entrevistas realizadas com colaboradores do setor de Qualidade e de Certificação mencionada anteriormente. Além disso, foram coletadas informações de documentos da empresa, tais como: os relatórios de auditoria; contratos com fornecedores, e; ferramental utilizado para homologação e avaliação de fornecedores. Todos os dados foram categorizados para facilitar a organização, exploração e interpretação dos dados, conforme instruído pela técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 2011).

Nessa etapa foram definidos quatro quesitos: o produto a ser analisado pelo método, que foi o açaí orgânico *in natura*; a equipe de decisores que é formada pela gestora e pelo inspetor de campo, ambos atuam no setor de Certificação da empresa e foram os responsáveis por atuar na análise e avaliação dos riscos; os *stakeholders* envolvidos no contexto analisado, e; os fornecedores a serem analisados. Com isso, a partir dessas informações foi possível definir o contexto da decisão na empresa estudada.

3.3.2 Avaliar os riscos dos fornecedores

Para cumprir com a etapa de “Avaliação de riscos dos fornecedores” foi utilizada a técnica híbrida de suporte a decisão proposta por Huang e Xiao (2021), que sofreu adequações para cumprir com o contexto investigado nessa pesquisa. A técnica é baseada na teoria da nuvem difusa intuicionista com valor de intervalo (*Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds – IVFCs*) e no método multicritério TOPSIS, para avaliar e classificar os modos de falha na FMEA. A IVIFCs foi desenvolvida por meio da junção da teoria dos conjuntos difusos intuicionistas com valores de intervalo (*Interval-valued intuitionistic fuzzy set – IVIFs*) com a teoria do modelo de nuvem (*Cloud model theory*). Com isso, são apresentados nos Tópicos 3.2.3 e 3.2.4 os conceitos básicos e os cálculos preliminares dos números difusos intuicionistas com valor de intervalo (IVIFNs) e da teoria do modelo de nuvem. Em seguida, no Tópico 3.2.5, são apresentadas as etapas necessárias para avaliar os riscos dos fornecedores utilizando a técnica híbrida proposta.

3.3.3 Teoria dos conjuntos difusos intuicionistas com valores de intervalo (*Interval-valued intuitionistic fuzzy set – IVIFs*)

O IVIFS foi desenvolvido como uma extensão da teoria dos conjuntos difusos tradicionais para manipular informações incertas através da aplicação da forma de números com valores de intervalo em vez de valores nítidos para expressar o grau de adesão, não adesão, e hesitação (HUANG; XIAO, 2021). As noções teóricas do IVIFS são apresentadas da seguinte forma:

Definição 1: Se $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ é um conjunto não vazio no domínio Φ , então um IVIFS em B' em X é apresentado conforme Equação 1.

$$B' = \{ \langle x, v_{B'}(x), \rho_{B'}(x) \rangle \mid x \in X \} \quad (1)$$

Onde, $v_{B'}(x)$ refere-se a uma função de pertencimento $v_{B'}: X \rightarrow [0,1]$, e $\rho_{B'}(x)$ a função de não pertencimento $\rho_{B'}: X \rightarrow [0,1]$. Com isso, $v_{B'}(x) = [v_{B'}^L(x), v_{B'}^U(x)] \subseteq [0,1]$ e $\rho_{B'}(x) = [\rho_{B'}^L(x), \rho_{B'}^U(x)] \supseteq [0,1]$ representam números com valores de intervalo que indicam os graus de pertencimento e não pertencimento do elemento $x \in X$ para o conjunto B' , satisfazendo $0 \leq \sup v_{B'}(x) + \sup \rho_{B'}(x) \leq 1$ para todo elemento $x \in X$. Sendo que $v_{B'}^L(x)$ e $v_{B'}^U(x)$ correspondem ao valor do limite inferior e superior de $v_{B'}(x)$, respectivamente.

Para qualquer elemento x em X , o grau de hesitação do valor de intervalo $\delta_y(x)$ do elemento x para o conjunto B' é definido de acordo com a Equação 2.

$$\delta_{B'}(x) = [\delta_{B'}^L(x), \delta_{B'}^U(x)], [1 - v_{B'}^U(x) - \rho_{B'}^U(x), 1 - v_{B'}^L(x) - \rho_{B'}^L(x)] \quad (2)$$

Onde, se $v_{B'}^L(x) = v_{B'}^U(x)$ e $\rho_{B'}^L(x) = \rho_{B'}^U(x)$, então o conjunto IVIFS é reduzido a um conjunto difuso intuicionista comum. Segundo Liu et al. (2019), o par $(v_{B'}(x), \rho_{B'}(x))$ é considerado um número difuso intuicionista com valor de intervalo (IVIFN), que pode ser denotado como $B' = ([\alpha, \beta], [\tau, \kappa])$, com a condição de que $[\alpha, \beta] \subseteq [0,1]$, $[\tau, \kappa] \subseteq [0,1]$ e $\beta + \kappa \leq 1$.

3.3.4 Teoria do modelo de nuvem (*Cloud model theory*)

A teoria do modelo de nuvem é um novo método de cognição capaz de refletir de maneira flexível e eficaz a imprecisão e aleatoriedade de dados quantitativos e conceitos

qualitativos na avaliação de risco. Ela pode diminuir enormemente a distorção e a perda das informações de risco dos modos de falha. As formas comuns incluem modelos de nuvem normal, triangular, trapezoidal, meia e combinada (WANG et al., 2017).

Considere um conceito qualitativo ψ definido sobre um domínio Φ , suponha que x represente uma instanciação aleatória pertencente ao conceito ψ , e $Q_\psi(x) \in [0,1]$ denota o grau de pertencimento de x no ψ , que corresponde a um valor aleatório seguindo uma tendência constante. A distribuição de x pertencente ao domínio Φ é definida como uma nuvem, e x representa uma gota da nuvem (HUANG; XIAO, 2021).

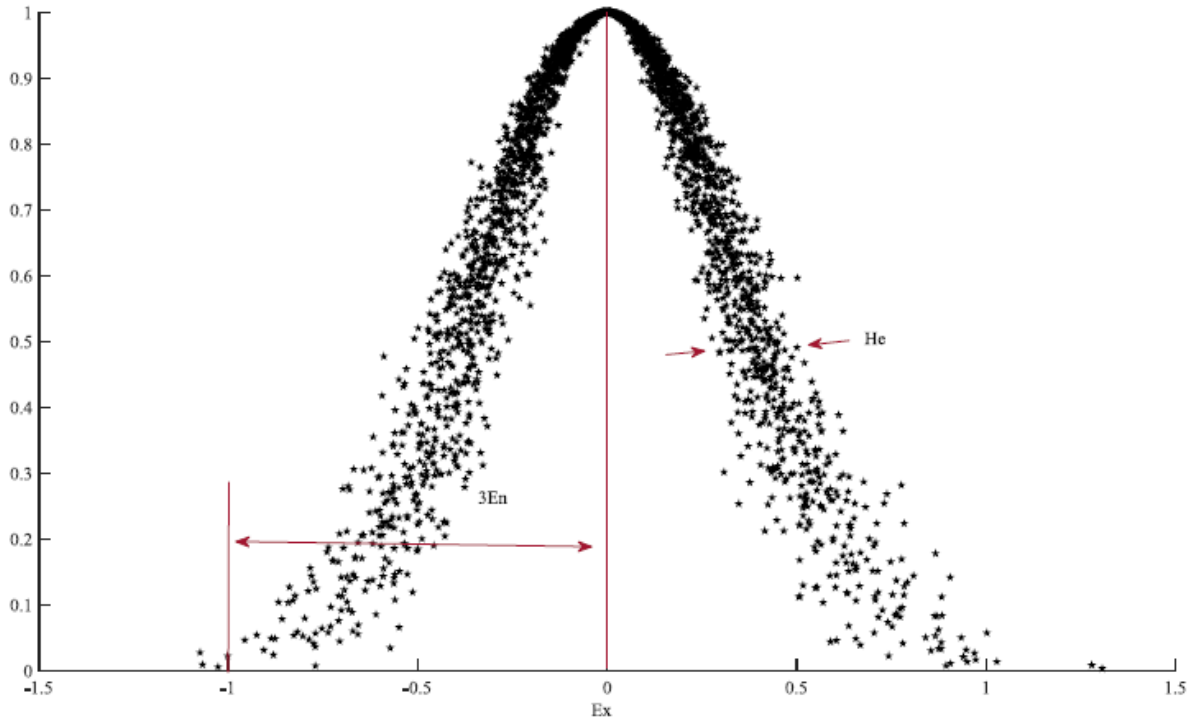
O modelo de nuvem é denotado por três parâmetros numéricos quantitativos que são aplicados para descrever as características de uma nuvem B . Em geral, uma nuvem é representada como $B(Ex, En, He)$. Ex representa o valor matemático do centro das partículas de nuvem no domínio Φ , que reflete a expectativa matemática do conceito qualitativo, e En é a entropia e expressa as incertezas (ou seja, imprecisão e aleatoriedade) de medição dos conceitos qualitativos. E He é a hiper entropia, que descreve o grau de dispersão das partículas de nuvem e a aleatoriedade do grau de pertencimento. Essas três características numéricas descrevem a aleatoriedade e imprecisão do conceito qualitativo (SONG et al., 2017; HUANG; XIAO, 2021).

A nuvem normal é determinada pela distribuição normal e pela função de pertencimento gaussiano, que é a forma de nuvem aplicada com mais frequência. Suponha que ψ seja um conceito qualitativo no domínio Φ . Se $x \in \Phi$ denota uma instanciação aleatória no conceito ψ , satisfazendo $x \sim N(Ex, E_n'^2)$ e $E_n' \sim N(Ex, He^2)$. Então o grau de pertencimento de x em ψ satisfaz a Equação 3.

$$Q_\psi = e^{-\frac{(x-Ex)^2}{2E_n'^2}} \quad (3)$$

Assim, a distribuição de $x \in \Phi$ é chamada de nuvem normal, representada na Figura 12, onde $B = (0, 1/3, 0,05)$. A nuvem $\tilde{B}(\underline{Ex}, \overline{Ex}, En, He)$ representa uma nuvem com valor de intervalo quando sua expectativa correspondente é estendida como um número com valor de intervalo $[\underline{Ex}, \overline{Ex}]$. Especialmente se $\underline{Ex} = \overline{Ex}$, então a nuvem com valor de intervalo é degradada para uma nuvem simples.

Figura 12. Caracteres numéricos de uma nuvem normal



Fonte: Huang e Xiao (2021)

Definição 2: Para duas nuvens com valores de intervalo $\tilde{B}_1(\underline{Ex}_1, \overline{Ex}_1, En_1, He_1)$ e $\tilde{B}_2(\underline{Ex}_2, \overline{Ex}_2, En_2, He_2)$ pertencentes ao discurso U , então as regras operacionais matemáticas básicas deles são apresentadas conforme equações 4, 5, 6 e 7.

$$\tilde{B}_1 + \tilde{B}_2 = \left([\underline{Ex}_1 + \underline{Ex}_2, \overline{Ex}_1 + \overline{Ex}_2], \sqrt{En_1^2 + En_2^2}, \sqrt{He_1^2 + He_2^2} \right) \quad (4)$$

$$\tilde{B}_1 \times \tilde{B}_2 = \left([\underline{Ex}_1 \underline{Ex}_2, \overline{Ex}_1 \overline{Ex}_2], \sqrt{(He_1 Ex_2)^2 + (He_2 Ex_1)^2} \right) \quad (5)$$

$$\varphi \tilde{B}_1 = ([\varphi \underline{Ex}_1, \varphi \overline{Ex}_1], \sqrt{\varphi} En_1, \sqrt{\varphi} He_1) \quad (6)$$

$$\tilde{B}_1^\varphi = ([Ex_1^\varphi, \overline{Ex}_1^\varphi], \sqrt{\varphi} (Ex)^{\varphi-1} En_1, \sqrt{\varphi} (Ex)^{\varphi-1} He_1) \quad (7)$$

Onde, φ representa uma condição constante com $\varphi > 0$; $Ex_1 = \frac{(\underline{Ex}_1 + \overline{Ex}_1)}{2}$; $Ex_2 = \frac{(\underline{Ex}_2 + \overline{Ex}_2)}{2}$.

Definição 3: Com $\tilde{B}_j([\underline{Ex}_j, \overline{Ex}_j], En_j, He_j)$ ($j = 1, 2, \dots, n$) sendo um conjunto de números com valor de intervalo, e $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_j)_n^T$ sendo seu peso correspondente definido, satisfazendo $\omega_j \in [0, 1]$ e $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$. Então o operador de média ponderada de nuvem com

valor de intervalo (*Interval-valued cloud weighted averaging - IVCWA*) é determinado conforme Equação 8.

$$\begin{aligned} IVCWA_{\omega}(\tilde{B}_1, \tilde{B}_2, \dots, \tilde{B}_n) &= \sum_{j=1}^n \tilde{B}_j \omega_j = \sum_{j=1}^n ([\underline{Ex}_j, \overline{Ex}_j], En_j, He_j) \omega_j \\ &= \left(\sum_{j=1}^n [\underline{Ex}_j, \overline{Ex}_j] \omega_j, \sqrt{\sum_{j=1}^n En_j^2 \omega_j}, \sqrt{\sum_{j=1}^n He_j^2 \omega_j} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

Definição 4: Assuma que existam duas nuvens avaliadas em intervalos arbitrários $\tilde{B}_1(\underline{Ex}_1, \overline{Ex}_1, En_1, He_1)$ e $\tilde{B}_2(\underline{Ex}_2, \overline{Ex}_2, En_2, He_2)$. Então, a distância existente entre as duas nuvens é calculada de acordo com a Equação 9.

$$d(\tilde{B}_1, \tilde{B}_2) = \sqrt{\frac{1}{4}(\underline{Ex}_1 - \underline{Ex}_2)^2 + (\overline{Ex}_1 - \overline{Ex}_2)^2 + (En_1 - En_2)^2 + (He_1 - He_2)^2} \quad (9)$$

Onde, $(\tilde{B}_1, \tilde{B}_2)$ indica a distância aritmética entre os dois valores de nuvem com valor de intervalo \tilde{B}_1 e \tilde{B}_2 .

Definição 6: Existem duas nuvens com valores de intervalo quaisquer $\tilde{B}_1(\underline{Ex}_1, \overline{Ex}_1, En_1, He_1)$ e $\tilde{B}_2(\underline{Ex}_2, \overline{Ex}_2, En_2, He_2)$ pertencentes ao discurso U . Transformando-as em intervalos $\mu = [\underline{\mu}, \overline{\mu}]$ e $\nu = [\underline{\nu}, \overline{\nu}]$, os valores de nuvem \tilde{B}_1 e \tilde{B}_2 podem ser comparados pelas seguintes regras (Equações 10, 11, 12, 13).

$$\text{Se } C_{\mu\nu} > 0, \text{ então } \tilde{B}_1 > \tilde{B}_2 \quad (10)$$

$$\text{Se } C_{\mu\nu} = 0, \quad e \quad En_1 < En_2, \quad \text{então } \tilde{B}_1 > \tilde{B}_2 \quad (11)$$

$$\text{Se } C_{\mu\nu} = 0, \quad e \quad En_1 = En_2, \quad e \quad He_1 < He_2, \quad \text{então } \tilde{B}_1 > \tilde{B}_2 \quad (12)$$

$$\text{Se } C_{\mu\nu} = 0, \quad e \quad En_1 = En_2, \quad e \quad He_1 = He_2, \quad \text{então } \tilde{B}_1 = \tilde{B}_2 \quad (13)$$

Onde, $\underline{\mu} = \underline{Ex}_1 - 3 En_1$, $\overline{\mu} = \overline{Ex}_1 - 3 En_1$, $\underline{\nu} = \underline{Ex}_2 - 3 En_2$ e $\overline{\nu} = \overline{Ex}_2 + 3 En_2$; $C_{\mu\nu} = 2(\overline{\mu} - \underline{\nu}) - (\overline{\mu} - \underline{\mu} + \overline{\nu} - \underline{\nu})$.

Definição 5: Para duas nuvens com valores de intervalo quaisquer expressas como $B_y(Ex_y, En_y, He_y)$ e $B_x(Ex_x, En_x, He_x)$, seus valores de nuvem com valor de intervalo correspondente $\tilde{B}(\underline{Ex}, \overline{Ex}, En, He)$ podem ser determinados conforme Equações 14, 15 e 16.

$$\begin{cases} \underline{Ex} = \min(Ex_y, Ex_x) \\ \overline{Ex} = \max(Ex_y, Ex_x) \end{cases} \quad (14)$$

$$En = \sqrt{\frac{(En_y^2 + En_x^2)}{2}} \quad (15)$$

$$He = \sqrt{\frac{(He_y^2 + He_x^2)}{2}} \quad (16)$$

3.3.5 Técnica de suporte a decisão para avaliação de riscos: FMEA baseada em *Fuzzy cloud theory* e TOPSIS

Conforme mencionado anteriormente, para determinar a prioridade de risco dos fornecedores foi utilizada nessa pesquisa a técnica de suporte à decisão proposta por Huang e Xiao (2021), que baseia-se na teoria IVIFS, no modelo de nuvem e no TOPSIS hierárquico para avaliar e classificar os modos de falha na FMEA. Entretanto, algumas adequações foram feitas a fim de atender às especificidades do procedimento de avaliação de riscos relacionados à sustentabilidade de fornecedores na cadeia de suprimentos do aço.

Com essa técnica, tomadores de decisão são responsáveis por avaliar, por meio de variáveis linguísticas, a importância relativa dos elementos “Ocorrência”, “Severidade” e “Detecção”, responsáveis por determinar o número de prioridade de risco (*Risk Priority Number* – RPN). Esse é o indicador gerado para cada modo de falha na técnica FMEA tradicional; e os modos de falhas frente a cada elemento do RPN, a fim de determinar os níveis de risco de cada um. Além disso, são dados pesos de importância aos tomadores de decisão, de acordo com seus anos de experiência e seu cargo na empresa. Dessa forma, a técnica FMEA proposta apresenta quatro etapas principais apresentadas a seguir: identificar modos de falha; construir estrutura hierárquica; avaliação da equipe de decisores; calcular prioridade de risco dos modos de falha.

Identificar modos de falha

A avaliação inicia com a identificação dos modos de falha relacionados à sustentabilidade dos fornecedores, bem como as causas dessas falhas, as consequências, e os processos que são utilizados atualmente para detectá-los.

Para isso, foram analisadas os dados coletados via documentos, considerando alguns requisitos exigidos pelas seguintes instruções normativas: IN Conjunta MAPA-MMA N° 17 de 28 de Maio de 2009 (Extrativismo Sustentável Orgânico); IN N° 18 de 28 de Maio de 2009 (Processamento de Produtos Orgânicos); IN N° 24 de Junho de 2011 (Processamento de Produtos Orgânicos); IN N°46 de 06 de Outubro de 2011 (Produção Vegetal e Animal) (MAPA, 2009, 2014; MAPA; MMA, 2009, 2011). Posteriormente, foi realizada uma reunião com a equipe de decisores - previamente definida na etapa de contexto da decisão - via plataforma de vídeo conferência, com duração de cerca de 1 (uma) hora e 30 (trinta) minutos, para definir as informações referentes aos modos de falha dos fornecedores de açaí orgânico, suas causas, consequências e processos atuais de controle.

Construir estrutura hierárquica

Na segunda etapa, seguindo os princípios do método multicritério TOPSIS, foi construída a estrutura hierárquica de dois níveis com os critérios que serão avaliados para definir os riscos dos modos de falha. Esses critérios correspondem à Ocorrência, Severidade e Detecção dos modos de falha, ou seja, aos elementos do indicador RPN (*risk priority number*) característico da técnica FMEA.

Avaliação da equipe de decisores

A partir dessas definições iniciais, a equipe de decisores envolvida deve avaliar, por meio de variáveis linguísticas, o nível de risco dos modos de falha e a importância dos critérios que fazem parte dos elementos do RPN.

A variável linguística é uma ferramenta eficaz para manipular de forma flexível os casos mal definidos ou complicados, que são difíceis de serem expressos com precisão através de números quantitativos (SAFARI et al., 2016). Os tomadores de decisão geralmente preferem aplicar a variável linguística para expressar seu julgamento em vez de valores rígidos.

Em um processo de avaliação de risco, os tomadores de decisão podem utilizar estas variáveis linguísticas para expressar suas avaliações referentes à importância dada a cada elemento do RPN, e dos níveis de risco dos modos de falha. Nessa pesquisa foram utilizados os seguintes termos linguísticos para avaliar os níveis de risco dos modos de falha e os elementos do RPN: $T = \{t_0 = \text{Extremamente baixo}, t_1 = \text{Muito baixo}, t_2 = \text{Baixo}, t_3 = \text{Médio baixo}, t_4 = \text{Médio}, t_5 = \text{Médio alto}, t_6 = \text{Alto}, t_7 = \text{Muito alto}, t_8 = \text{Extremamente alto}, t_9 = \text{Excepcionalmente alto}\}$.

Além disso, é necessário que o tomador de decisão insira nessa etapa suas informações referentes à experiência e à função na empresa, visto que tais informações são classificadas, em uma escala de 1 a 5, conforme Tabela 1. Essas informações serão utilizadas posteriormente em um dos passos da 4ª etapa de avaliação, onde é calculada a prioridade de risco dos modos de falha.

Tabela 1. As informações de alocação de peso subjetivo para os decisores

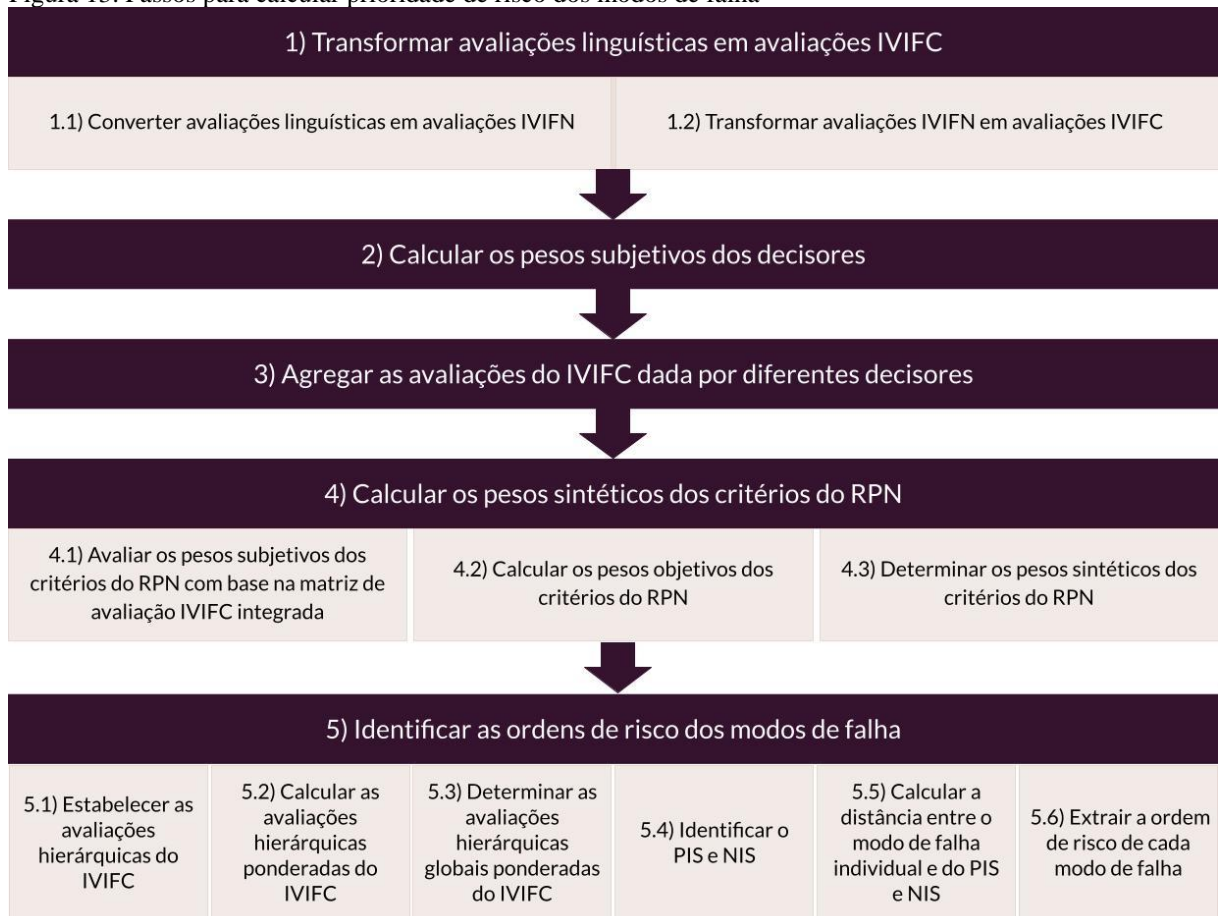
Aspectos	Classes	Pontuações
Experiência	Mais de 20 anos	5
	10-19 anos	4
	5-9 anos	3
	2-5 anos	2
	Menos de 2 anos	1
Função	Diretor	5
	Gerente	4
	Inspetor	3
	Analista	2
	Assistente	1

Fonte: Adaptado de Huang e Xiao (2021)

Calcular prioridade de risco dos modos de falha

Para finalizar a etapa de avaliação de riscos é necessário calcular a prioridade de risco dos modos de falha dos fornecedores. Essa etapa pode ser alcançada por meio de cinco passos, sendo que cada passo é composto por várias ações, conforme Figura 13. Logo abaixo são apresentados os cálculos utilizados em cada passo.

Figura 13. Passos para calcular prioridade de risco dos modos de falha



Fonte: Adaptado de Huang e Xiao (2021)

1) Transformar avaliações linguísticas em avaliações IVIFC (*Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds*)

Após obter a avaliação dos especialistas por meio de variáveis linguísticas, foi necessário transformar essas avaliações linguísticas em avaliações IVIFCs que, conforme mencionado anteriormente, integra IVIFNs em nuvens, a fim de lidar com várias incertezas (isto é, imprecisão, hesitação e aleatoriedade) das informações de avaliação dos tomadores de decisão, para refletir com precisão as informações de risco dos modos de falha. O novo conceito de IVIFCs é composto de duas partes: transformar variáveis linguísticas dadas por especialistas em IVIFNs e integrar as avaliações IVIFNs em nuvens com valor de intervalo. Para alcançar a proposta é necessário:

1.1) Converter avaliações linguísticas em avaliações IVIFN

Definição 6: Se $T = \{t_0, t_1, \dots, t_g\}$ é um conjunto finito de variáveis linguísticas, onde t_g representa um valor potencial de um termo linguístico fornecido por um tomador de decisão e g indica um número inteiro não negativo. Então, $g + 1$ IVIFNs básicos correspondentes são apresentados de acordo com equações 17 e 18.

$$B'_0 = ([\alpha_0, \beta_0], [\tau_0, k_0]), B'_1 = ([\alpha_1, \beta_1], [\tau_1, k_1]) \quad (17)$$

$$B'_2 = ([\alpha_2, \beta_2], [\tau_2, k_2]), B'_g = ([\alpha_g, \beta_g], [\tau_g, k_g]) \quad (18)$$

A partir da Definição 6, apresentada acima, as avaliações linguísticas dos níveis de risco dos modos de falha podem ser transformadas em IVIFN $B'_{ij}{}^k = ([\alpha_{ij}^k, \beta_{ij}^k], [\tau_{ij}^k, k_{ij}^k])$, onde $B'_{ij}{}^k$ representa a forma IVFN de B_{ij}^k ; $\alpha_{ij}^k, \tau_{ij}^k, \beta_{ij}^k$ e k_{ij}^k denota o limite superior e o limite inferior do grau de pertença e não-pertença do B_{ij}^k , respectivamente. Na Tabela 2 são apresentadas as variáveis linguísticas utilizadas na pesquisa e seus respectivos IVIFN, sendo que para avaliação dos modos de falha quanto à ocorrência e à severidade são utilizadas as mesmas variáveis linguísticas, enquanto que para detecção as variáveis são diferentes.

Em seguida, as avaliações de peso IVIFN dos critérios do RPN podem ser determinados como $v'_{ij}{}^k = ([\alpha_{ij}^k, \beta_{ij}^k], [\tau_{ij}^k, k_{ij}^k])$, onde $v'_{ij}{}^k$ representa a forma IVFN de v_{ij}^k ; $\alpha_{ij}^k, \tau_{ij}^k, \beta_{ij}^k$ e k_{ij}^k denota o limite superior e o limite inferior do grau de pertença e não-pertença do B_{ij}^k , respectivamente.

Tabela 2. Variáveis linguísticas e seus IVIFNs correspondentes

Frequência e Severidade		Detecção		IVIFNs
Variáveis linguísticas	Símbolo	Variáveis linguísticas	Símbolo	
Extremamente baixo	EB	Certeza de detecção	CD	([0.10, 0.10], [0.90, 0.90])
Muito baixo	MB	Extremamente alto	EA	([0.15, 0.20], [0.60, 0.75])
Baixo	B	Muito alto	MA	([0.25, 0.35], [0.50, 0.60])
Médio baixo	MEB	Alto	A	([0.35, 0.45], [0.40, 0.55])
Médio	M	Média	M	([0.50, 0.50], [0.50, 0.50])
Médio alto	MEA	Moderadamente baixo	MOB	([0.45, 0.60], [0.15, 0.25])
Alto	A	Baixo	B	([0.60, 0.75], [0.10, 0.20])
Muito alto	MA	Muito baixo	MB	([0.75, 0.85], [0.05, 0.15])
Extremamente alto	EA	Extremamente baixo	EB	([0.90, 0.90], [0.10, 0.10])
Excepcionalmente alto	EXA	Quase impossível	QI	([0.99, 0.99], [0.01, 0.01])

Fonte: Huang e Xiao (2021)

1.2) Transformar avaliações IVIFN em avaliações IVIFC

Definição 7: Que $B'_g = ([\alpha_g, \beta_g], [\tau_g, k_g])$ seja um IVIFN. Então, baseado no conceito dos números valorizados em intervalos de tempo do grau de pertença e não-pertença dado na Definição 1, calcula-se o IVIFC $B_g^L = (Ex_g^L, En_g^L, He_g^L)$ de aproximação inferior correspondente ao B'_g conforme Equações 19, 20 e 21.

$$Ex_g^L = \frac{\xi_g^L + \zeta_g^L}{2} = \frac{\alpha_g + (1 - \tau_g)}{2} \quad (19)$$

$$En_g^L = \frac{\zeta_g^L - \xi_g^L}{6} = \frac{(1 - \tau_g) - \alpha_g}{6} \quad (20)$$

$$He_g^L = \theta_1 \quad (21)$$

Onde, ξ_g^L e ζ_g^L representam o limite inferior e o limite superior do intervalo gerado por α_g e τ_g , respectivamente.

Similarmente, o IVIFC $B_g^U = (Ex_g^U, En_g^U, He_g^U)$ de aproximação superior é dado pelas Equações 22, 23, e 24.

$$Ex_g^U = \frac{\xi_g^U + \zeta_g^U}{2} = \frac{\beta_g + (1 - k_g)}{2} \quad (22)$$

$$En_g^U = \frac{\zeta_g^U - \xi_g^U}{6} = \frac{(1 - k_g) - \beta_g}{6} \quad (23)$$

$$He_g^U = \theta_2 \quad (24)$$

Onde, ξ_g^U e ζ_g^U representam o limite inferior e o limite superior do intervalo gerado por β_g e k_g , respectivamente.

Então, baseado na Definição 7, os dois IVIFCs B_g^L e B_g^U podem ser convertidos em um intervalo IVIFC pela Equação 25.

$$\tilde{B}'_g = ([\underline{Ex}'_g, \overline{Ex}'_g], En'_g, He'_g) \quad (25)$$

$$\text{Onde, } \underline{Ex}'_g = \min\{Ex_g^L, Ex_g^U\}, \overline{Ex}'_g = \max\{Ex_g^L, Ex_g^U\}, En'_g = \sqrt{\frac{((En_g^L)^2 + (En_g^U)^2)}{2}}, He'_g = \sqrt{\frac{((He_g^L)^2 + (He_g^U)^2)}{2}}.$$

O modelo de nuvem pode refletir flexivelmente a aleatoriedade dos julgamentos de avaliação. Por isso, os IVIFNs são manipulados pelo modelo de nuvem para lidar com a confusão, hesitação e aleatoriedade da cognição dos tomadores de decisão. Via Definição 7 e

Equações 19 a 25, as avaliações do IVIFC de cada modo de falha são calculadas conforme Equação 26.

$$\tilde{B}'_{ij} = ([Ex'_{ij}, \overline{Ex'_{ij}}], En'_{ij}, He'_{ij}) \quad (26)$$

Onde \tilde{B}'_{ij} representa a forma IVIFC de B'_{ij}

Então, com base na abordagem matemática de conversão entre IVIFNs e IVIFCs, a avaliação individual de IVIFN dos critérios do RPN pode ser transformada em um valor de avaliação IVIFC, e o resultado é encontrado conforme Equação 27.

$$\tilde{v}'_{ij} = ([Ex'_{ij}, \overline{Ex'_{ij}}], En'_{ij}, He'_{ij}) \quad (27)$$

Onde \tilde{v}'_{ij} representa a forma IVIFC de v'_{ij}

2) Calcular os pesos subjetivos dos decisores

Posteriormente, após transformar as avaliações linguísticas dos tomadores de decisão é necessário definir o peso que cada decisor exerce no processo de avaliação de riscos dos fornecedores. As informações de peso subjetivo dos decisores podem ser consideradas com base em dois aspectos: experiência e função na empresa, apresentados na Tabela 1, e que foram coletadas na “Avaliação da equipe de decisores”.

Com base na experiência e função na empresa de cada decisor da equipe, a importância subjetiva δ_k^s do k th decisor D_k é computado de acordo com a Equação 28.

$$\delta_k^s = \frac{A_k}{\sum_{k=1}^p A_k}, k = 1, 2, \dots, p \quad (28)$$

Onde A_k representa a pontuações de peso subjetivo do decisor D_k

3) Agregar as avaliações do IVIFC dada por diferentes decisores

De acordo com os pesos dos especialistas, a avaliação IVIFC das matrizes fornecidas pelos decisores podem ser agregadas para construir a matriz de avaliação IVIFC integrada. Via Definição 3, o operador do IVCWA é empregado para integrar todas as avaliações referente aos

modos de falha dadas pelos decisores para obter uma matriz de avaliação IVIFC agregada $\tilde{B}' = (\tilde{B}'_{ij})_{m \times n}$, e os resultados são encontrados conforme Equação 29.

$$\begin{aligned} \tilde{B}'_{ij} &= IVCWA_{\delta}(\tilde{B}'^1, \tilde{B}'^2, \dots, \tilde{B}'^P) \\ &= \sum_{k=1}^P \tilde{B}'_{ij}{}^k \delta^k = \sum_{k=1}^P \left(\left[\underline{Ex}'_{ij}{}^k, \overline{Ex}'_{ij}{}^k \right], En'_{ij}{}^k, He'_{ij}{}^k \right) \delta^k \\ &= \sum_{k=1}^P \left(\left[\underline{Ex}'_{ij}{}^k \delta^k, \overline{Ex}'_{ij}{}^k \delta^k \right], \sqrt{\sum_{k=1}^p (En'_{ij}{}^k)^2 \delta^k}, \sum_{k=1}^p (He'_{ij}{}^k)^2 \delta^k \right) \end{aligned} \quad (29)$$

Analogamente, a matriz integrada IVIFC de avaliação de peso $\tilde{V}' = (\tilde{v}'_j)_{p \times n}$ dos critérios do RPN também podem ser determinados de acordo com a Equação 30.

$$\begin{aligned} \tilde{v}'_j &= IVCWA_{\delta}(\tilde{v}'^1, \tilde{v}'^2, \dots, \tilde{v}'^P) \\ &= \sum_{k=1}^P \tilde{v}'_{ij}{}^k \delta^k = \sum_{k=1}^P \left(\left[\underline{Ex}'_{ij}{}^k, \overline{Ex}'_{ij}{}^k \right], En'_{ij}{}^k, He'_{ij}{}^k \right) \delta^k \\ &= \sum_{k=1}^P \left(\left[\underline{Ex}'_{ij}{}^k \delta^k, \overline{Ex}'_{ij}{}^k \delta^k \right], \sqrt{\sum_{k=1}^p (En'_{ij}{}^k)^2 \delta^k}, \sum_{k=1}^p (He'_{ij}{}^k)^2 \delta^k \right) \end{aligned} \quad (30)$$

4) Calcular os pesos sintéticos dos critérios do RPN

Após os tomadores de decisão avaliarem a importância dos critérios que são os elementos do RPN, e essas avaliações linguísticas terem sido transformadas em avaliações IVIFC, é necessário calcular também os pesos sintéticos provenientes dessa avaliação, gerado a partir do cálculo dos pesos subjetivos e objetivos dos critérios do RPN.

4.1) Avaliar os pesos subjetivos dos critérios do RPN com base na matriz de avaliação IVIFC integrada $\tilde{V}' = (\tilde{v}'_j)_{p \times n}$.

Os pesos subjetivos dos critérios do RPN são calculados conforme Equação 31.

$$v_j^s = \frac{(\underline{Ex}'_j + \overline{Ex}'_j)}{(\sum_{j=1}^n \underline{Ex}'_j + \sum_{j=1}^n \overline{Ex}'_j)} \quad (31)$$

Onde v_j^s representa a importância subjetiva do j th elemento do RPN

4.2) Calcular os pesos objetivos dos critérios do RPN

Para determinar a importância objetiva dos critérios é utilizada a noção de variância estatística. Os pesos objetivos dos critérios podem ser determinados conforme Equações 32, 33 e 34.

$$\tilde{v}'_{jmean} = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p \tilde{v}'_j{}^k \left(\left[\frac{1}{p} \sum_{j=1}^n \underline{Ex}'_j{}^k, \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n \overline{Ex}'_j{}^k \right], \right. \quad (32)$$

$$\left. \times \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{j=1}^n (En'_{ij}{}^k)^2}, \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{j=1}^n (He'_{ij}{}^k)^2} \right)$$

$$D_j = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p [d(\tilde{v}'_j{}^k, \tilde{v}'_{jmean})]^2, j = 1, 2, \dots, n \quad (33)$$

$$v_j^o = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^n D_j} \quad (34)$$

Onde, \tilde{v}'_{jmean} indica o valor médio de \tilde{v}'_j . D_j representa a variância estatística da avaliação IVIFC do j th critério R_j do RPN. v_j^o indica o peso objetivo do critério R_j do RPN. $i = 1, 2, \dots, n$

4.3) Determinar os pesos sintéticos dos critérios do RPN

Para encerrar este passo, a partir dos resultados mencionados acima, o peso sintético v_j dos critérios do RPN é calculado por meio da Equação 35.

$$v_j = \frac{v_j^s \times v_j^o}{\sum_{j=1}^n (v_j^s \times v_j^o)} \quad (35)$$

5) Identificar as ordens de risco dos modos de falha

Nesta fase ocorre a integração da computação linguística desenvolvida do IVIFC com o método hierárquico TOPSIS, chamada IVIFC-TOPSIS, a fim de identificar as ordens de risco de todos os modos de falhas sob um ambiente com várias incertezas.

5.1) Estabelecer as avaliações hierárquicas do IVIFC

Todos os critérios do RPN, como mencionado anteriormente, estão divididos em dois níveis para fazer uma representação completa das informações de risco dos modos de falha. Para cumprir com essa etapa é necessário assumir que existem H categorias, e cada categoria tem c_h critérios do RPN, sendo que $v = (v_1, v_2, \dots, v_h)$ é o vetor de importância relativa associado, com a condição de que $v_h \in [0,1]$ e $\sum_{h=1}^H v_h = 1$. Com isso, a matriz hierárquica de avaliação de modos de falha IVIFC é estabelecida de acordo com a Equação 36.

$$\mathbf{G} = \begin{matrix} & & & \mathbf{C}_1 & & \mathbf{C}_2 & & \dots & & \mathbf{C}_H & & & & \\ & & & R_{1c_h} & & R_{2c_h} & & \dots & & R_{Hc_h} & & & & \\ F_1 & \left[\begin{array}{cccccccccccc} R_{11} & R_{11} & \dots & R_{1c_h} & R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2c_h} & \dots & R_{H1} & R_{H1} & \dots & R_{Hc_h} \\ g'_{111} & g'_{112} & \dots & g'_{11c_h} & g'_{121} & g'_{122} & \dots & g'_{12c_h} & \dots & g'_{1H1} & g'_{1H2} & \dots & g'_{1Hc_h} \\ F_2 & g'_{211} & g'_{212} & \dots & g'_{21c_h} & g'_{221} & g'_{222} & \dots & g'_{22c_h} & \dots & g'_{2H1} & g'_{2H2} & \dots & g'_{2Hc_h} \\ \vdots & \dots & \dots & \ddots & \dots & \dots & \ddots & \dots & \ddots & \dots & \dots & \ddots & \dots \\ F_m & g'_{m11} & g'_{m12} & \dots & g'_{m1c_h} & g'_{m21} & g'_{m22} & \dots & g'_{m2c_h} & \dots & g'_{mH1} & g'_{mH2} & \dots & g'_{mHc_h} \end{array} \right] & (36)
 \end{matrix}$$

5.2) Calcular as avaliações hierárquicas ponderadas do IVIFC

Posteriormente, é computada a matriz hierárquica ponderada de avaliação IVIFC \tilde{G} conforme Equação 37.

$$\tilde{g}'_{ihc_h} = g'_{ihc_h} \times v'_{hz} = g'_{ihc_h} (v_h \times v_{hz}) \quad (37)$$

Onde v_z representa os pesos dos z th elemento do RPN sobre a h th categoria, satisfazendo $v_{hz} \in [0,1]$ e $\sum_{z=1}^{c_h} v_{hz} = 1$, $i = 1, 2, \dots, m$; $h = 1, 2, \dots, H$; $z = 1, 2, \dots, c_h$.

Em seguida, a matriz de avaliação IVIFC hierárquica ponderada (\tilde{G}) é apresentada pela Equação 38.

$$\bar{G} = \begin{matrix} & & & C_1 & & C_2 & & \dots & & C_H & & & \\ & & & R_{1C_1} & R_{21} & R_{22} & & \dots & & R_{H1} & R_{H1} & & R_{HC_1} \\ F_1 & \left[\begin{array}{cccccccc} \bar{g}'_{111} & \bar{g}'_{112} & \dots & \bar{g}'_{11h} & \bar{g}'_{121} & \bar{g}'_{122} & \dots & \bar{g}'_{12c_h} & \dots & \bar{g}'_{1H1} & \bar{g}'_{1H2} & \dots & \bar{g}'_{1Hc_h} \\ \bar{g}'_{211} & \bar{g}'_{212} & \dots & \bar{g}'_{21h} & \bar{g}'_{221} & \bar{g}'_{222} & \dots & \bar{g}'_{22c_h} & \dots & \bar{g}'_{2H1} & \bar{g}'_{2H2} & \dots & \bar{g}'_{2Hc_h} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ F_m & \left[\begin{array}{cccccccc} \bar{g}'_{m11} & \bar{g}'_{m12} & \dots & \bar{g}'_{m1h} & \bar{g}'_{m21} & \bar{g}'_{m22} & \dots & \bar{g}'_{m2c_h} & \dots & \bar{g}'_{mH1} & \bar{g}'_{mH2} & \dots & \bar{g}'_{mHc_h} \end{array} \right. \end{matrix} \right. \quad (38)$$

5.3) Determinar as avaliações hierárquicas globais ponderadas do IVIFC

Com base na regra de adição matemática da Definição 2, a matriz de avaliação IVIFC hierárquica geral ponderada (\tilde{G}) é computada agregando os valores dos critérios do RPN sob cada categoria, e o resultado é mostrado pela Equação 39.

$$\tilde{G} = \begin{matrix} & R_1 & R_1 & \dots & R_H \\ F_1 & \left[\begin{array}{cccc} \tilde{g}'_{11} & \tilde{g}'_{12} & \dots & \tilde{g}'_{1H} \\ \tilde{g}'_{21} & \tilde{g}'_{22} & \dots & \tilde{g}'_{2H} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_m & \left[\begin{array}{cccc} \tilde{g}'_{m1} & \tilde{g}'_{m2} & \dots & \tilde{g}'_{mH} \end{array} \right. \end{matrix} \right. \quad (39)$$

Onde $\tilde{g}'_{ih} = \sum_{z=1}^{ch} \tilde{g}'_{ihz}$, $i = 1, 2, \dots, m$; $h = 1, 2, \dots, H$;

5.4) Identificar a solução ideal positiva (*positive ideal solution* - PIS) e a solução ideal negativa (*negative ideal solution* - NIS)

O PIS e NIS dos modos de falha sobre cada elemento do RPN é determinado de acordo com a Equações 40 e 41, respectivamente.

$$\tilde{g}_h'^+ = \begin{cases} \max \tilde{g}'_{ih}, h \in B \\ \min \tilde{g}'_{ih}, h \in C \end{cases} \quad (40)$$

$$\tilde{g}_h'^- = \begin{cases} \min \tilde{g}'_{ih}, h \in B \\ \max \tilde{g}'_{ih}, h \in C \end{cases} \quad (41)$$

Onde $\tilde{g}_h'^+$ é o PIS, e $\tilde{g}_h'^-$ NIS.

Neste estudo, todos os critérios são classificados em dois aspectos: critério do RPN de benefício e critério do RPN de custo. B e C denotam o conjunto de critérios RPN de benefício

e o conjunto de critérios do RPN de custo, respectivamente. Geralmente, quanto maior o valor do critério de benefício, maior o risco do modo de falha correspondente. Quanto menor for o valor do critério de custo, maior será o risco do modo de falha correspondente.

5.5) Calcular a distância entre o modo de falha individual e do PIS e NIS

Por meio da equação 9, as distâncias de cada modo de falha de PIS e NIS são dadas pelas Equações 42 e 43.

$$S_i^+ = \sum_{h=1}^H d(\tilde{g}'_{ih}, \tilde{g}_h'^+) \quad (42)$$

$$S_i^- = \sum_{h=1}^H d(\tilde{g}'_{ih}, \tilde{g}_h'^-) \quad (43)$$

Onde, S_i^+ e S_i^- representam a distância do i -ésimo modo de falha do PIS e NIS, respectivamente.

5.6) Extrair a ordem de risco de cada modo de falha

Para determinar os resultados da ordem de prioridade de risco dos modos de falha individuais, assim como na pesquisa desenvolvida por Huang e Xiao (2021), será utilizado o coeficiente de proximidade proposto por Kuo (2017). O coeficiente (cc_i) de cada modo de falha pode ser calculado de acordo com a Equação 44, e quanto maior o valor do cc_i , maior é o risco do modo de falha. Os resultados da ordem de todos os modos de falha são obtidos com base no cc_i correspondente em ordem decrescente.

$$cc_i = \gamma^- \times \frac{S_i^-}{\sum_{i=1}^m S_i^-} - \gamma^+ \times \frac{S_i^+}{\sum_{i=1}^m S_i^+} \quad (44)$$

Onde, γ^- e γ^+ indicam a importância do S_i^- e S_i^+ , respectivamente. No modelo proposto, eles são representados por $\gamma^- = \gamma^+ = 1$.

3.3.6 Definir estratégias de gerenciamento de riscos dos fornecedores

Após a avaliação dos fornecedores, etapa na qual é atribuída a ordem de prioridade de risco dos modos de falha de fornecimento, inicia-se a etapa de definição das práticas de gerenciamento de risco que devem ser adotadas pela empresa para tratar os riscos dos modos de falha de seus fornecedores. As práticas foram definidas a partir da análise de informações

coletadas na literatura e nos dados coletados nas entrevistas e documentos da empresa, sendo escolhidas as práticas mais factíveis à realidade da empresa estudada.

Ainda nessa etapa, a pesquisa propõe, com o auxílio da equipe de decisores, a elaboração de um plano de ação utilizando a ferramenta 5W2H, a fim de auxiliar a: identificar as metas a serem alcançadas para tratar os riscos dos fornecedores; organizar as ações, recursos e responsáveis por controlar as ações, e; estipular prazos para conclusão das ações.

De acordo com a ferramenta 5W2H (Werkema, 1995), na elaboração de um plano de ação deve-se responder sete questões básicas e assim planejá-las de forma eficiente. As questões básicas, com suas aplicações, podem ser observadas no Quadro 6.

Quadro 6. 5W2H

5W	What	O que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar/ participar da ação?
	Where	Onde?	Onde será executada a ação?
	When	Quando?	Quando será executada?
	Why	Por que?	Por que a ação será executada?
2H	How	Como?	Como será executada a ação?
	How much	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: Werkema (1995)

3.4 Desenvolvimento do artefato

Nesta etapa, a constituição do artefato em si é iniciada. É nesse momento que se constrói o ambiente interno do artefato. A construção do artefato poderá fazer uso de diferentes abordagens, tais como: algoritmos computacionais, representações gráficas, protótipos, maquetes, etc. (MICHALOS; SIMON, 1970; MANSON, 2006).

A partir das etapas operacionalizadas evidenciadas na Figura 11, das informações coletadas e dos respectivos cálculos provenientes da técnica FMEA expostos na etapa de Proposta do artefato, desenvolveu-se o método em planilha Google, a fim de automatizar os resultados finais, que incluem a classificação da prioridade de riscos e as respectivas práticas a serem adotadas para tratamento dos mesmos.

Atualmente, muitas ferramentas profissionais de processamento de informações podem construir o programa de cálculo para reduzir a carga computacional dos métodos FMEA melhorados, tais como Matlab, Python, R e Mathematica. Nas muitas abordagens FMEA melhoradas, o software Matlab é frequentemente aplicado para obter resultados de cálculo. Entretanto, programas como o Matlab são complicados e exigem mão de obra qualificada para operá-los. São poucos os profissionais que possuem conhecimento sobre estas ferramentas

profissionais de processamento de dados, limitando a aplicação de muitos métodos FMEA melhorados em situações práticas (HUANG; XIAO, 2021).

Em contraste, a planilha Google é um software predominante devido à sua visibilidade e facilidade de operação e é amplamente utilizado por gerentes ou engenheiros em muitas empresas. Além disso, diferentemente do MS Excel, o qual necessita de uma licença paga para poder operá-lo, a planilha Google não tem custo. Pelas planilhas Google os gerentes podem obter rapidamente as classificações finais de risco dos modos de falha identificados. Isto não apenas aumenta a eficácia operacional da empresa, mas reduz o custo de implementação da realização da análise de risco e a carga de trabalho da equipe envolvida. Portanto, a técnica FMEA aplicada foi adaptada não apenas para determinar as ordens de risco dos modos de falha, mas também para reduzir a carga de cálculo e o custo de implementação.

3.5 Avaliação do artefato

Após o desenvolvimento do artefato, inicia-se a Avaliação do artefato, etapa na qual é necessário realizar uma série de procedimentos para averiguar o desempenho do artefato no ambiente para o qual foi projetado, em relação às soluções que se propôs alcançar. É importante que nessa etapa os ambientes internos, externos e objetivos sejam claros e explicitados precisamente, e a forma como o artefato pode ser testado e como os resultados serão medidos precisam ser descritos (LACERDA et al., 2013; FREITAS JUNIOR et al., 2017). Com isso, o artefato foi avaliado mediante aplicação na empresa estudada, a agroindústria de açaí.

Para avaliar o artefato desenvolvido foram realizadas três reuniões em momentos diferentes, via plataforma de vídeo conferência, com a equipe de decisores composta pela Gestora e Inspetor de campo, sendo que ambos fazem parte do setor de Certificação. Na Tabela 3 são apresentadas as datas e duração de cada reunião.

Tabela 3. Reuniões com equipe de decisores para avaliação do artefato

Descrição	Data	Duração
1ª Reunião: Apresentação do artefato	30 setembro 2021	1 hora
2ª Reunião: Feedback sobre a ferramenta	8 outubro 2021	1 hora
3ª Reunião: Definição do plano de ação	4 dezembro 2021	1 hora

Antes de encaminhar o artefato para que a equipe de decisores o utilizasse, inserindo a avaliação de risco dos fornecedores, foi realizada uma reunião a fim de apresentar a ferramenta aos usuários e explicar como ela deveria ser utilizada. Posteriormente, depois dos decisores terem avaliado o primeiro fornecedor foi realizada outra reunião, na qual os mesmos deram *feedbacks* de melhoria para o artefato desenvolvido. Por fim, uma outra reunião com os decisores foi realizada para estabelecer um plano de ação para colocar em prática as estratégias de gerenciamento de risco propostas. Os resultados gerados a partir dessa implantação são expostos no Capítulo 4 do presente trabalho.

3.6 Conclusão

A última etapa da pesquisa, a Conclusão, tem como objetivo formalizar as aprendizagens, visto que essas poderão ser úteis para o pesquisador e para toda a comunidade organizacional e acadêmica interessada no problema (Lacerda *et al.*, 2013). Para isso, foi realizada a formalização geral do processo com a síntese dos principais aprendizados em todas as fases do projeto, explicitando os fatores que contribuíram positivamente para o sucesso da pesquisa. Também foi evidenciado nessa etapa a contribuição do trabalho para o tema estudado, assim como as limitações da pesquisa que podem conduzir a trabalhos futuros. As informações geradas nessa etapa foram expostas no Capítulo 5.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo são apresentados os resultados referentes à aplicação do método proposto em uma cadeia de suprimentos do açaí. Partindo das etapas do método de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade, proposto nessa pesquisa, e do procedimento de coleta e análise de dados identificados na Figura 11 do capítulo anterior, a exposição e análise dos resultados inicia com a primeira etapa do método, que é evidenciar o Contexto da decisão. Posteriormente, são apresentados os resultados referentes à etapa de Avaliação e de Tomada de decisão, com a definição das estratégias de gerenciamento dos riscos.

4.1 Contexto da decisão

O contexto da decisão a ser analisado diz respeito ao processo de gerenciamento de riscos relacionados a sustentabilidade advindos de fornecedores na cadeia de suprimentos do açaí, sendo necessário avaliar esses riscos e propor medidas mitigá-los, a fim de se evitar consequências negativas que podem gerar prejuízos financeiros, legais e/ou danos à reputação da empresa focal. Com isso, para dar início ao processo de tomada de decisão nesse contexto foi necessário identificar o produto e os fornecedores a serem analisados, os *stakeholders* da cadeia de suprimentos estudada e a equipe responsável pela tomada de decisão.

A agroindústria, empresa focal da cadeia estudada, instalada na cidade de Castanhal – PA, é especializada no beneficiamento do açaí e de outras frutas tropicais e regionais, bem como na produção verticalizada de sorvetes e *sorbets*, atendendo o mercado regional, nacional e internacional. Ela apresenta em sua cadeia fornecedores de matéria-prima, insumos e embalagens, e por prestadores de serviços, que envolvem os terceirizados responsáveis pela limpeza, segurança e de manutenção de máquinas, por exemplo.

Essa pesquisa foca no estudo da relação entre a agroindústria (empresa compradora) e os fornecedores de açaí orgânico, matéria-prima considerada estratégica para a empresa e utilizada na fabricação das polpas de açaí orgânico.

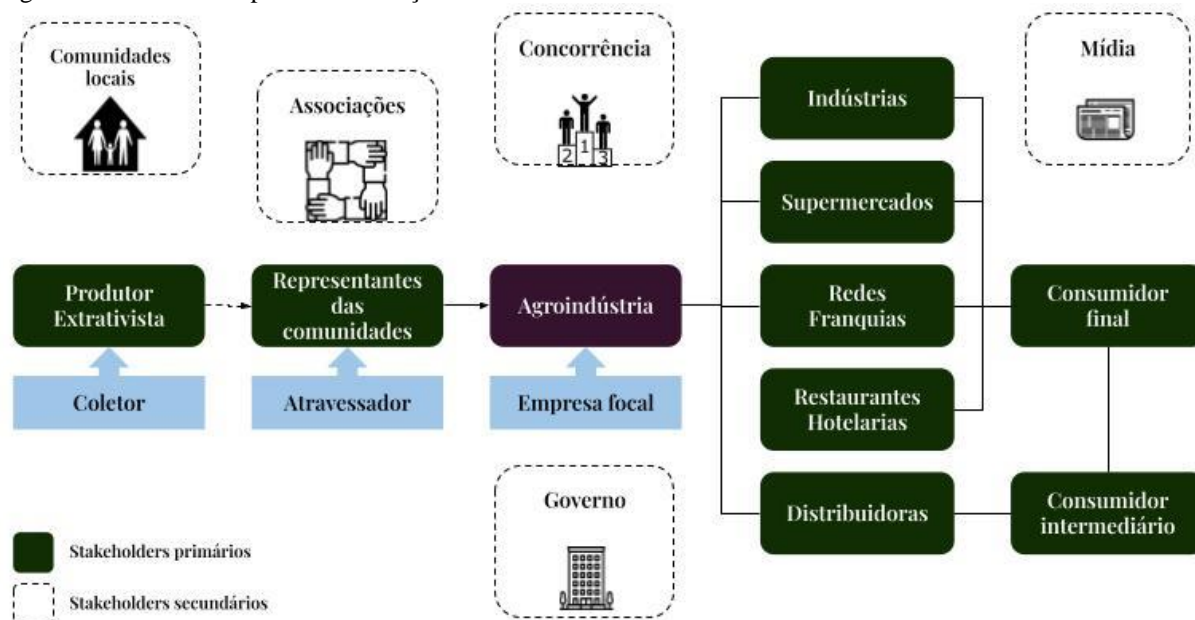
Tais fornecedores são compostos, basicamente, por coletores. Estes são pessoas físicas localizados em diferentes comunidades e que exploram a terra para fins econômicos ou de subsistência, por meio da agricultura, da pecuária, da silvicultura, do extrativismo sustentável, da aquicultura, além de atividades não-agrícolas, e em sua maioria, possuem pouca escolaridade e são residentes de áreas muito afastadas, sem acesso a bancos. Para facilitar o pagamento dos

fornecedores, a prática adotada é de que exista um representante em cada comunidade o qual fará o papel de "atravessador", recebendo o pagamento da empresa focal (é o seu nome que constará na Nota Fiscal de compra) e distribuindo-o aos coletores, recebendo uma comissão por esse serviço. Vale ressaltar que todos os coletores concordam com esta prática.

Nas agroindústrias, os frutos são processados e transformados em produtos derivados. Estes produtos derivados são provenientes de processos simples, como a limpeza e classificação, ou de processos mais complexos, nos quais estão incluídas operações de transformação física, química e biológica até estarem prontos para comercialização. As agroindústrias comercializam para indústrias, distribuidoras, redes de supermercados, franquias, até chegar no consumidor final.

A Figura 14 ilustra as etapas relevantes da cadeia de suprimentos estudada e os *stakeholders* envolvidos, que podem ser primários (aqueles com interferência direta na agroindústria) ou secundários (aqueles que, apesar de serem impactados, influenciados e/ou terem uma relação indireta com a agroindústria, não são determinantes para que a organização consiga alcançar as metas e os objetivos planejados).

Figura 14. Cadeia de suprimentos do açaí



Dessa forma, motivada pelas pressões de *stakeholders*, como clientes nacionais e internacionais, governo (regulamentações, do âmbito municipal ao nacional e internacional), e empresas concorrentes, a agroindústria adotou práticas socioambientais apoiadas nos processos de certificação orgânica e de qualidade dos seus produtos e processos.

Estas pressões e incentivos para a adoção de práticas de sustentabilidade afetaram o relacionamento com seus fornecedores de matéria-prima, que antes ocorria de forma informal, passando para uma relação mais formal, com o estabelecimento de contratos, a fim de conduzir o cumprimento de requisitos sociais e ambientais impostos por seus *stakeholders*, principalmente os clientes internacionais e regulamentações dos governos de países importadores.

Esse relacionamento formal da empresa focal com os fornecedores de matéria-prima iniciou por meio das certificações orgânicas de órgãos certificadores: Orgânicos do Brasil; *United States Department of Agriculture (USDA) Organic*; *European Commission (BR-BIO-154 Brazil Agriculture)*, e; *Non Genetically Modified Organism (GMO) Project*. Isso mostra a preocupação da mesma em atender às pressões dos *stakeholders* de forma a melhorar sua reputação no mercado, além de tornar o uso sustentável da biodiversidade uma de suas preocupações.

Para cumprir com os requisitos normativos da certificação orgânica, a agroindústria estabeleceu procedimentos operacionais padronizados que garantem as condições de colheita, transporte, produção e armazenamento adequado aos frutos e produtos orgânicos. Esses procedimentos também são aplicados aos setores de Certificação, Compra, Qualidade, Produção, Armazenamento e Expedição.

A equipe que faz parte do setor de Certificação é responsável por prospectar áreas, treinar coletores e realizar inspeções nas áreas de cultivo; assim como passar informações ao setor de compras referente aos coletores orgânicos e a quantidade de latas (1 lata tem 15kg de açaí) certificadas disponíveis para cada coletor. Portanto, a equipe de certificação será responsável pela tomada de decisão para avaliação do artefato desenvolvido nessa pesquisa.

A equipe do setor de Certificações é composta por uma gestora de certificações e um inspetor de campo. O inspetor é responsável pela visita, anunciada ou não, aos coletores, com o objetivo de inspecionar os processos dos fornecedores já contratados e de recrutar e selecionar novos coletores/produtores. Além disso, é responsável pela coleta de dados e preenchimento dos documentos obrigatórios e mapeamento das áreas a serem coletadas. É papel do inspetor verificar se há ou não conformidade com o processo orgânico e, caso haja a não conformidade, deve desenvolver plano de ação junto ao coletor.

Durante a prospecção dos coletores são utilizados os seguintes documentos: Termo de Compromisso e Declaração do não uso de substâncias proibidas, e Contrato de Fornecimento de Fruto de Orgânico. Além disso, são solicitados os dados do coletor e demarcados os pontos geográficos da área a ser coletada, para posterior emissão do mapa da propriedade. A inspeção

é realizada, no mínimo, uma vez ao ano, sendo avaliada a necessidade de inspeção adicional de acordo com as não conformidades encontradas. Para avaliação da inspeção, o registro utilizado é o Formulário de Inspeção, que é um *checklist* utilizado pelo inspetor de campo durante a inspeção, e que serve para conferir as conformidades ou não dos fornecedores frente aos requisitos normativos da certificação orgânica.

Após a prospecção e homologação dos fornecedores, inicia-se o processo de produção interno, na qual é responsabilidade da gestora do setor de Certificação realizar o envio da lista de coletores orgânicos para o setor de compras. O setor de compras deve se ater a esta lista e as quantidades de latas certificadas permitidas a cada coletor. A gestora do setor de Certificação envia diariamente o Balanço de Fluxo para a área comercial e de compras, dando ciência da quantidade de latas restantes para o fechamento de pedidos e solicitações de compra. A compra do fruto do coletor orgânico é evidenciada através de Nota Fiscal, emitida em nome do representante da comunidade, que é a entidade intermediária conhecida como “atravessador”.

É responsabilidade da gestora do setor de Certificação também passar a lista de fornecedores e insumos orgânicos para o Planejamento e Controle da Produção, para o planejamento correto, de acordo com as quantidades de fruto e insumos presentes na fábrica. Quando o fruto chega na fábrica, o colaborador responsável pela recepção do fruto irá verificar o nome do fornecedor do açaí na lista de coletores orgânicos, disponível no suporte de documentos da área. A partir disto, irá preencher o registro de recebimento do fruto, onde serão avaliadas as características organolépticas e sujidades. Uma vez aprovado, o fruto é descarregado em basquetas, separado e identificado com placas sinalizando que o fornecedor é orgânico, além do nome do fornecedor, data e horário de chegada do caminhão. A partir disto, o fruto passa para a etapa de lavagem, dando início à produção.

Como processamento do produto orgânico e do produto convencional ocorrem na mesma linha de produção, para que não haja contaminação cruzada entre produtos, antes do processamento do açaí orgânico, ocorre uma limpeza automatizada e geral da linha, incluindo os equipamentos, tubos, tanques e filtros. Tal procedimento é denominado *Clean In Place* (CIP). Uma vez processado, o produto é envasado e enviado aos túneis de congelamento identificados com placas de sinalização, indicando que o produto é orgânico. Depois de congelado, o produto é direcionado para a câmara de armazenamento. Uma vez na câmara, o produto é encaminhado para o espaço destinado a produtos orgânicos na estrutura *drive in*, controlada pelo relatório “Controle *Drive In*”, que registra os dados de entrada e saída da câmara. Na expedição, o responsável solicita ao operador da câmara a retirada do produto, que é então direcionado ao carregamento. Antes do caminhão ser carregado, é realizada a inspeção

de embarque, na qual são verificadas as condições de higiene, segurança e temperatura dentro do caminhão que transportará o produto. Essa responsabilidade é da equipe de Qualidade. Depois do embarque, o responsável pela expedição continua o preenchimento da inspeção de embarque, adicionando as informações de lotes, quantidades e número da Nota Fiscal.

Quanto ao rastreamento do produto, a partir da Nota Fiscal de venda é possível encontrar o(s) lote(s) e a inspeção de embarque. Tendo-se o lote é possível chegar no diário de produção, que contém as informações do fornecedor, quantidade de latas utilizadas, quantidade em quilos, insumos utilizados, quantidade produzida e horário de início e fim da produção. A partir daí, chega-se aos relatórios de recebimento e pesagem do fruto, além da nota fiscal de compra do fruto. O monitoramento das atividades é feito a partir dos registros dos procedimentos acima descritos e por meio de auditorias externas, executadas pela certificadora.

A agroindústria exige que todos os fornecedores homologados de matéria-prima orgânica, que hoje totalizam 19 representantes e 158 coletores, sejam avaliados pela equipe de certificação em relação a aspectos de qualidade, técnicos, operacionais e ambientais, anualmente. Além disso, a empresa busca atuar no compartilhamento de conhecimento com seus fornecedores, por meio de treinamentos. Entretanto, a agroindústria não apresenta um procedimento de avaliação de riscos inerentes ao processo de gerenciamento desses fornecedores, não conseguindo manter uma postura preventiva frente as consequências geradas pelas não-conformidades de seus fornecedores.

Então, para cumprir com a etapa do método proposto de definição do 'Contexto da decisão', o produto a ser analisado foi identificado, que é o fruto do açaí orgânico, bem como os *stakeholders* envolvidos na cadeia que envolvem os fornecedores dessa matéria-prima. A equipe responsável pela tomada de decisão também foi definida, e é constituída pelo inspetor de campo e pela gerente de Certificação. Para avaliação do artefato foram escolhidos três coletores de fruto orgânico mais antigos, nomeados de F1, F2 e F3, que vendem para a empresa desde 2018, e são os mais representativos com relação à quantidade fornecida. Feita as definições necessárias para essa etapa, deve ser iniciado o processo de avaliação dos riscos. No tópico a seguir, são apresentados os resultados referentes a essa etapa.

4.2 Avaliação de riscos dos fornecedores

Conforme mencionado no Capítulo 3, para realizar a avaliação dos riscos foi utilizada uma técnica híbrida de suporte à decisão. A técnica é baseada na teoria IVIFS (*Interval-valued intuitionistic fuzzy numbers*), no modelo de nuvem e no método hierárquico TOPSIS, para avaliar e classificar os modos de falha na FMEA. Nos tópicos a seguir, são descritos os resultados encontrados em cada etapa de avaliação de riscos dos fornecedores.

4.2.1 Identificação dos modos de falha de fornecimento

O primeiro passo da avaliação diz respeito à identificação dos modos de falha relacionados à sustentabilidade dos fornecedores, bem como as causas e consequências de cada um deles. Além disso, também foi identificado o processo para conter as falhas utilizado atualmente pela empresa estudada (Quadro 7). Essa análise se faz necessária para que os tomadores de decisão tenham visão clara sobre os elementos do RPN, que diz respeito a **ocorrência** das causas, **severidade** das consequências geradas e capacidade de **detecção** de cada modo de falha a partir dos processos já utilizados pela empresa focal.

Tendo em vista a importância de se cultivar o açaí com outras plantas, as normas de produção orgânica exigem que o cultivo seja realizado em Sistemas Agroflorestais (SAFs) - sistemas produtivos que combinam culturas agrícolas com árvores florestais e frutíferas na mesma área – devido aos benefícios sociais e ambientais gerados, como: a possibilidade de um fluxo econômico contínuo da pequena propriedade, com safras de diferentes espécies se intercalando e reduzindo os efeitos das flutuações do preço do fruto do açaí e das entressafras (HOMMA, 2012). Por esse motivo, a não utilização do cultivo em SAFs pode ser uma das causas do modo de falha de fornecimento MFF1.

Outra causa do MFF1 diz respeito à prática de desmatamento para manejar as áreas de plantação de açaí, que pode ocorrer sem queima, porém com impactos ambientais que podem comprometer a diversidade da flora e da fauna desse ecossistema e ameaçar, inclusive, a própria produção do açaí. Além disso, em muitos locais dessas áreas manejadas, por exemplo, ocorre a construção de canais para facilitar a drenagem da água inundada pelas marés e o aumento da movimentação de barcos para o transporte de frutos, provocando erosão nas margens e impactos na biodiversidade.

Quadro 7. Modos de falha dos fornecedores

(continua)

Dimensão	Modos de falha de fornecimento (MFF)	Ocorrência	Severidade	Detecção	
		Causa	Consequência	Processo de controle	
Ambiental	MFF 1 - Utilização de técnicas de manejo visando o aumento da produtividade	Remover outras espécies Não utilizar leguminosas junto ao plantio do açaí (SAFs) Desmatamento excessivo por meio do manejo extrativista Construção de pequenos canais para facilitar o acesso na colheita e para o transporte da produção Não respeitar o período de maturação dos frutos na coleta	Perda de terras aráveis e da biodiversidade Perda de polinizadores e dispersores de semente Erosão e assoreamento dos rios Erosão genética	Danos à reputação Danos legais Prejuízos financeiros	Inspeções anuais
	MFF 2 - Uso de substâncias proibidas	Utilizar substâncias e produtos não autorizadas para uso como fertilizantes e corretivos em sistemas orgânicos de produção	Danos à reputação Danos legais Prejuízos financeiros		Inspeções anuais
	MFF 3 - Falha no manejo dos resíduos e efluentes das propriedades extrativistas	Não realizar manejo adequado dos resíduos sólidos e esgoto	Danos à reputação Danos legais Prejuízos financeiros		Inspeções anuais
Econômica	MFF 4 - Falha no sistema de controle/rastreabilidade	Não apresentar mapa e croqui da área das propriedades Não apresentar registros referentes à comercialização de produtos orgânicos Não possuir contrato de comercialização entre coletor e empresa Não apresentar registro de treinamento aos coletores Não apresentar cadastro individual de cada fornecedor Não apresentar termo de compromisso com os conceitos de produção orgânica assinado pelos coletores	Perda da visibilidade da cadeia	Danos à reputação Danos legais Prejuízos financeiros	Inspeções anuais

Quadro 7. Modos de falha dos fornecedores

(conclusão)

Dimensão	Modos de falha de fornecimento (MFF)	Ocorrência	Severidade	Detecção	
		Causa	Consequência	Processo de controle	
		Não possuir Sistema de Controle Interno Não realizar inspeção de controle interno pelo menos uma vez ao ano Não possuir equipe técnica Não treinar equipe técnica			
	MFF 5 - Falha no cumprimento das exigências de entrega	Sazonalidade Comunicação ineficaz Roubo de carga	Não entregar produto ao cliente Entrega atrasada ao cliente Multas por atraso ao cliente	Danos à reputação Danos legais Prejuízos financeiros	Comunicação por e-mail e telefone Monitoramento dos horários de chegada no setor de logística.
	MFF 6 - Falha em conter a proliferação de micro-organismos e insetos	Contato direto do fruto com o solo no processo de colheita Não utilizar condições adequadas de transporte Não utilizar embalagens adequadas para acomodar o fruto Não possuir área de armazenamento provisório limpo, adequado e seguro Não realizar inspeções em embarcações e veículos de transporte do fruto Acesso livre para animais na casa do coletor	Danos à reputação Danos legais Prejuízos financeiros	Inspeções anuais Lavagem dos frutos Pasteurização da polpa	
Social	MFF 7 - Não assegurar a saúde e segurança do trabalhador	Não utilizar equipamentos de segurança no momento da colheita Inadequação sanitária do ambiente de trabalho	Danos à reputação Danos legais Prejuízos financeiros	Inspeções anuais	
	MFF 8 - Não prover condições adequadas de trabalho	Tempo de trabalho excessivo Salários injustos Trabalho infantil/ forçado/análogo ao escravo	Danos à reputação Danos legais Prejuízos financeiros	Inspeções anuais	

Nota: SAFs: (Sistemas Agroflorestais); MFF: Modo de falha de fornecimento

O MFF2 diz respeito ao uso de substâncias proibidas em sistemas orgânicos de produção. Nesse modo de falha, deve-se verificar se os fornecedores estão utilizando as substâncias e produtos autorizados segundo a “Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011” (MAPA, 2014). É importante também que a empresa compradora se certifique de que o produtor extrativista está manejando adequadamente seus resíduos sólidos e esgoto (MMF3), para não contaminar o meio ambiente, principalmente a área de produção do açaí orgânico.

De forma geral, o cultivo de açaí em áreas de terra firme precisa superar o desafio da monocultura, dando-se prioridade para os cultivos consorciados e buscando técnicas de manejo mais agroecológicas e menos dependentes de pesticidas e inseticidas. Atualmente, o único processo utilizado pela agroindústria para conseguir detectar as potenciais causas de falha dos fornecedores quanto aos aspectos ambientais da produção de açaí orgânico é por meio das inspeções anuais realizada pelo inspetor de campo.

Quanto à falha relacionada ao sistema de controle e rastreabilidade (MFF4), especialistas acreditam que a produção de açaí tem sido subestimada, devido aos custos e dificuldades para o seu controle e rastreabilidade (CONAB, 2013). Isso ocorre porque grande parte da produção é feita em áreas nativas, além da grande dispersão geográfica de produtores e/ou coletores no estuário amazônico e a presença de um grande número de comerciantes informais na cadeia da polpa. Além disso, poucos extrativistas tem o hábito de registrar a sua produção. Também há casos em que a produção é simplesmente trocada com atravessadores, vendida ou consumida nos locais. Por esse motivo, é necessário que os fornecedores atendam aos aspectos identificados como potenciais causas dessa falha, por exemplo: apresentar um croqui de localização da propriedade extrativista - mapa simples que pode ser feito de próprio punho, sem formalização de escala ou coordenadas geográficas, que demonstre de forma clara o caminho até a unidade de produção (MAPA; MMA, 2009); bem como possuir um sistema de controle interno e equipe técnica para treinamento dos coletores.

Algumas causas podem levar a ocorrência da falha referente ao não cumprimento das exigências de entrega por parte do fornecedor (MFF5). A oferta sazonal do fruto do açaí é uma delas e traz uma descontinuidade na cadeia. Essa questão é mais visível durante a entressafra, quando há a redução da oferta e o aumento do preço (IPAM, 2018). Uma comunicação ineficaz entre as partes também pode levar ao MFF5, não sendo possível entregar o produto final aos clientes da agroindústria no prazo acordado, podendo gerar multas por conta do atraso. O mesmo pode acontecer caso a carga contendo a matéria-prima extraída pelos produtores extrativistas seja furtada. Além disso, a perecibilidade do fruto pode ser outro fator complicador, visto que a coleta deve ser feita de preferência um dia antes do processamento

para evitar oxidação da polpa. Atualmente, a agroindústria utiliza comunicação por e-mail e telefone com seus fornecedores para detectar a incapacidade de fornecimento, e monitora os horários de chegada das cargas no setor de logística para detectar a falha no cumprimento da entrega.

Outro aspecto muito importante diz respeito à falha do fornecedor em conter a proliferação de micro-organismos e insetos (MFF6), que pode ser causada por diversos fatores, desde condições inadequadas de transporte até não possuir área adequada para armazenamento dos frutos. É necessário evitar a presença de insetos junto aos frutos, pois alguns transmitem doenças ao ser humano. O barbeiro, por exemplo, é o inseto transmissor do protozoário causador da doença de Chagas. Durante a extração da polpa do açaí, se algum barbeiro contaminado com o protozoário for triturado juntamente com a polpa poderá contaminar o açaí e transmitir a doença de Chagas para os consumidores.

Com isso, é necessário que a agroindústria se certifique de que seus fornecedores estão seguindo boas práticas de produção, como: realizar o transporte dos frutos até o local de processamento em caixas plásticas, isso evita atrito entre os frutos, proporciona aeração e segurança para garantir a qualidade da polpa; proteger os frutos do sol com armazenamento em local fresco, limpo e arejado; utilizar local de armazenamento exclusivo para guardar o fruto do açaizeiro, evitando manter animais, outros tipos de alimentos, combustíveis, óleos lubrificantes, materiais de limpeza e agrotóxicos juntos; evitar o contato direto do fruto com o solo durante a colheita, colocando-os sob uma lona plástica limpa ou algo semelhante (Oliveira *et al.*, 2002; Ramos *et al.*, 2019).

Para lidar com essa possível falha do agricultor e garantir que não ocorra a contaminação da polpa do fruto, a agroindústria, além das inspeções anuais nas propriedades dos produtores extrativistas, incorpora em seu processo produtivo as etapas de: lavagem dos frutos, para a remoção de sujidades mais grosseiras, uma vez que esses frutos vêm aderidos de terras e outros materiais, e; pasteurização, onde a polpa do açaí é aquecida durante alguns segundos a temperaturas entre 80°C e 90°C, e depois é imediatamente resfriada. Esse processo é capaz de eliminar o protozoário *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de chagas, por exemplo (CARVALHO *et al.*, 2018).

Com relação aos aspectos sociais, não assegurar a saúde e segurança do trabalhador (MFF7) e não prover condições adequadas de trabalho (MFF8) são falhas que os fornecedores podem apresentar. Vale ressaltar que tais modos de falhas não são verificados formalmente, ou seja, não estão presentes no *check list* aplicado durante as inspeções realizadas atualmente pela empresa. Dessa forma, é necessário que a agroindústria passe a se certificar que os coletores do

fruto estejam utilizando equipamentos adequados no momento da colheita para garantir sua segurança, que haja condições sanitárias adequadas na propriedade, que os salários sejam justos sem horas excessivas de trabalho, e que não haja trabalho forçado ou infantil na propriedade.

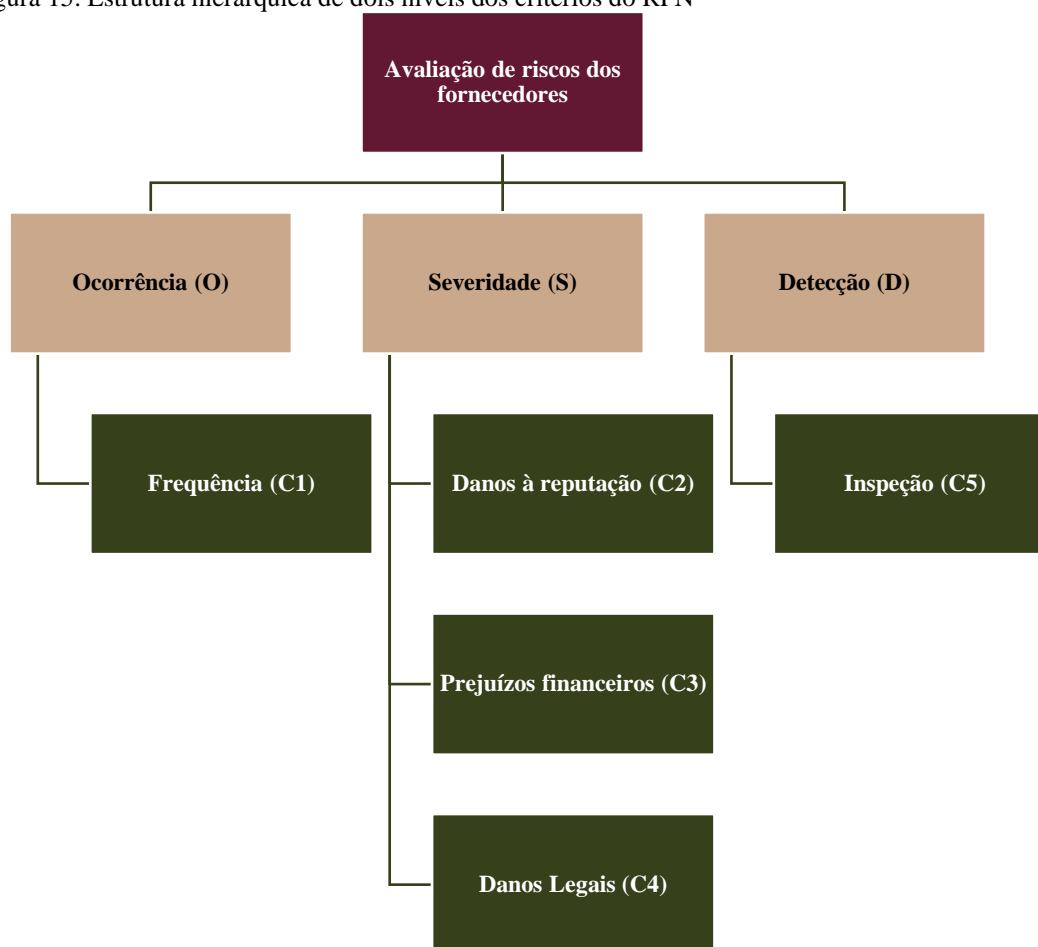
Quanto aos equipamentos adequados para coletar os frutos, é importante mencionar que no norte do Brasil a coleta é feita normalmente por jovens com peso menor que 60 quilos, que escalam o caule da palmeira para coletar o cacho do açaí. Portanto, para oferecer uma segurança maior aos trabalhadores, recomenda-se que seja utilizada uma escada para alcançar os cachos com frutos na palmeira, e um cinto de segurança com bainha para evitar quedas e para guardar o facão enquanto sobe no açazeiro. Outro ponto importante é que o coletor deve proteger pés e mãos, a fim de evitar que essas extremidades do coletor sejam maltratadas. Assim, o ato de coletar fica mais seguro, a possibilidade de acidentes de trabalho é reduzida, e elimina-se a necessidade de mão de obra infantil para escalada da palmeira (Ramos et al., 2019).

De forma geral, todas as falhas identificadas são capazes de causar: danos à reputação da agroindústria (Christopher et al., 2011); prejuízos financeiros, incluindo redução da liquidez, diminuição dos lucros e aumento dos custos (Hofmann et al., 2014); e consequências relacionadas a ações legais e sanções impostas pelo governo no caso de não cumprimento de leis e regulamentos sustentáveis (Shankar et al., 2018).

4.2.2 Construção da estrutura hierárquica

Por meio do método TOPSIS foi desenvolvida uma estrutura hierárquica de avaliação de risco em dois níveis, composta de três critérios principais correspondentes aos elementos do RPN (isto é, Ocorrência, Severidade e Detecção), e cinco subcritérios, que são: Frequência (C1); Danos à reputação (C2); Prejuízos financeiros (C3); Danos legais (C4); Inspeção (C5) (Figura 15). Com isso, após definição da estrutura hierárquica, o método avança para a próxima etapa, na qual os decisores avaliam a importância dos critérios e os níveis de risco dos modos de falha dos fornecedores.

Figura 15. Estrutura hierárquica de dois níveis dos critérios do RPN



4.2.3 Avaliação da equipe de decisores

A partir da definição dos modos de falha e dos critérios de avaliação de riscos, foi solicitado à equipe responsável pela tomada de decisão que atribuíssem julgamentos por meio dos termos linguísticos apresentados na Tabela 2, para expressar sua avaliação acerca da importância dos subcritérios, e dos níveis de risco dos modos de falha dos fornecedores.

Posteriormente, foram levantadas as informações da equipe de decisores referentes aos anos de experiência que atuam no mercado do açaí, e a função desempenhada na empresa. Dependendo da função e dos anos de experiência, são atribuídos pesos aos decisores, conforme Tabela 1. Essas informações foram utilizadas posteriormente para calcular a prioridade de risco dos modos de falha. A Tabela 4 apresenta as informações referentes à equipe de decisores da empresa estudada.

Tabela 4. Características da equipe de decisores

	Função	Anos de experiência
D1	Inspetor	5-9 anos
D2	Gerente	5-9 anos

As avaliações linguísticas fornecidas pelos membros da equipe de decisores referentes à importância dos subcritérios do RPN são dadas pela Tabela 5. Na Tabela 6 estão as avaliações linguísticas referentes aos níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F1.

4.2.4 Calcular prioridade de risco dos modos de falha

A partir das avaliações linguísticas dos decisores coletadas na etapa anterior, foi possível definir a prioridade de risco dos modos de falha dos fornecedores da cadeia de suprimentos estudada. Para isso, foram utilizados os cálculos apresentados nos cinco passos principais (Figura 13) para obter a prioridade de risco dos modos de falha dos fornecedores. A seguir são apresentados os resultados provenientes de cada passo dessa etapa.

1) Transformar avaliações linguísticas em avaliações IVIFC (*Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds*)

Por meio da Definição 6 e da Tabela 2, as avaliações linguísticas qualitativas foram transformadas em avaliações quantitativas correspondentes, ou seja, IVIFNs. Assim como na pesquisa de Huang e Xiao (2021), os valores $He_g^L = \theta_1$ e $He_g^L = \theta_2$ foram definidos como $\theta_1 = \theta_2 = 0,003$. Então, seguindo a Definição 7 e as Equações 19 - 25, as avaliações IVIFN foram posteriormente convertidas em avaliações IVIFC correspondentes. A Tabela 7 mostra a importância da avaliação dos critérios do RPN dada pelos decisores. A Tabela 8 apresenta as avaliações do IVIFC dos modos de falha do fornecedor F1 fornecidas pelo primeiro decisor.

Tabela 5. Avaliação linguística dos decisores para a importância dos subcritérios

Decisores	Ocorrência				Severidade				Detecção	
	C1		C2		C3		C4		C5	
D1	MA		B		B		B		MEA	
D2	EA		M		M		M		A	

Tabela 6. Avaliação linguística dos decisores para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F1

MFF	Ocorrência				Severidade								Detecção	
	C1		C2		C3				C4				C5	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MFF 1	MB	M	A	A	B	A	A	A	A	B	MB	B	MB	
MFF 2	MB	B	MEA	MA	MEA	M	A	MA	A	MA	B	MB	MB	
MFF 3	MB	MEB	MEA	MEB	MEA	MB	A	MB	A	MB	B	MB	MB	
MFF 4	MB	M	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	M	M	
MFF 5	MB	M	M	B	A	MEA	B	MB	B	MB	MA	A	A	
MFF 6	B	MB	B	EB	B	EB	B	EB	B	EB	CD	CD	CD	
MFF 7	M	MA	MEA	MA	MEA	M	A	MA	A	MA	B	EB	EB	
MFF 8	A	MA	MEA	MA	MEA	M	A	MA	A	MA	B	EB	EB	

Tabela 7. Os valores de avaliação do IVIFC para a importância dos subcritérios

Decisores	Ocorrência				Severidade												Detecção			
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
D1	0,850	0,850	0,024	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,650	0,675	0,050	0,003
D2	0,900	0,900	0,000	0,003	0,500	0,500	0,000	0,003	0,500	0,500	0,000	0,003	0,500	0,500	0,000	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003

Tabela 8. Os valores da avaliação do IVIFC fornecidos pelo primeiro decisor (D1) para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F1

MFF	Ocorrência				Severidade												Detecção			
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,275	0,225	0,030	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003
MFF 2	0,275	0,225	0,030	0,003	0,650	0,675	0,050	0,003	0,650	0,675	0,048	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003
MFF 3	0,275	0,225	0,030	0,003	0,650	0,675	0,050	0,003	0,650	0,675	0,048	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003
MFF 4	0,275	0,225	0,030	0,003	0,275	0,225	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,750	0,375	0,030	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003
MFF 5	0,275	0,225	0,030	0,003	0,500	0,500	0,000	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003
MFF 6	0,375	0,375	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,100	0,375	0,030	0,003	0,100	0,100	0,000	0,003
MFF 7	0,500	0,500	0,000	0,003	0,650	0,675	0,050	0,003	0,650	0,675	0,048	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003
MFF 8	0,750	0,775	0,036	0,003	0,650	0,675	0,050	0,003	0,650	0,675	0,048	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003

2) Calcular os pesos subjetivos dos decisores

Após a etapa de transformação das avaliações linguísticas foi realizado o cálculo dos pesos subjetivos dos decisores. Nessa pesquisa, como informado anteriormente, foram coletadas informações de dois decisores, o inspetor de campo (D1) e a gestora de certificação (D2). Então, com base na experiência e função exercida dentro da empresa, calculou-se os pesos subjetivos dos decisores a partir da Equação 28. Os resultados são apresentados na Tabela 9.

3) Agregar as avaliações do IVIFC dada por diferentes decisores

A partir da obtenção das avaliações transformadas e dos pesos dos decisores foi possível encontrar a matriz de avaliação IVIFC integrada. Com isso, os valores de avaliação IVIFC fornecidos pelos decisores, que dizem respeito ao nível de risco dos modos de falha de fornecimento e à importância dos critérios que fazem parte dos critérios do RPN, foram agregados em avaliações IVIFC de grupo utilizando as Equações 29 e 30. Na Tabela 10 estão presentes os resultados referentes a importância integrada do IVIFC dos critérios do RPN. A Tabela 11 mostra as avaliações integradas do IVIFC dos modos de falha.

4) Calcular os pesos sintéticos dos critérios do RPN

O próximo passo para atingir a prioridade de risco dos modos de falha é calcular os pesos sintéticos dos critérios do RPN avaliados anteriormente pelos decisores. Para isso, via Equação 31, foram encontrados os pesos subjetivos, enquanto lançou-se mão das Equações 32, 33 e 34 para encontrar os pesos objetivos. A partir da Equação 35 foi possível calcular os pesos sintéticos dos cinco critérios do RPN. Os resultados referentes aos pesos encontram-se na Tabela 12.

Tabela 9. Peso subjetivo dos decisores

Decisor	Experiência	Função	Peso subjetivo (δ_k^s)
D1		3	3
D2		3	4

Tabela 10. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para critérios do RPN

Decisores	Ocorrência				Severidade								Detecção							
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
D	0,877	0,877	0,011	0,000	0,442	0,442	0,014	0,004	0,442	0,442	0,014	0,003	0,442	0,442	0,014	0,003	0,704	0,729	0,058	0,003

Nota: D = (D1+D2)

Tabela 11. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para modos de falha

MFF	Ocorrência				Severidade								Detecção							
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,396	0,373	0,014	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,577	0,590	0,033	0,003	0,804	0,775	0,036	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003
MFF 2	0,329	0,306	0,030	0,003	0,758	0,769	0,036	0,003	0,569	0,581	0,022	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003
MFF 3	0,383	0,346	0,030	0,003	0,556	0,554	0,039	0,003	0,448	0,433	0,038	0,003	0,804	0,479	0,033	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003
MFF 4	0,396	0,373	0,014	0,003	0,275	0,225	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,615	0,375	0,030	0,003	0,615	0,627	0,017	0,003
MFF 5	0,396	0,373	0,014	0,003	0,433	0,433	0,016	0,003	0,696	0,721	0,042	0,003	0,523	0,294	0,030	0,003	0,523	0,537	0,041	0,003
MFF 6	0,321	0,294	0,030	0,003	0,227	0,227	0,014	0,003	0,227	0,227	0,014	0,003	0,100	0,227	0,014	0,003	0,100	0,100	0,000	0,003
MFF 7	0,688	0,688	0,013	0,003	0,758	0,769	0,036	0,003	0,569	0,581	0,022	0,003	0,831	0,815	0,029	0,003	0,831	0,842	0,017	0,003
MFF 8	0,804	0,815	0,029	0,003	0,758	0,769	0,036	0,003	0,569	0,581	0,022	0,003	0,831	0,815	0,029	0,003	0,831	0,842	0,017	0,003

Tabela 12. Pesos dos critérios do RPN

Decisores	Pesos Subjetivos				
	C1	C2	C3	C4	C5
D	1,027	0,518	0,518	0,518	0,829
D	Pesos Objetivos				
	0,425	0,104	0,104	0,104	0,264
D	Pesos Sintéticos				
	0,535	0,066	0,066	0,066	0,268

Nota: D = (D1+D2)

5) Identificar as ordens de risco dos modos de falha

O último passo do procedimento de avaliação condiz com a obtenção da ordem de prioridade de risco dos modos de falha. Para isso, com base nas Equações 37 e 38, a matriz de avaliação IVIFC hierárquica ponderada foi obtida, conforme resultados apresentados na Tabela 13. Posteriormente, obteve-se a matriz integrada de avaliação IVIFC, por meio da Equação 39. Nela, as avaliações dos modos de falha frente aos critérios foram agregadas nos critérios de primeiro nível do RPN, que são: Ocorrência, Severidade e Detecção. Por meio das Equações 40 e 41, foram extraídos o PIS e o NIS. A matriz integrada e os valores do PIS e NIS estão presentes na Tabela 14.

Dando sequência aos cálculos, via Equações 42 e 43 foram calculadas as distâncias de cada modo de falha do PIS e do NIS. A partir das distâncias, foi encontrado o coeficiente individual de proximidade de cada modo de falha pela Equação 44, que é a base para a obtenção de resultados de ordem de risco de falha, visto que o ranqueamento de prioridade de risco é gerado a partir dos valores do coeficiente. Os resultados referentes à ordem de risco dos modos de falha são exibidos na Tabela 15. Portanto, para o fornecedor F1, o modo de falha de fornecimento MFF8 (Não prover condições adequadas de trabalho) representa maior risco para a empresa compradora e necessita ser mitigado primeiro.

A mesma avaliação foi realizada para outros dois fornecedores, chamados de F2 e F3, para testar a aplicabilidade do artefato e poder comparar a realidade de três fornecedores do mesmo produto (Tabela 16). Importante ressaltar que para os fornecedores F2 e F3, a única avaliação alterada foi a da frequência dos modos de falha, visto que a avaliação com relação aos critérios referentes à severidade e detecção permanecem as mesmas para todos os fornecedores. Com isso, ao realizar a avaliação de um novo fornecedor, o único critério que precisa ser alterado é a frequência de ocorrência dos modos de falha daquele fornecedor. Os resultados referentes às etapas de avaliação dos fornecedores F2 e F3 encontram-se nos Apêndices C e D, respectivamente.

Tabela 13. Matriz de avaliação IVIFC hierárquica ponderada

MFF	Ocorrência				Severidade												Detecção			
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,2119	0,1996	0,0074	0,0016	0,0494	0,0510	0,0024	0,0002	0,0380	0,0389	0,0022	0,0002	0,0529	0,0510	0,0024	0,0002	0,2151	0,2182	0,0078	0,0008
MFF 2	0,1759	0,1636	0,0161	0,0016	0,0499	0,0506	0,0024	0,0002	0,0375	0,0382	0,0014	0,0002	0,0529	0,0537	0,0019	0,0002	0,2151	0,2182	0,0078	0,0008
MFF 3	0,2047	0,1852	0,0159	0,0016	0,0366	0,0365	0,0026	0,0002	0,0295	0,0285	0,0025	0,0002	0,0529	0,0315	0,0022	0,0002	0,2151	0,2182	0,0078	0,0008
MFF 4	0,2119	0,1996	0,0074	0,0016	0,0181	0,0148	0,0020	0,0002	0,0247	0,0247	0,0020	0,0002	0,0405	0,0247	0,0020	0,0002	0,1647	0,1678	0,0044	0,0008
MMF 5	0,2119	0,1996	0,0074	0,0016	0,0285	0,0285	0,0011	0,0002	0,0458	0,0475	0,0028	0,0002	0,0344	0,0194	0,0020	0,0002	0,1400	0,1436	0,0110	0,0008
MFF 6	0,1718	0,1574	0,0161	0,0016	0,0149	0,0149	0,0009	0,0002	0,0149	0,0149	0,0009	0,0002	0,0066	0,0149	0,0009	0,0002	0,0268	0,0268	0,0000	0,0008
MFF 7	0,3683	0,3683	0,0068	0,0016	0,0499	0,0506	0,0024	0,0002	0,0375	0,0382	0,0014	0,0002	0,0547	0,0537	0,0019	0,0002	0,2223	0,2254	0,0044	0,0008
MFF 8	0,4300	0,4362	0,0156	0,0016	0,0499	0,0506	0,0024	0,0002	0,0375	0,0382	0,0014	0,0002	0,0547	0,0537	0,0019	0,0002	0,2223	0,2254	0,0044	0,0008

Tabela 14. Matriz integrada de avaliação IVIFC

MFF	Ocorrência				Severidade				Detecção			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,212	0,200	0,007	0,002	0,140	0,141	0,007	0,001	0,215	0,218	0,008	0,0008
MFF 2	0,176	0,164	0,016	0,002	0,140	0,143	0,006	0,001	0,215	0,218	0,008	0,0008
MFF 3	0,205	0,185	0,016	0,002	0,119	0,096	0,007	0,001	0,215	0,218	0,008	0,0008
MFF 4	0,212	0,200	0,007	0,002	0,083	0,064	0,006	0,001	0,165	0,168	0,004	0,0008
MMF 5	0,212	0,200	0,007	0,002	0,109	0,095	0,006	0,001	0,140	0,144	0,011	0,0008
MFF 6	0,172	0,157	0,016	0,002	0,036	0,045	0,003	0,001	0,027	0,027	0,000	0,0008
MFF 7	0,368	0,368	0,007	0,002	0,142	0,143	0,006	0,001	0,222	0,225	0,004	0,0008
MFF 8	0,430	0,436	0,016	0,002	0,142	0,143	0,006	0,001	0,222	0,225	0,004	0,0008
PIS	0,4300	0,4362	0,0161	0,0016	0,1420	0,1426	0,0072	0,0006	0,222	0,225	0,011	0,0008
NIS	0,1718	0,1574	0,0068	0,0016	0,0365	0,0448	0,0027	0,0006	0,027	0,027	0,000	0,0008

Tabela 15. Ordem de prioridade de risco dos modos de falha de fornecimento do fornecedor F1

MFF	S+	S-	Cci	Ordem de risco (Ranking)
MFF 1	0,322	0,309	-0,001	3
MFF 2	0,373	0,304	-0,025	5
MFF 3	0,341	0,289	-0,018	4
MFF 4	0,346	0,212	-0,054	6
MFF 5	0,347	0,194	-0,063	7
MFF 6	0,493	0,009	-0,208	8
MFF 7	0,092	0,426	0,151	2
MFF 8	0,007	0,493	0,217	1

Tabela 16. Ordem de prioridade de risco dos modos de falha dos fornecedores F1, F2 e F3

MFF	Ordem de risco para fornecedor F1	Ordem de risco para fornecedor F2	Ordem de risco para fornecedor F3
MFF 1	3	1	1
MFF 2	5	4	3
MFF 3	4	7	7
MFF 4	6	6	4
MFF 5	7	5	2
MFF 6	8	8	8
MFF 7	2	2	5
MFF 8	1	3	5

Ao se analisar os resultados do primeiro fornecedor (F1), verifica-se que os modos de falha MFF8 e MFF7, relacionados à dimensão social da sustentabilidade, representam maior risco. Enquanto que para o fornecedor F2, o modo de falha que representa maior risco está relacionado à dimensão ambiental da sustentabilidade, que diz respeito à utilização de técnicas de manejo visando o aumento da produtividade nas plantações de açaí (MFF1). Contudo, ainda sim, MFF7 e MFF8 são os modos de falha que aparecem logo em seguida na ordem de prioridade de riscos. Assim, como o fornecedor F2, o F3 também apresenta maior risco para o MFF1. O MFF5 aparece como o segundo modo de falha que apresenta maior risco, seguidos do MFF4 (na quarta posição). MFF7 e MFF8 aparecem empatados na quinta posição.

O MFF 6, que diz respeito a incapacidade do fornecedor em conter a proliferação de micro-organismos e insetos, foi o último modo de falha na ordem de prioridade de riscos para os três fornecedores. Isso se deve ao fato de que a empresa utiliza vários processos de detecção e eliminação desse modo de falha, como o processo de lavagem dos frutos e pasteurização da polpa.

Com a informação referente a prioridade de risco de cada modo de falha (não-conformidades) é possível estabelecer estratégias de gerenciamento para cada um deles, e assim conseguir mitigar os riscos de cada fornecedor, evitando consequências negativas à agroindústria. No tópico a seguir são expostas as informações referentes à etapa de tomada de decisão, na qual são definidas as estratégias de gerenciamento e respectivas práticas a serem adotadas para mitigar os modos de falha de fornecimento.

4.3 Tomada de decisão: Estratégias de gerenciamento de riscos dos fornecedores

Conforme mencionado anteriormente, o açaí orgânico é uma matéria-prima estratégica para a empresa estudada. Tendo em vista os modelos de estratégias de gerenciamento de riscos de sustentabilidade de fornecedores propostos na literatura (HAJMOHAMMAD; VACHON,

2016; CAN SAGLAM et al. 2020; HAJMOHAMMAD; SHEVCHENKO, 2020; KUMAR et al., 2021) e o de estratégia de compra proposta por Kraljic, para itens estratégicos a empresa compradora precisa formar e manter parcerias de longo prazo com fornecedores (CANIELS; GELDERMAN, 2007). Entretanto, é necessário ainda levar em consideração a relação de dependência entre comprador e fornecedor, pois, segundo Hajmohammad e Vachon (2016), a dependência mútua entre comprador e fornecedor é o principal fator determinante do tipo de relacionamento que os compradores adotam com os fornecedores para maximizar seu desempenho. Com isso, as estratégias selecionadas pelos gerentes de fornecimento para lidar com o risco de sustentabilidade do fornecedor dependem fortemente do regime de dependência entre comprador e fornecedor, pois isso corresponde ao poder do comprador na implementação da estratégia.

A região em que a cadeia está situada possui muitas agroindústrias - a cidade em que a agroindústria está instalada é o maior parque industrial do estado do Pará, com 25 agroindústrias (PMC, 2020) – fazendo com que a busca por fornecedores de matéria-prima orgânica seja acirrada. Entretanto, as agroindústrias possuem o domínio sobre os fornecedores quando o assunto é *know-how*, principalmente quando envolvem aspectos relacionados à sustentabilidade e requisitos exigidos para produção de orgânicos. Dessa forma, evitar o risco eliminando o fornecedor e trocando por outros fornecedores alternativos (com melhor desempenho social e ecológico) pode parecer uma estratégia melhor à primeira vista. No entanto, ao fazer isso, os compradores podem perder sua vantagem de poder sobre os fornecedores ao longo do tempo, pois o tamanho de seu pool de fornecimento será reduzido. Além disso, eles ainda podem incorrer em custos adicionais se os fornecedores com melhores registros relacionados à sustentabilidade cobrarem preços unitários mais altos (HAJMOHAMMAD; VACHON 2016; MEQDADI et al., 2020; JIA et al., 2021). Por esse motivo, é importante que as agroindústrias trabalhem em prol do desenvolvimento desses fornecedores, a fim de adequar suas produções aos requisitos exigidos pela certificação.

Atualmente, a única prática que a agroindústria estudada realiza é a inspeção em seus fornecedores, na qual é verificada apenas a conformidade de aspectos ambientais e econômicos. Nenhuma estratégia de colaboração é adotada pela empresa estudada. Diante desse contexto, sugere-se que os gerentes adotem uma abordagem colaborativa para desenvolver as capacidades relacionadas à sustentabilidade dos fornecedores e melhorar seu desempenho ecológico e social para mitigar qualquer nível de risco de sustentabilidade do fornecedor. Essa abordagem colaborativa inclui a dedicação de recursos por parte da empresa focal para a realização de atividades como treinamento e educação de fornecedores sobre sustentabilidade (GIMENEZ;

TACHIZAWA, 2012; HARMS et al., 2012; TACHIZAWA; WONG, 2014), oferecendo seminários sobre sustentabilidade (RAO; HOLT, 2005; LEE; KLASSEN, 2008).

Outras atividades incluem a troca de conhecimento e experiência em sustentabilidade com fornecedores (HOLT, 2004; RAO; HOLT, 2005; SEURING; MÜLLER, 2008; VACHON; KLASSEN, 2006), interagindo de perto com eles para resolver problemas de sustentabilidade (GEFFEN; ROTHENBERG, 2000; LEE; KLASSEN, 2008; VACHON; KLASSEN, 2006), o que inclui o plano de ação proposto nessa pesquisa para tratar os riscos de fornecimento, e o fornecimento de suporte financeiro aos fornecedores para melhorar seu desempenho de sustentabilidade (ZHU et al., 2005).

Com relação à estratégia de monitoramento, sugere-se nessa pesquisa que a empresa adicione às inspeções o monitoramento de aspectos sociais do processo produtivo dos fornecedores (JIANG, 2009; KAUPPI; HANNIBAL, 2017; ZHU et al., 2005). Além disso, que sejam enviados questionários auto avaliativos aos fornecedores (BOWEN et al., 2001; HARMS et al., 2012; SEURING; MÜLLER, 2008; SPENCE; BOURLAKIS, 2009), para que haja o monitoramento de seus desempenhos visto que as inspeções são realizadas só anualmente. Fornecer *feedback* aos fornecedores sobre o resultado de suas avaliações é essencial para que haja, justamente, uma ação conjunta, colaborativa, para mitigar possíveis eventos de risco. Códigos de conduta, que representam os valores e princípios de uma empresa em relação à sustentabilidade, também podem ser usados como uma ferramenta, exigindo que os fornecedores cumpram seus conteúdos (BOYD et al., 2007; HARMS et al., 2012; SEURING; MÜLLER, 2008; VACHON; KLASSEN, 2006). Com isso, no Quadro 8 foram descritas as estratégias e respectivas práticas de gerenciamento sugeridas para a cadeia de suprimentos estudada.

A partir das definições das estratégias e práticas de gerenciamento mais adequadas, foi possível propor um plano de ação, utilizando a ferramenta 5W2H. Pensando no uso constante do artefato na rotina da empresa, após avaliação de determinado fornecedor, sugere-se que a equipe de decisores desenvolva planos de ações específicos para cada fornecedor. Na presente pesquisa, contudo, foi elaborado um plano de ação com atribuição de metas que servirão para todos os fornecedores de açaí orgânico na empresa, visto que muitas práticas de gerenciamento ainda não eram utilizadas pela empresa estudada (Quadro 9).

Quadro 8. Estratégias de mitigação de riscos para cadeia de suprimentos do açúcar

Estratégias de mitigação	Práticas de gerenciamento
Monitoramento	<p>Continuar com inspeções nas instalações dos fornecedores para monitorar o desempenho de seus aspectos ambientais e sociais</p> <p>Enviar questionários aos fornecedores para monitorar o desempenho de seus aspectos sociais/ambientais</p> <p>Fornecer <i>feedback</i> aos fornecedores sobre os resultados de suas avaliações.</p> <p>Desenvolver código de conduta e solicitar aos fornecedores que cumpram com os regulamentos inseridos no código</p> <p>Oferecer ao fornecedor recompensas e esquemas de incentivos relacionados ao desempenho de sustentabilidade</p>
Colaboração	<p>Fornecer seminários de treinamento, educação e conscientização para o fornecedor</p> <p>Alocar pessoal para visitar as instalações dos fornecedores para ajudar a melhorar seu desempenho social/ambiental.</p> <p>Cooperar com o fornecedor para desenvolver soluções de sustentabilidade em conjunto</p> <p>Fornecer suporte financeiro aos fornecedores para melhorar seu desempenho de sustentabilidade</p>

Fonte: Adaptado de Hajmohammad e Vachon (2016), Meqdadi et al. (2020) e Jia et al. (2021)

Quadro 9. Plano de ação para gerenciamento de riscos dos fornecedores

Plano de ação 5W2H							
Plano de Ação:	Implantar práticas de gerenciamento de riscos relacionados a sustentabilidade dos fornecedores						
Responsável:	Setor de Certificação						
Objetivo:	Mitigar riscos de fornecimento						
5W					2H		Status
O que?	Por que?	Quem?	Onde?	Quando?	Como?	Quanto custa?	
Desenvolver código de conduta	Para estabelecer e disciplinar os padrões éticos e morais recomendados aos colaboradores, sócios e parceiros das empresas.	Comitê especial criado para esse assunto (Setor de Recursos Humanos e Jurídico, líderes de todos os setores e representante da Direção).	Agroindústria	março 2022	Reuniões semanais com os envolvidos no comitê	Sem custo inicialmente	A fazer
Inserir no formulário de inspeção do fornecedor a avaliação de aspectos sociais	Para levar em consideração aspectos sociais dos fornecedores, visto que a conformidade com tais aspectos são exigidas principalmente por clientes internacionais	Setor de Certificação - Gestora	Agroindústria	janeiro 2022 a fevereiro 2022	Atualização do atual formulário de inspeção	Sem custo	Em andamento
Criar questionários auto avaliativo para fornecedores de açaí orgânico	Para monitorar o desempenho de dos aspectos sociais, ambientais e econômicos dos fornecedores	Setor de certificação e Setor da qualidade - Gestora de Certificação e Gerente de qualidade	Agroindústria	janeiro 2022 a fevereiro 2022	Seis reuniões semanais de alinhamento operacional entre as áreas responsáveis	Sem custo	Em andamento
Fornecer <i>feedback</i> aos fornecedores após inspeções	Para iniciar plano de ação corretiva	Setor de Certificação - Gestora e Inspetor	Agroindústria	A partir de julho de 2022	Via documento encaminhado por e-mail aos intermediários (atravessadores)	Sem custo	A fazer
Criar programa de recompensas e incentivos	Para motivar fornecedores a melhorar seus desempenhos quanto aos aspectos relacionados à sustentabilidade	Comitê especial criado para esse assunto (Setor de Recursos Humanos, Jurídico, Qualidade e certificação e representante da Direção)	Agroindústria	Até dezembro 2022	Reuniões semanais com os envolvidos no comitê	Sem custo inicialmente	A fazer
Desenvolver cartilha de “boas práticas sustentáveis para produtores extrativistas”	Para auxiliar na divulgação de informações	Setor de Certificação e Setor da Qualidade - Gestora de Certificação e Gerente de Qualidade	Agroindústria	Até Junho 2022	Reuniões semanais entre os setores responsáveis	-	A fazer
Promover workshops de treinamento para produtores extrativistas e pessoas que vivem na mesma comunidade	Para mitigar riscos dos fornecedores	Setor de Certificação - Gestora e Inspetor	Propriedade rural dos fornecedores	julho 2022	Treinamento presencial, utilizando slides e cartilha de “boas práticas sustentáveis para produtores extrativistas”	-	A fazer

4.4 Interface e funcionalidade do artefato

Nesse tópico são explicitados os ajustes necessários no artefato e os mecanismos de funcionamento do artefato. Quanto aos ajustes, inicialmente, na avaliação do primeiro fornecedor, foi encaminhada uma versão do artefato à equipe de decisores. Após a avaliação, os mesmos relataram como foi a experiência utilizando o artefato, e forneceram *feedbacks* a respeito de sua usabilidade. Uma das melhorias sugeridas, foi inserir botões que levassem automaticamente às outras abas, assim como um banco de dados com as avaliações, para que pudessem consultá-las sempre que necessário, sendo possível comparar e acompanhar a evolução dos fornecedores com aquelas informações.


No que diz respeito ao funcionamento do artefato, cabe mencionar que na página inicial os decisores devem indicar o produto e fornecedor que será analisado. Posteriormente, o decisor seleciona o botão que identifica seu cargo, inspetor ou gestora, para iniciar a avaliação (Figura 16).

Ao clicar no botão os decisores são direcionados para outra aba, sendo que cada decisor é direcionado para uma aba diferente, para que iniciem a avaliação. A Figura 17 representa um fragmento da página de avaliação dos decisores. Na página de avaliação eles devem inserir suas características referentes aos anos de experiência e função que exercem dentro da empresa. Ainda na página de avaliação, os decisores podem clicar no botão “info”, o qual direciona o artefato para uma aba que contém as informações referentes aos modos de falha, suas causas e consequências.

Figura 16. Página inicial do artefato

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					

Figura 17. Página de avaliação do artefato

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1														
2		Decisor 1												
3		Anos de experiência												
4		Função												
5														
6		INSTRUÇÕES												
7		Para determinar a prioridade de riscos relacionados aos fornecedores, é necessário avaliar suas não conformidades (modo de falhas do fornecedor) frente a alguns critérios, que são: Frequência com que a não conformidade ocorre; Os danos à reputação, legal e prejuízos financeiros causados por essa não conformidade, e; a capacidade da agroindústria de detectar a não conformidade durante as inspeções.												
8		PARA MAIS INFORMAÇÕES SOBRE OS TIPOS DE NÃO CONFORMIDADES, SUAS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS E PROCESSO ATUAL DE DETECÇÃO, CLIQUE AQUI 												
9														
10														
11		Avaliação dos critérios												
12		Determine o grau de importância dos critérios: Frequência; Danos à reputação; Prejuízos financeiros; Danos legais; Inspeção.												
13		C1	A importância da frequência de ocorrência de falhas dos fornecedores é:											
14		C2	A importância dos danos à reputação, que podem ser causados como consequência à uma ocorrência de falhas dos fornecedores, é:											
15		C3	A importância dos prejuízos financeiros, que podem ser causados como consequência à uma ocorrência de falhas dos fornecedores, é:											
16		C4	A importância dos danos legais, que podem ser causados como consequência à uma ocorrência de falhas dos fornecedores, é:											
17		C5	A importância da inspeção, utilizada para detectar possível ocorrência de falha dos fornecedores é:											
18														
19		Avaliação dos modos de falha												
20		Após determinar importância para cada um dos critérios, é necessário avaliar as não conformidades do fornecedor com relação a cada subcritério, e assim ser possível identificar os níveis de risco de cada um deles												
21		MFF 1 - Utilização de técnicas de manejo visando o aumento da produtividade	C1	A frequência com que esse fornecedor utiliza técnicas de manejo visando o aumento da produtividade é:										
22			C2	O dano à reputação causado pela utilização de técnicas de manejo visando o aumento da produtividade é:										
23			C3	O prejuízo financeiro causado pela utilização de técnicas de manejo visando o aumento da produtividade é:										
24			C4	O dano legal causado pela utilização de técnicas de manejo visando o aumento da produtividade é:										
25			C5	Capacidade da empresa em detectar a utilização de técnicas de manejo visando o aumento da produtividade desse fornecedor é:										
26														
27														
28														

Enquanto ambos os decisores não terminam a avaliação de determinado fornecedor o resultado final não aparece, e fica um *status* de cada decisor informando que a avaliação não foi finalizada na página inicial. Quando ambos terminam a avaliação é possível consultar o resultado final com a ordem de prioridade de riscos dos modos de falha do fornecedor.

A página inicial também possui o botão "Salvar Avaliações", o qual, uma vez acionado, armazena todas as informações da avaliação feita e do resultado final na aba "banco de dados", que pode ser consultada sempre que necessário pelos decisores. Além disso, ao finalizar a avaliação de um fornecedor o decisor pode clicar no botão "Nova Avaliação", apagando as informações inseridas na avaliação vigente e possibilitando o usuário iniciar uma nova avaliação.

Pensando na aplicabilidade da ferramenta para uso constante na rotina da empresa, após os decisores terem inserido as avaliações referentes a um fornecedor, a única avaliação que precisará ser alterada quando outro fornecedor precisar ser avaliado é o critério referente a frequência de ocorrência dos modos de falha de fornecimento. Isso acaba facilitando as avaliações individuais de cada fornecedor. Dessa forma, as avaliações referentes à frequência de um modo de falha de fornecimento são flexíveis, mudando de fornecedor para fornecedor.

5 CONCLUSÃO

São expostos nesse capítulo as contribuições acadêmicas e gerenciais obtidas a partir dos resultados gerados nessa pesquisa, cujo objetivo foi responder como os riscos relacionados à sustentabilidade dos fornecedores podem ser gerenciados na cadeia de suprimentos do açaí, sob a ótica da Teoria da Decisão. A partir dessa questão foram estudadas abordagens e conceitos teóricos que possibilitaram a construção de um modelo conceitual (Figura 5 – Capítulo 2) que evidencia as etapas do processo de tomada de decisão no SSCR. A partir desse modelo, um método de gerenciamento de riscos relacionado à sustentabilidade de fornecedores foi desenvolvido e aplicado em uma cadeia de suprimentos do açaí, utilizando como procedimento metodológico o *Design Science Research*. Além das contribuições da pesquisa, são inseridos nesse capítulo as limitações e sugestões para pesquisas futuras.

5.1 Contribuições acadêmicas

A contribuição dessa pesquisa para o âmbito acadêmico diz respeito ao desenvolvimento de um método para tomada de decisão no gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade de fornecedores. Quanto ao embasamento teórico, o método foi construído a partir do estudo aprofundado da Teoria da Decisão, da Estrutura Cynefin (um aditivo à Teoria da Decisão) e do estudo sobre o Gerenciamento de Riscos da Cadeia de Suprimentos relacionados à Sustentabilidade (*Sustainability-related Supply Chain Risk Management - SSCR*). A intenção principal de associar esses temas foi de elucidar a importância do processo decisório no SSCR, e de cobrir a lacuna encontrada na literatura, visto que não foi encontrado na revisão de literatura algum estudo que analisasse conjuntamente essas frentes teóricas.

Questões relacionadas à sustentabilidade envolvem um contexto prescritivo de tomada de decisão, ou seja, envolvem um processo decisório baseado em atributos como métricas e indicadores, mas também em objetivos estratégicos, princípios orientadores e valores da organização. Além disso, o processo decisório está incumbido de outros fatores comportamentais, como: os vieses dos tomadores de decisão, o baixo grau de estruturação de problemas que acontecem na prática das organizações, com incertezas, informações imprecisas e fragmentadas, e percepção de risco dos tomadores de decisão (FRENCH, 2015; DA SILVA et al., 2019). Com isso, surge a necessidade de técnicas de suporte à decisão que lidem com o viés comportamental do processo, e que sejam capazes de tornar a decisão mais estruturada,

principalmente para lidar com questões qualitativas que são mais difíceis de mensurar, como as relacionadas à dimensão social.

Com isso, essa pesquisa identificou que a técnica analítica FMEA possuía as características necessárias para dar suporte à etapa de avaliação dos riscos, em que se evidencia qual não conformidade ou modo de falha dos fornecedores apresenta maior risco para a cadeia. Entretanto, a fim de superar as limitações da clássica FMEA e melhorar a precisão e confiabilidade dos resultados finais da avaliação de risco, essa pesquisa utilizou a técnica FMEA em conjunto com a teoria da nuvem difusa intuicionista com valor de intervalo (*Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds – IVFCs*) e com o método multicritério TOPSIS. A teoria dos conjuntos difusos intuicionistas com valores de intervalo (*Interval-valued intuitionistic fuzzy set – IVIFS*) foi utilizado para lidar com a imprecisão e hesitação das informações de avaliação, e a teoria da nuvem foi empregada para lidar com a aleatoriedade das avaliações. Assim, a integração das duas técnicas lida com várias incertezas de imprecisão, hesitação e aleatoriedade nas avaliações, o que adiciona a eficácia e a precisão do modelo de avaliação de risco desenvolvido para contextos não-estruturados.

Além disso, uma estrutura hierárquica com os elementos do RPN foi estabelecida para fazer uma avaliação abrangente dos níveis de risco dos modos de falha. Assim, o método desenvolvido torna mais precisa a ordenação das falhas. Duas abordagens de ponderação de foram estendidas para determinar os pesos gerais dos membros da equipe de decisores e dos critérios da estrutura hierárquica. Ambos consideram não apenas a avaliação subjetiva de informações de peso, mas integram os cálculos objetivos, adicionando confiabilidade e precisão dos resultados da avaliação de peso da equipe de decisores e dos elementos do RPN. Com isso, por meio das vantagens mencionadas acima, a técnica de avaliação de risco utilizada tem a capacidade de identificar as ordens de classificação de todos os modos de falha dos fornecedores com mais precisão. Isso aumenta a precisão dos resultados finais no FMEA.

O método também contribui à literatura atrelando o processo decisório ao uso de estratégias de gerenciamento de riscos relacionados à sustentabilidade com respectivas práticas de gerenciamento que propiciem o tratamento dos riscos avaliados. Com isso, é possível avaliar, por meio do método proposto, o risco de determinado fornecedor ocasionar eventos que causarão uma reação adversa dos *stakeholders*. É possível também obter o suporte necessário para conduzir à decisão de selecionar ou não determinado fornecedor, de encerrar relacionamento com um fornecedor, ou de desenvolver um fornecedor utilizando práticas de mitigação de riscos.

Outro ponto importante a ser mencionado é o fato de o método (Figura 11, Capítulo 3) ter sido apresentado em um programa que integra e automatiza os cálculos inerentes a etapa de avaliação dos riscos. Pelo programa, todos os processos de cálculo e matrizes podem ser obtidos rapidamente após a entrada de avaliações linguísticas originais, avaliações de pesos de especialistas e elementos do RPN. Isso reduz a necessidade de carga computacional elevada por parte dos usuários e adiciona a operabilidade prática do método desenvolvido.

5.2 Contribuições para os praticantes da cadeia de suprimentos do açaí

Com relação às contribuições aos praticantes da cadeia estudada, pode-se ressaltar a importância de se estudar uma cadeia agroalimentar em expansão no mercado nacional e internacional, e que apresenta alta vulnerabilidade devido aos riscos relacionados à exploração de recursos naturais, especialmente de produtos *in natura*, de base extrativista, e de fornecedores de comunidades rurais e/ou ribeirinhas em uma região na Amazônia brasileira.

A partir dos resultados, em que se analisou especificamente a relação entre a agroindústria e seus fornecedores de açaí orgânico, foi possível destacar os principais modos de falha de fornecimento e impactos relacionados à produção extrativista do açaí, que podem impactar negativamente a cadeia de suprimentos. Dentre os fornecedores avaliados, alguns modos de falha de fornecimento merecem destaque. Os modos de falha relacionados à dimensão social, que foi “não assegurar a saúde e segurança do trabalhador (MFF7)” e “não prover condições adequadas de trabalho (MFF8)”, tiveram alta prioridade entre dois fornecedores avaliados. Esse fato merece atenção visto que foi possível constatar que não havia uma preocupação por parte da agroindústria em monitorar aspectos sociais de seus fornecedores. Além disso, o modo de falha referente a “utilização de técnicas de manejo visando o aumento da produtividade (MFF1)” também apresentou alta prioridade de risco para os três fornecedores analisados.

Com isso, destaca-se nessa pesquisa que apesar da importância que a cadeia do açaí vem ganhando no Brasil e no mundo, e da ampliação desse mercado ser considerada positiva por conta de sua contribuição para a geração de renda das famílias produtoras de açaí, a maior parte da sua produção ainda é realizada de maneira precária e manual, com altos riscos aos trabalhadores rurais familiares envolvidos (IPAM, 2018; CAVALCANTE, 2019; PINTO; OLIVEIRA, 2020).

Assim, a partir da avaliação dos fornecedores, o método desenvolvido sugere que a agroindústria adote estratégias de mitigação de riscos baseadas no monitoramento e colaboração para minimizar possíveis eventos de riscos que podem advir de seus fornecedores. A agroindústria deve, por exemplo, aplicar treinamento adequado para promover o conhecimento de seus fornecedores sobre os diferentes aspectos do risco de sustentabilidade inerentes ao processo de colheita, assim como as principais pressões das partes interessadas sofridas pela cadeia externamente. Além disso, é importante que ela estabeleça sistemas de avaliações de desempenho e de recompensas que forneçam incentivos para os fornecedores, para que possam ter uma percepção clara sobre as intenções da agroindústria relacionadas à sustentabilidade e comportamentos.

Entre os pontos mais importantes a serem mitigados pela agroindústria para garantir uma produção sustentável de seus fornecedores, pode-se destacar: (a) as técnicas de manejo e produção de açaí em ecossistemas de várzea devem favorecer a manutenção e diversidade da fauna e flora; (b) O cultivo de açaí em áreas de terra firme precisa priorizar os cultivos consorciados, superando o desafio da monocultura e buscando técnicas de manejo mais agroecológicas; (c) O processo de coleta dos frutos necessita do desenvolvimento de equipamentos e tecnologias, a fim de diminuir os riscos de acidente para os coletores e também a dependência de mão de obra jovem na atividade; (d) Deve-se garantir condições sanitárias adequadas na propriedade e salários justos, sem horas excessivas de trabalho.

Estes são alguns desafios a serem superados para que a produção de açaí na Amazônia continue crescendo de forma sustentável. É necessário o engajamento de diversas partes interessadas, como as agroindústrias, governo, universidades e centros de pesquisa, associações de produtores extrativistas e ONGs, para que esses desafios sejam superados, a fim de se evitar que o aspecto positivo do crescimento da cadeia se transforme em problemas, principalmente para as populações locais da Amazônia.

5.3 Limitações e pesquisas futuras

Nessa seção destacam-se algumas limitações desse estudo e sugestões para possíveis pesquisas futuras. A primeira diz respeito a técnica FMEA aplicada, que apesar de fornecer um procedimento viável para avaliar os níveis de risco dos modos de falha de fornecimento em vários ambientes incertos, ainda existem algumas limitações.

Embora a técnica desenvolvida agregue as informações de avaliação de dois especialistas considerando suas racionalidades limitadas, a inconsistência e julgamentos

limitados das informações de tomada de decisão em grupo geralmente são comuns quando a avaliação de risco envolve pessoas diferentes, o que pode enfraquecer a precisão dos resultados finais identificados.

Essa pesquisa utiliza apenas os três elementos tradicionais do FMEA tradicional (Ocorrência, Severidade e Detecção). Dependendo do contexto em que a técnica será aplicada sugere-se que sejam considerados mais aspectos. Além disso, o modelo proposto não trata da inter-relação entre os modos de falha. Dessa forma, o modelo proposto pode ser aprimorado em estudos futuros para superar essas limitações

Além disso, o valor da hiper entropia inicial H_e é fixado como um número nítido. Geralmente, embora o valor de 0,003 para H_e possa ser empregado na maioria das circunstâncias, um método de avaliação dinâmica do valor de H_e seria necessário para capturar totalmente a incerteza das informações de avaliação em pesquisas futuras. Essas limitações do método FMEA desenvolvido podem ser melhoradas para aprimorar ainda mais o desempenho da técnica em trabalhos futuros.

Essa pesquisa se concentrou em aplicar o método de gerenciamento na relação entre uma díade (fornecedores e agroindústria), com foco estreito em uma região do Brasil e um segmento do setor de alimentos (ou seja, a produção de açaí). Com isso, pesquisas futuras podem considerar realizar a avaliação do método em mais de uma empresa, situada em regiões diferentes, a fim de obter dados que possibilitem uma análise comparativa. Ainda, embora o método tenha sido aplicado na cadeia do açaí, esse estudo não se limita a esta cadeia, e acredita-se que pode ser expandido para outras cadeias de produção extrativista em razão da similaridade do uso das variáveis.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-BASSET, M.; MOHAMED, R. A novel plithogenic TOPSIS- CRITIC model for sustainable supply chain risk management. **Journal of Cleaner Production**, v. 247, p. 119586, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119586>>.
- ABNT. ABNT NBR ISO 31000:2018. Gestão de riscos - Diretrizes. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, p. 17, 2018. Disponível em: <<http://200.129.168.182:4030/attachments/download/7055/0000077796-ISO31000.pdf>>.
- ABOUTORAB, H. et al. A survey on the suitability of risk identification techniques in the current networked environment. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 178, n. January, p. 102984, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.102984>>.
- AGEITEC. **Área do conhecimento - açaí**. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/acai/arvore/CONT000g73e7x2802wx5ok0wtedt3bf7vgaz.html>>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- AHRENS, A.; TRAAS, T. Environmental exposure scenarios: Development, challenges and possible solutions. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 17, n. 1, p. 7–15, 2007. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-36949002045&doi=10.1038%2Fsj.jes.7500602&partnerID=40&md5=12a22c035f1d665fd5b67c1c850b231>>.
- AKKERMAN, R.; FARAHANI, P.; GRUNOW, M. Quality, safety and sustainability in food distribution: A review of quantitative operations management approaches and challenges. **OR Spectrum**, v. 32, n. 4, p. 863–904, 2010.
- ALEXANDER, A.; KUMAR, M.; WALKER, H. A decision theory perspective on complexity in performance measurement and management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 38, n. 11, p. 2214–2244, 2018.
- ALEXANDER, A.; WALKER, H.; NAIM, M. Decision theory in sustainable supply chain management: A literature review. **Supply Chain Management**, v. 19, p. 504–522, 2014.
- ANDERSEN, M.; SKJOETT-LARSEN, T. Corporate social responsibility in global supply chains. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 14, n. 2, p. 75–86, 2009.
- ARAMYAN, L. et al. Performance measurement in agri-food supply chains: A case study. **Supply Chain Management**, v. 12, n. 4, p. 304–315, 2007.
- ARAÚJO, M. J. **Fundamentos de agronegócios**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- ARISSETO-BRAGOTTO, A. P.; FELTES, M. M. C.; BLOCK, J. M. Food quality and safety progress in the Brazilian food and beverage industry: Chemical hazards. **Food Quality and Safety**, v. 1, n. 2, p. 117–129, 2017.
- AWASTHI, A.; GOVINDAN, K.; GOLD, S. Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach. **International Journal of Production Economics**, v. 195, n. 1, p. 106–117, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.013>>.

AWAYSHEH, A.; KLASSEN, R. The impact of supply chain structure on the use of supplier socially responsible practices. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 30, n. 12, p. 1246–1268, 2010.

AZEVEDO, D. P. **A construção social do mercado de açaí para fortalecer a gestão territorial na ilha do capim, no município de abaetetuba no estado do pará**. 2019. Universidade de Brasília, 2019.

AZIMIFARD, A.; MOOSAVIRAD, S. H.; ARIAFAR, S. Selecting sustainable supplier countries for Iran's steel industry at three levels by using AHP and TOPSIS methods. **Resources Policy**, v. 57, p. 30–44, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.01.002>>.

BAI, C.; SARKIS, J. Green supplier development: Analytical evaluation using rough set theory. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 12, p. 1200–1210, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.01.016>>.

BANAEIAN, N. et al. Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry. **Computers and Operations Research**, v. 89, p. 337–347, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2016.02.015>>.

BARCELOS, I. B. et al. Qualidade Microbiológica de Polpas de Açaí Comercializadas no Município de Ji – Paraná, Rondônia. **Uniciências**, v. 21, n. 1, p. 21–24, 2017.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1ª ed. [s.l.] Almedina, 2011.

BAUMANN, H. et al. Does the production of an airbag injure more people than the airbag saves in traffic?: Opting for an empirically based approach to social life cycle assessment. **Journal of Industrial Ecology**, v. 17, n. 4, p. 517–527, 2013.

BELHADI, A. et al. Behavioral mechanisms influencing sustainable supply chain governance decision-making from a dyadic buyer-supplier perspective. **International Journal of Production Economics**, v. 236, n. March, p. 108136, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108136>>.

BESKE, P.; LAND, A.; SEURING, S. Sustainable supply chain management practices and dynamic capabilities in the food industry: A critical analysis of the literature. **International Journal of Production Economics**, v. 152, p. 131–143, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.026>>.

BIRKEL, H. S. et al. Development of a risk framework for Industry 4.0 in the context of sustainability for established manufacturers. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 2, p. 1–27, 2019.

BODE, C. et al. Understanding responses to supply chain disruptions: Insights from information processing and resource dependence perspectives. **Academy of Management Journal**, v. 54, n. 4, p. 833–856, 2011.

BRANDENBURG, M. et al. Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 2, p. 299–312, 2014.

BRCGS. **Food Safety**. Disponível em: <<https://www.brcgs.com/our-standards/food-safety/>>. Acesso em: 27 fev. 2021.

BUSSE, C. et al. Extending the supply chain visibility boundary: Utilizing stakeholders for identifying supply chain sustainability risks. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 47, n. 1, p. 18–40, 2016.

BUSSE, C.; KACH, A. P.; BODE, C. Sustainability and the False Sense of Legitimacy: How Institutional Distance Augments Risk in Global Supply Chains. **Journal of Business Logistics**, v. 37, n. 4, p. 312–328, 2016.

CALACHE, L. D. D. R. et al. Risk prioritization based on the combination of FMEA and dual hesitant fuzzy sets method. **Production**, v. 31, p. 1–16, 2021.

CAN SAGLAM, Y.; YILDIZ ÇANKAYA, S.; SEZEN, B. Proactive risk mitigation strategies and supply chain risk management performance: an empirical analysis for manufacturing firms in Turkey. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 32, n. 6, p. 1224–1244, 2020.

CANZANIELLO, A.; HARTMANN, E.; FIFKA, M. Intra-industry strategic alliances for managing sustainability-related supplier risks: Motivation and outcome. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 25, n. 9, p. 1–72, 1995.

CARTER, C.; EASTON, L. Sustainable supply chain management: Evolution and future directions. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 41, n. 1, p. 46–62, 2011.

CARTER, C. R.; KAUFMANN, L.; MICHEL, A. Behavioral supply management: A taxonomy of judgment and decision-making biases. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 37, n. 8, p. 631–669, 2007.

CARTER, C. R.; ROGERS, D. S. A framework of sustainable supply chain management: Moving toward new theory. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 38, n. 5, p. 360–387, 2008.

CARVALHO, G. L. B. et al. Doença e Chagas: Sua transmissão através do consumo de açaí. **Acta de Ciências e Saúde**, v. 1, n. 1, p. 24–36, 2018.

CAVALCANTE, M. da S. **A certificação como prática socioambiental na cadeia de suprimentos e seu desempenho operacional: uma ótica sobre a supply chain practice view (scpv)**. 2019. Programa de Pós-graduação em Administração. Universidade da Amazônia, 2019.

CHADEGANI, A. A. et al. A comparison between two main academic literature collections: Web of science and scopus databases. **Asian Social Science**, v. 9, n. 5, p. 18–26, 2013.

CHAKRABARTI, A. A course for teaching design research methodology. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v. 24, n. 3, p. 317–334, 2010.

CHARDINE-BAUMANN, E.; BOTTA-GENOULAZ, V. A framework for sustainable performance assessment of supply chain management practices. **Computers and Industrial**

Engineering, v. 76, n. 1, p. 138–147, 2014. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2014.07.029>>.

CHEN, J. Y.; BADDAM, S. R. The effect of unethical behavior and learning on strategic supplier selection. **International Journal of Production Economics**, v. 167, p. 74–87, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.05.003>>.

CHERAGHALIPOUR, A.; FARASAD, S. A bi-objective sustainable supplier selection and order allocation considering quantity discounts under disruption risks: A case study in plastic industry. **Computers and Industrial Engineering**, v. 118, p. 237–250, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.02.041>>.

CHHIPI-SHRESTHA, G. K.; HEWAGE, K.; SADIQ, R. “Socializing” sustainability: a critical review on current development status of social life cycle impact assessment method. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 17, n. 3, p. 579–596, 2015.

CHRISTOPHER, M. et al. Approaches to managing global sourcing risk. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 16, n. 2, p. 67–81, 2011.

CONAB. **Açaí – Análise Mensal – Dezembro 2020**. Disponível em:
<<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai>>. Acesso em: 22 jun. 2021.

COSTA, R. M. G. F.; BEITUM, L. F. I. Padrões De Sustentabilidade Na Cadeia De Valor Do Açaí. 2019.

COUSINS, P. D.; LAMMING, R. C.; BOWEN, F. The role of risk in environment-related supplier initiatives. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 24, n. 5–6, p. 554–565, 2004.

CUNHA, L.; CERYNO, P.; LEIRAS, A. Social supply chain risk management: A taxonomy, a framework and a research agenda. **Journal of Cleaner Production**, v. 220, p. 1101–1110, 2019.

DA SILVA, E. M. et al. A systematic review of empirical and normative decision analysis of sustainability-related supplier risk management. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, n. 118808, p. 1–14, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118808>>.

DAMERT, M. et al. Motivating low-carbon initiatives among suppliers: The role of risk and opportunity perception. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, n. 2, p. 276–286, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.002>>.

DE OLIVEIRA, F. N.; LEIRAS, A.; CERYNO, P. Environmental risk management in supply chains: A taxonomy, a framework and future research avenues. **Journal of Cleaner Production**, v. 232, p. 1257–1271, 2019.

DEKKER, R.; BLOEMHOF, J.; MALLIDIS, I. Operations Research for green logistics - An overview of aspects, issues, contributions and challenges. **European Journal of Operational Research**, v. 219, n. 3, p. 671–679, 2012. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.11.010>>.

DENYER, D.; TRANFIELD, D.; VAN AKEN, J. E. Developing design propositions through

research synthesis. **Organization Studies**, v. 29, n. 3, p. 393–413, 2008.

DEY, P. K.; BHATTACHARYA, A.; HO, W. Strategic supplier performance evaluation: A case-based action research of a UK manufacturing organisation. **International Journal of Production Economics**, v. 166, p. 192–214, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.021>>.

DOS SANTOS, S. F. et al. Estimating vulnerability to risks: an application in a biofuel supply chain. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 5, p. 1257–1269, 2017.

DRESCH, A. **Design Science e Design Science Research como Artefatos Metodológicos para Engenharia de Produção**. 2013. UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS (UNISINOS), 2013.

DUBEY, V. K.; CHAVAS, J. P.; VEERAMANI, D. Analytical framework for sustainable supply-chain contract management. **International Journal of Production Economics**, v. 200, p. 240–261, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.003>>.

DUESPOHL, M.; FRANK, S.; DOELL, P. A Review of Bayesian Networks as a Participatory Modeling Approach in Support of Sustainable Environmental Management. **Journal of Sustainable Development**, v. 5, n. 12, 2012.

ĐURIĆ, G. et al. A New Fuzzy Risk Management Model for Production Supply Chain Economic and Social Sustainability. **Economic Research-Ekonomska Istrazivanja**, v. 32, n. 1, p. 1697–1715, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85069770511&doi=10.1080%2F1331677X.2019.1638287&partnerID=40&md5=eed86598632593fc32165407e87ab971>>.

EHRGOTT, M. et al. Environmental development of emerging economy suppliers: Antecedents and outcomes. **Journal of Business Logistics**, v. 34, n. 2, p. 131–147, 2013.

EISENHARDT, K. M. Agency Theory: An Assessment and Review. **The Academy of Management Review**, v. 14, n. 1, p. 57–74, 1989.

ELMSALMI, M.; HACHICHA, W.; ALJUAID, A. M. Modeling sustainable risks mitigation strategies using a morphological analysis-based approach: A real case study. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 21, 2021.

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2019/20)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 26 fev. 2021.

FAN, Z. P. et al. Extended TODIM method for hybrid multiple attribute decision making problems. **Knowledge-Based Systems**, v. 42, p. 40–48, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.knosys.2012.12.014>>.

FAO. **Food hygiene Basic texts**. 4. ed. Roma, Itália.: World Health Organization Nations, Food and agriculture organization of the united, 2009.

FAZLI, S.; KIANI MAVI, R.; VOSOOGHIDIZAJI, M. Crude oil supply chain risk management with DEMATEL–ANP. **Operational Research**, v. 15, n. 3, p. 453–480, 2015.

- FERREIRA, F. D. A. L. et al. Supply chain risk analysis: a shipbuilding industry case. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 21, n. 5, p. 542–556, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85046619443&doi=10.1080%2F13675567.2018.1472748&partnerID=40&md5=59be7411df8f705ace57101d9c816343>>.
- FILHO, M. C. F.; SILVA, S. F. da; SILVA, R. F. da. Ações de responsabilidade socioambiental de agroindústrias de polpa de açaí socio-environmental responsibility actions in agroindustries of açaí pulp. **Reuna**, v. 18, p. 21–36, 2013. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/21128/acoes-de-responsabilidade-socioambiental-de-agroindustrias-de-polpa-de-acai/i/pt-br>>.
- FOERSTL, K. et al. Managing supplier sustainability risks in a dynamically changing environment-Sustainable supplier management in the chemical industry. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 16, n. 2, p. 118–130, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pursup.2010.03.011>>.
- FOERSTL, K.; MEINLSCHMIDT, J.; BUSSE, C. It's a match! Choosing information processing mechanisms to address sustainability-related uncertainty in sustainable supply management. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 24, n. 3, p. 204–217, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pursup.2018.02.002>>.
- FOROOZESH, N.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R. MOUSAVI, S. M. Sustainable-supplier selection for manufacturing services: a failure mode and effects analysis model based on interval-valued fuzzy group decision-making. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 95, n. 9–12, p. 3609–3629, 2018.
- FRANCO, A.; SHAW, D.; WESTCOMBE, M. Taking problem structuring methods forward. **Journal of the Operational Research Society**, v. 58, n. 5, p. 545–546, 2007.
- FREISE, M.; SEURING, S. Social and environmental risk management in supply chains: a survey in the clothing industry. **Logistics Research**, v. 8, n. 1, 2015.
- FREITAS, A. H. A.; MAGRINI, A. Multi-criteria decision-making to support sustainable water management in a mining complex in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 118–128, 2013.
- FREITAS JUNIOR, V. et al. Design Science Research Methodology Enquanto Estratégia Metodológica para a Pesquisa Tecnológica. **Revistas Espacios**, v. 38Q, n. 6, p. 25, 2017.
- FRENCH, S. Cynefin, statistics and decision analysis. **Journal of the Operational Research Society**, v. 64, n. 4, p. 547–561, 2013.
- FRENCH, S. Cynefin: Uncertainty, small worlds and scenarios. **Journal of the Operational Research Society**, v. 66, n. 10, p. 1635–1645, 2015.
- FRENCH, S.; GELDERMANN, J. The varied contexts of environmental decision problems and their implications for decision support. **Environmental Science and Policy**, v. 8, n. 4, p. 378–391, 2005.
- FRENCH, S.; MAULE, J.; PAPAMICHAIL, N. **Decision behaviour, analysis and support**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

FRENCH, S.; MORTON, A.; RENN, O. Special issue on risk management. **Euro Journal on Decision Processes**, v. 1, n. 3–4, p. 165–168, 2013.

FU, H. et al. Weather risk-reward contract for sustainable agri-food supply chain with loss-averse farmer. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 12, 2018.

GAO, H. et al. Identifying critical causal criteria of green supplier evaluation using heterogeneous judgements: An integrated approach based on cloud model and DEMATEL. **Applied Soft Computing**, v. 113, p. 107882, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107882>>.

GIANNAKIS, M.; PAPADOPOULOS, T. Supply chain sustainability: A risk management approach. **International Journal of Production Economics**, v. 171, p. 455–470, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.06.032>>.

GIAROLA, S.; BEZZO, F.; SHAH, N. A risk management approach to the economic and environmental strategic design of ethanol supply chains. **Biomass and Bioenergy**, v. 58, n. 0, p. 31–51, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.08.005>>.

GÖÇER, A.; FAWCETT, S. E.; TUNA, O. What does the sustainability-risk interaction look like? Exploring nuanced relationships in emerging economy sustainability initiatives. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 8, 2018.

GOVINDAN, K.; KHODAVERDI, R.; JAFARIAN, A. A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 345–354, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.04.014>>.

GUINÉE, J. B. et al. Life cycle assessment: Past, present, and future. **Environmental Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 90–96, 2011.

HAERI, S. A. S.; REZAEI, J. A grey-based green supplier selection model for uncertain environments. **Journal of Cleaner Production**, v. 221, p. 768–784, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.193>>.

HAJMOHAMMAD, S.; SHEVCHENKO, A. Mitigating sustainability risk in supplier populations: an agent-based simulation study. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 40, n. 7–8, p. 897–920, 2020.

HAJMOHAMMAD, S.; VACHON, S. Mitigation, Avoidance, or Acceptance? Managing Supplier Sustainability Risk. **Journal of Supply Chain Management**, v. 52, n. 2, p. 48–65, 2016.

HARTMANN, J.; MOELLER, S. Chain liability in multitier supply chains? Responsibility attributions for unsustainable supplier behavior. **Journal of Operations Management**, v. 32, n. 5, p. 281–294, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2014.01.005>>.

HASHIM, M. et al. Application of multi-objective optimization based on genetic algorithm for sustainable strategic supplier selection under fuzzy environment. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 10, n. 2Special Issue, p. 188–212, 2017.

HEVNER, A. R. et al. Design science in information systems research. **MIS Quarterly**:

Management Information Systems, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.

HIRSCH, B.; MEYER, M. Integrating soft factors into the assessment of cooperative relationships between firms: Accounting for reputation and ethical values. **Business Ethics**, v. 19, n. 1, p. 81–94, 2010.

HO, W. et al. Supply chain risk management: A literature review. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 16, p. 5031–5069, 2015.

HOFMANN, H. et al. Sustainability-Related Supply Chain Risks: Conceptualization and Management. **Business Strategy and the Environment**, v. 23, n. 3, p. 160–172, 2014.

HOMMA, A. K. O. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia? **estudos avançados**, v. 26, n. 74, p. 167–186, 2012.

HOWARD, N. **Paradoxes of Rationality: Games, Metagames, and Political Behavior: Theory of Metagames and Political Behavior**. 1. ed. [s.l.] Mit Press, 2003.

HSU, C. H. et al. Deploying resilience enablers to mitigate risks in sustainable fashion supply chains. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 5, p. 1–24, 2021.

HSU, C.; LIOU, J. J. H.; CHUANG, Y. Expert Systems with Applications Integrating DANP and modified grey relation theory for the selection of an outsourcing provider. **Expert Systems With Applications**, v. 40, n. 6, p. 2297–2304, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.10.040>>.

HSU, C. W. et al. Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, v. 56, p. 164–172, 2013.

HUANG, G.; XIAO, L. Failure mode and effect analysis: An interval-valued intuitionistic fuzzy cloud theory-based method. **Applied Soft Computing**, v. 98, p. 106834, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106834>>.

HUANG, J. et al. An improved reliability model for FMEA using probabilistic linguistic term sets and TODIM method. **Annals of Operations Research**, n. 0123456789, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10479-019-03447-0>>.

HUBBARD, G. Measuring organizational performance: Beyond the triple bottom line. **Business Strategy and the Environment**, v. 18, n. 3, p. 177–191, 2009.

HULT, G. T. M.; CRAIGHEAD, C. W.; KETCHEN, D. J. Risk uncertainty and supply chain decisions: A real options perspective. **Decision Sciences**, v. 41, n. 3, p. 435–458, 2010.

IBGE. **Pesquisa da pecuária**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/b25372bebf621f8c789c4fda346d1a9.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.

IJADI MAGHSOODI, A. et al. CLUS-MCDA: A novel framework based on cluster analysis and multiple criteria decision theory in a supplier selection problem. **Computers and Industrial Engineering**, v. 118, p. 409–422, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.03.011>>.

IPAM. Desafios para a sustentabilidade na cadeia do açaí. 2018.

ISO 22000. **Food Safety Management Systems, International Organization for Standardization**. Disponível em:

<<https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100430.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

IZADIKHAH, M.; SAEN, R. F.; ROOSTAEE, R. How to assess sustainability of suppliers in the presence of volume discount and negative data in data envelopment analysis? **Annals of Operations Research**, v. 269, n. 1–2, p. 241–267, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10479-018-2790-6>>.

JIA, M.; STEVENSON, M.; HENDRY, L. A systematic literature review on sustainability-oriented supplier development. **Production Planning and Control**, p. 1–54, 2021.

JIA, R.; LIU, Y.; BAI, X. Sustainable supplier selection and order allocation: Distributionally robust goal programming model and tractable approximation. **Computers and Industrial Engineering**, v. 140, n. January, p. 106267, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106267>>.

JIANYING, F. et al. Evaluation on risks of sustainable supply chain based on optimized BP neural networks in fresh grape industry. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 183, n. January, p. 1–11, 2021.

JÜTTNER, U.; PECK, H.; CHRISTOPHER, M. Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 6, n. 4, p. 197–210, 2003.

KAHNEMAN, D.; SLOVIC, P.; TVERSKY, A. **Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases**. Cambridge.: Cambridge University Press, 1982.

KAHNEMAN, D.; TVERSKY, A. **Prospect theory: An analysis of decision under risk**. [s.l.: s.n.]v. 47

KAHRAMAN, C.; ERTAY, T.; BÜYÜKÖZKAN, G. A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. **European Journal of Operational Research**, v. 171, n. 2, p. 390–411, 2006.

KAUFMANN, L.; CARTER, C. R.; RAUER, J. The Coevolution of Relationship Dominant Logic and Supply Risk Mitigation Strategies. **Journal of Business Logistics**, v. 37, n. 2, p. 87–106, 2016.

KEENEY, R. L.; GREGORY, R. S. Selecting attributes to measure the achievement of objectives. **Operations Research**, v. 53, n. 1, p. 1–11, 2005.

KELLER, L. R. **The Role Of Generalized Utility Theories In Decision Analysis** **Information and Decision Technologies**, 1989. .

KLASSEN, R. D.; VEREECKE, A. Social issues in supply chains: Capabilities link responsibility, risk (opportunity), and performance. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 1, p. 103–115, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.021>>.

- KNOLL, S. et al. The Sino-Brazilian beef supply chain: mapping and risk detection. **British Food Journal**, v. 119, n. 1, p. 164–180, 2017.
- KORB, K. B.; NICHOLSON, A. E. **Bayesian Artificial Intelligence**. 2^a ed. [s.l.] CRC Press, 2010.
- KULL, T. J.; OKE, A.; DOOLEY, K. J. Supplier selection behavior under uncertainty: Contextual and cognitive effects on risk perception and choice. **Decision Sciences**, v. 45, n. 3, p. 467–505, 2014.
- KUMAR, A. et al. Mitigate risks in perishable food supply chains: Learning from COVID-19. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 166, n. January, p. 120643, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120643>>.
- KUO, T. A modified TOPSIS with a different ranking index. **European Journal of Operational Research**, v. 260, n. 1, p. 152–160, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2016.11.052>>.
- KURTZ, C. F.; SNOWDEN, D. J. The new dynamics of strategy: Sense-making in a complex and complicated world. **IBM Systems Journal**, v. 42, n. 3, p. 462–483, 2003.
- LACERDA, D. P. et al. Design Science Research: A research method to production engineering. **Gestao e Producao**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.
- LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Management Information Systems: Managing the Digital Firm**. New Jersey: Prentice Hall, 2009.
- LE GAL, P. Y. et al. Coupled modelling of sugarcane supply planning and logistics as a management tool. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 68, n. 2, p. 168–177, 2009.
- LEI, W.; MA, W.; SUN, B. Multigranulation behavioral three-way group decisions under hesitant fuzzy linguistic environment. **Information Sciences**, v. 537, p. 91–115, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.05.025>>.
- LEMKE, F.; PETERSEN, H. L. Teaching reputational risk management in the supply chain. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 18, n. 4, p. 413–428, 2013.
- LEÓN-BRAVO, V.; CANIATO, F.; CARIDI, M. Sustainability in multiple stages of the food supply chain in Italy: practices, performance and reputation. **Operations Management Research**, v. 12, n. 1–2, p. 40–61, 2019.
- LEPPELT, T. et al. Sustainability management beyond organizational boundaries-sustainable supplier relationship management in the chemical industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 56, p. 94–102, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.011>>.
- LEVNER, E.; DE PABLO, D. A. L.; GANOULIS, J. Risk management of transboundary water resources using the green supply chain approach. **International Journal of Risk Assessment and Management**, v. 10, n. 4, p. 357–372, 2008.
- LI, J.; FANG, H.; SONG, W. Sustainability evaluation via variable precision rough set approach: A photovoltaic module supplier case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 192, p. 751–765, 2018.

LIMA JUNIOR, F.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 781–801, 2012.

LIU, H. C.; YOU, J. X.; DUAN, C. Y. An integrated approach for failure mode and effect analysis under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. **International Journal of Production Economics**, v. 207, p. 163–172, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.03.008>>.

LIU, P.; LI, Y. An improved failure mode and effect analysis method for multi-criteria group decision-making in green logistics risk assessment. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 215, n. 5, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.res.2021.107826>>.

MANDAL, S. Towards a new framework for sustainable supply chain management. **International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering**, v. 3, n. 3, p. 1–12, 2013.

MANGLA, S. K.; LUTHRA, S.; JAKHAR, S. Benchmarking the risk assessment in green supply chain using fuzzy approach to FMEA: Insights from an Indian case study. **Benchmarking**, v. 25, n. 8, p. 2660–2687, 2018.

MANI, V. et al. Mitigating Supply Chain Risk via Sustainability Using Big Data Analytics: Evidence from the Manufacturing Supply Chain. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 4, 2017.

MANNING, L.; BAINES, R. N.; CHADD, S. A. Ethical modelling of the food supply chain. **British Food Journal**, v. 108, n. 5, p. 358–370, 2006.

MANSON, N. Is operations research really research? **ORiON**, v. 22, n. 2, p. 155–180, 2006.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, 1995.

MCFALL, J. P. Rational, normative, descriptive, prescriptive, or choice behavior? The search for integrative metatheory of decision making. **Behavioral Development Bulletin**, v. 20, n. 1, p. 45–59, 2015.

MEDINA-SERRANO, R. et al. How to evaluate supply chain risks, including sustainable aspects? A case study from the German industry. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 14, n. 2, p. 120–134, 2021.

MELNYK, S. A. et al. Is performance measurement and management fit for the future? **Management Accounting Research**, v. 25, n. 2, p. 173–186, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.mar.2013.07.007>>.

MENDONÇA, V.; DEL BIANCHI, V. Agronegócio do açaí (Euterpe Oleracea Mart.) no município de Pinheiro - MA. **Revista SODEBRAS**, v. 9, n. 2010, p. 62–65, 2014.

MEQDADI, O. et al. Monitoring and mentoring strategies for diffusing sustainability in supply networks. **Supply Chain Management**, v. 25, n. 6, p. 729–746, 2020.

MICHALOS, A. C.; SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. [s.l.: s.n.]v. 11

- MIEMCZYK, J.; LUZZINI, D. Achieving triple bottom line sustainability in supply chains: The role of environmental, social and risk assessment practices. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 39, n. 2, p. 238–259, 2019.
- MINTZBERG, H.; WATERS, J. A. Of strategies, deliberate and emergent. **Strategic Management Journal**, v. 6, n. 3, p. 257–272, 1985.
- MITCHELL, R.; AGLE, B.; WOOD, D. Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts. **Academy of Management Review**, v. 22, n. 4, p. 853–86, 1997.
- MOJTAHEDI, S. M. H.; MOUSAVI, S. M.; MAKUI, A. Project risk identification and assessment simultaneously using multi-attribute group decision making technique. **Safety Science**, v. 48, n. 4, p. 499–507, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2009.12.016>>.
- MOKTADIR, M. A. et al. Analysis of risk factors in sustainable supply chain management in an emerging economy of leather industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 283, p. 124641, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124641>>.
- MONTIBELLER, G.; GUMMER, H.; DANIELE TUMIDEI. Combining Scenario Planning and Multi-Criteria Decision Analysis in Practice. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 14, p. 5–20, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/mcda.442>>.
- MONTOYA-TORRES, J. R.; GUTIERREZ-FRANCO, E.; BLANCO, E. E. Conceptual framework for measuring carbon footprint in supply chains. **Production Planning and Control**, v. 26, n. 4, p. 265–279, 2015.
- MORAIS, D. O. C.; SILVESTRE, B. S. Advancing social sustainability in supply chain management: Lessons from multiple case studies in an emerging economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 199, p. 222–235, 2018.
- MORALI, O.; SEARCY, C. A Review of Sustainable Supply Chain Management Practices in Canada. **Journal of Business Ethics**, v. 117, n. 3, p. 635–658, 2013.
- MOUSAVI, S. M. et al. A new soft computing approach for green supplier selection problem with interval type-2 trapezoidal fuzzy statistical group decision and avoidance of information loss. **Soft Computing**, v. 24, n. 16, p. 12313–12327, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00500-020-04675-4>>.
- MULYATI, H.; GELDERMANN, J. Managing risks in the Indonesian seaweed supply chain. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 1, p. 175–189, 2017.
- MURILLO-LUNA, J. L.; GARCES-AYERBE, C.; RIVERA-TORRES, P. WHY DO PATTERNS OF ENVIRONMENTAL RESPONSE DIFFER? A STAKEHOLDERS' PRESSURE APPROACH. **Strategic Management Journal**, v. 29, n. April, p. 1225–1240, 2008.
- NICULAE, C.; FRENCH, S.; CARTER, E. Emergency management: Does it have a sufficiently comprehensive understanding of decision-making, process and context? **Radiation Protection Dosimetry**, v. 109, n. 1–2, p. 97–100, 2004.

NOBANEE, H. et al. A bibliometric analysis of sustainability and risk management. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 6, p. 1–16, 2021.

OLIVEIRA, M. do S. P. de et al. Cultivo do Açaizeiro para Produção de Frutos. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA**, v. circular t, n. 1, p. 18, 2002.

OLIVEIRA, F. N. D.; LEIRAS, A.; CERYNO, P. Environmental risk management in supply chains: A taxonomy, a framework and future research avenues. **Journal of Cleaner Production**, v. 232, p. 1257–1271, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067293754&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2019.06.032&partnerID=40&md5=17eda6ad69e69f2dd2a066b6f1340911>>.

OZTAYSI, B. A decision model for information technology selection using AHP integrated TOPSIS-Grey: The case of content management systems. **Knowledge-Based Systems**, v. 70, p. 44–54, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.knosys.2014.02.010>>.

OZTURKOGLU, Y.; KAZANCOGLU, Y.; OZKAN-OZEN, Y. D. A sustainable and preventative risk management model for ship recycling industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 238, 2019.

PAYNE, J. .; BETTMAN, J. .; JOHNSON, E. . **The Adaptive Decision Maker**. [s.l: s.n.]

PEFFERS, K. et al. A design science research methodology for information systems research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45–77, 2007.

PETERSEN, B.; SCHÜTZ, V. **Experiences in intercompany quality management: Quality objectives and quality policy**. [s.l: s.n.]

PHOCHANIKORN, P.; TAN, C. An integrated multi-criteria decision-making model based on prospect theory for green supplier selection under uncertain environment: A case study of the Thailand palm oil products industry. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 7, 2019.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D. Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos. **Revista de Educação a Distância e Elearning**, v. 3, n. 1, p. 37–61, 2020.

PINEDA, R. Making the climate change issue “real” for managers. **Journal of Global Responsibility**, v. 7, n. 1, p. 84–97, 2016.

PINTO, L. F. P.; OLIVEIRA, E. A. de A. Q. ASPECTOS DA PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO AÇAÍ QUE CONTRIBUEM PARA A SUA SUSTENTABILIDADE. In: ATENA (Ed.). **A gestão da cadeia logística**. 1. ed. [s.l: s.n.]p. 24.

PMC. **Açaí: castanhal já reúne o maior Parque industrial em todo o estado**. Disponível em: <<http://www.castanhal.pa.gov.br/acai-castanhal-ja-reune-o-maior-parque-industrial-em-todo-o-estado/>>. Acesso em: 4 mar. 2021.

POPLAWSKA, J.; LABIB, A.; REED, D. M. From vicious to virtuous circles: Problem structuring for quantified decision making in operationalization of corporate social responsibility. **Journal of the Operational Research Society**, v. 68, n. 3, p. 291–307, 2017.

POURJAVAD, E.; SHAHIN, A. A hybrid model for analyzing the risks of green supply chain in a fuzzy environment. **Journal of Industrial and Production Engineering**, v. 37, n. 8, p. 422–433, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/21681015.2020.1833995>>.

POURMEHDI, M.; PAYDAR, M. M.; ASADI-GANGRAJ, E. Reaching sustainability through collection center selection considering risk: using the integration of Fuzzy ANP-TOPSIS and FMEA. **Soft Computing**, v. 25, n. 16, p. 10885–10899, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00500-021-05786-2>>.

PRAKASH, S. et al. Prioritisation and assessment of collaboration decisions for supply chain with risk considerations using TOPSIS. **International Journal of Advanced Operations Management**, v. 8, n. 3, p. 168–184, 2016. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018997395&doi=10.1504%2FIJAOM.2016.081302&partnerID=40&md5=6e503129e6b1c41c38c14b20520c3df7>>.

PROCON. **Relatórios de Campanhas de Recall**. Disponível em: <<https://sistemas.procon.sp.gov.br/recall/>>. Acesso em: 27 fev. 2021.

PUERTAS, R.; MARTI, L.; GARCIA-ALVAREZ-COQUE, J. M. Food supply without risk: Multicriteria analysis of institutional conditions of exporters. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 3432, 2020.

QAZI, A. et al. Supply chain risk network management: A Bayesian belief network and expected utility based approach for managing supply chain risks. **International Journal of Production Economics**, v. 196, n. November 2017, p. 24–42, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.11.008>>.

QIN, J.; LIU, X.; PEDRYCZ, W. An extended TODIM multi-criteria group decision making method for green supplier selection in interval type-2 fuzzy environment. **European Journal of Operational Research**, v. 258, n. 2, p. 626–638, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2016.09.059>>.

RAMOS, M. O.; DA SILVA, E. M. Uma Perspectiva da Estutura Cynefin sobre Modelos de Suporte a Decisão. In: XLV Encontro da ANPAD - EnANPAD 2021, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANPAD, 2021.

RAMOS, M. O.; DA SILVA, E. M.; LIMA-JÚNIOR, F. R. A fuzzy AHP approach to select suppliers in the Brazilian food supply chain. **Production**, v. 30, p. 1–16, 2020.

RAMOS, M. O.; MARTINS, J. S.; LONGHI, A. **Boas Práticas no processamento de alimentos da sociobiodiversidade**. 1. ed. Maquiné – RS: Coletivo Catarse Editora, 2019.

REINERTH, D.; BUSSE, C.; WAGNER, S. M. Using Country Sustainability Risk to Inform Sustainable Supply Chain Management: A Design Science Study. **Journal of Business Logistics**, v. 40, n. 3, p. 241–264, 2019.

RENTIZELAS, A. et al. Social sustainability in the oil and gas industry: institutional pressure and the management of sustainable supply chains. **Annals of Operations Research**, p. 1–22, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10479-018-2821-3>>.

RITCHIE, B.; BRINDLEY, C. Supply chain risk management and performance: A guiding

framework for future development. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 27, n. 3, p. 303–322, 2007.

RODRIGUES, E. C. N.; RIBEIRO, S. C. A.; SILVA, F. L. Influência da cadeia produtiva do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) na geração de renda e fortalecimento de unidades familiares de produção, Tomé Açú-Pará. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, p. 23, 2015.

ROEHRICH, J. K.; GROSVOLD, J.; HOEJMOSE, S. U. Reputational risks and sustainable supply chain management Decision making under bounded rationality. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 34, n. 5, SI, p. 695–719, 2014.

ROSALES, F. P. et al. Supply chain risks: findings from Brazilian slaughterhouses. **Supply Chain Management**, v. 25, n. 3, p. 343–357, 2019.

RÜLING, C. C. Popular concepts and the business management press. **Scandinavian Journal of Management**, v. 21, n. 2, p. 177–195, 2005.

SAFARI, H.; FARAJI, Z.; MAJIDIAN, S. Identifying and evaluating enterprise architecture risks using FMEA and fuzzy VIKOR. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 27, n. 2, p. 475–486, 2016.

SAMUELSON, P. A. A Note on the Pure Theory of Consumer's Behaviour. **Economica**, v. 5, n. 17, p. 61, 1938.

SAMVEDI, A. et al. Information system selection for a supply chain based on current trends: the BRIGS approach. **Neural Computing and Applications**, v. 30, n. 5, p. 1619–1633, 2018.

SANG, X.; LIU, X. An interval type-2 fuzzy sets-based TODIM method and its application to green supplier selection. **Journal of the Operational Research Society**, v. 67, n. 5, p. 722–734, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1057/jors.2015.86>>.

SANTANA, A. C.; CARVALHO, D. F.; MENDES, F. A. T. **Organização e competitividade das empresas de polpa de frutas do estado do Pará: 1995 a 2004**. 1. ed. Belém: Editora UNAMA, 2010.

SCHLEPER, M. C.; BUSSE, C. Toward a standardized supplier code of ethics: Development of a design concept based on diffusion of innovation theory. **Logistics Research**, v. 6, n. 4, p. 187–216, 2013.

SERRA, F. R. **Açaí (fruto). Análise Mensal Março 2019**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai/item/download/25312_2335ac0327e2c3b9ea5997c46bea0b09>. Acesso em: 21 fev. 2021.

SEURING, S.; BRIX-ASALA, C.; KHALID, R. U. Analyzing base-of-the-pyramid projects through sustainable supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 1086–1097, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.102>>.

SHAD, M. K. et al. Integrating sustainability reporting into enterprise risk management and its relationship with business performance: A conceptual framework. **Journal of Cleaner Production**, v. 208, p. 415–425, 2019.

SHALIQUE, M. S. et al. Adoption of symbolic versus substantive sustainability practices by lower-tier suppliers: a behavioural view. **International Journal of Production Research**, 2021.

SHANKAR, R.; CHOUDHARY, D.; JHARKHARIA, S. An integrated risk assessment model: A case of sustainable freight transportation systems. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 63, p. 662–676, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.07.003>>.

SILVA, R. F. da; VASCONCELOS, A. M. de A. Responsabilidade Socioambiental: Uma reflexão das ações adotadas pela agroindústria belaiaca. **Revista Movendo Idéias**, v. 18, n. 1, p. 117–131, 2011.

SILVA, S. F. da. **Redes Sociais de Gerentes de Empresas: Relacionamentos que Auxiliam no Desenvolvimento das Agroindústrias de Açaí**. 2013. Mestrado em Administração. Universidade da Amazônia, 2013.

SILVA, M. C. D. N. **Competitividades das Agroindústrias de polpa de frutas das mesorregiões Metropolitana de Belém e Nordeste Paraense (1996 a 2003)**. 2006. Mestrado em Economia. Universidade da Amazônia, 2006.

SIMANGUNSONG, E.; HENDRY, L. C.; STEVENSON, M. Managing supply chain uncertainty with emerging ethical issues. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 36, n. 10, p. 1272–1307, 2016.

SIMON, H. A. A Behavioral Model of Rational Choice. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 69, n. 1, p. 99–118, 1955.

SIMON, H. A. **The new science of management decision**. New York: Harper and Row, 1960.

SIMON, H. A. **The New Science of Management Decision**. Revised ed ed. [s.l: s.n.]

SIMON, H. A. **The sciences of the artificial**. 3. ed. Cambridge, Reino Unido: Mit Press, 1996.

SINHA, A. K.; ANAND, A. Development of sustainable supplier selection index for new product development using multi criteria decision making. **Journal of Cleaner Production**, v. 197, p. 1587–1596, 2018.

SNOWDEN, D. Complex acts of knowing: Paradox and descriptive self-awareness. **Journal of Knowledge Management**, v. 6, n. 2, p. 100–111, 2002.

SNOWDEN, D. J. A Leader 's Framework for Decision Making A leaders guide to Decision Making Please note that the IP in this article is held by HBR and cannot be shared. **Harvard business review**, v. 11, n. December 2007, p. 68–76, 2018.

SNOWDEN, D. J.; BOONE, M. E. A Leader 's Framework. **Harvard Business Review**, v. 85, n. 11, p. 68–76, 2007. Disponível em:

<[http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.uwe.ac.uk/ehost/detail?vid=3&sid=25ea5a61-d152-4aa0-9c71-](http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.uwe.ac.uk/ehost/detail?vid=3&sid=25ea5a61-d152-4aa0-9c71-84e924d9263e@sessionmgr111&hid=118&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZQ==#db=buh)

[84e924d9263e@sessionmgr111&hid=118&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZQ==#db=buh](http://web.b.ebscohost.com.ezproxy.uwe.ac.uk/ehost/detail?vid=3&sid=25ea5a61-d152-4aa0-9c71-84e924d9263e@sessionmgr111&hid=118&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZQ==#db=buh)

&AN=27036324>.

SONG, W.; MING, X.; LIU, H. C. Identifying critical risk factors of sustainable supply chain management: A rough strength-relation analysis method. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 100–115, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.145>>.

SONG, Y. et al. Risky multi-criteria group decision making on green capacity investment projects based on supply chain. **Journal of Business Economics and Management**, v. 18, n. 3, p. 355–372, 2017.

SPISSO, B. F.; NÓBREGA, A. W. de; MARQUES, M. A. S. Resíduos e contaminantes químicos em alimentos de origem animal no Brasil: histórico, legislação e atuação da vigilância sanitária e demais sistemas regulatórios. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, n. 6, p. 2091–2106, 2009.

STEINLE, C.; SCHIELE, H.; ERNST, T. Information Asymmetries as Antecedents of Opportunism in Buyer-Supplier Relationships: Testing Principal-Agent Theory. **Journal of Business-to-Business Marketing**, v. 21, n. 2, p. 123–140, 2014.

STONEBRAKER, P. W.; GOLDBAR, J.; NASSOS, G. Weak links in the supply chain: Measuring fragility and sustainability. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 2, p. 161–177, 2009. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84993099357&doi=10.1108%2F17410380910929600&partnerID=40&md5=9447f2a81d947ea6e7ba61ec29247289>>.

SVENSSON, G. et al. Developing a theory of focal company business sustainability efforts in connection with supply chain stakeholders. **Supply Chain Management**, v. 23, n. 1, p. 16–32, 2018.

TAHA, H. A. **Operations Research**. 10^a ed. [s.l.] Pearson, 2016.

TAKEDA, H. et al. Design in the Ideal Knowledge. **AI Magazine**, v. 11, n. 4, p. 37–48, 1990. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/fe9a/56d8e6f8d0fdec42abfe12b357d3c2d110c6.pdf>>.

TAN, B.; ÇÖMDEN, N. Agricultural planning of annual plants under demand, maturation, harvest, and yield risk. **European Journal of Operational Research**, v. 220, n. 2, p. 539–549, 2012.

TATE, W. L.; ELLRAM, L. M.; DOOLEY, K. J. Environmental purchasing and supplier management (EPSM): Theory and practice. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 18, n. 3, p. 173–188, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pursup.2012.07.001>>.

TAVAKOLI HAJI ABADI, Y.; AVAKH DARESTANI, S. Evaluation of sustainable supply chain risk: evidence from the Iranian food industry. **Journal of Science and Technology Policy Management**, 2021.

TAVARES, G. dos S.; HOMMA, A. K. O. Comercialização do Açaí no Estado do Pará: **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 1, n. setiembre, p. 1–13, 2015.

- TEUSCHER, P.; GRÜNINGER, B.; FERDINAND, N. Risk management in Sustainable Supply Chain Management (SSCM): Lessons learnt from the case of GMO-free soybeans. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 13, n. 1, p. 1–10, 2006. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-324444448484&doi=10.1002%2Fcsr.81&partnerID=40&md5=c3a63ed971b068ef9c79aad77f882c5>>.
- THIEL, D.; LE HOA VO, T.; HOVELAQUE, V. Forecasts impacts on sanitary risk during a crisis: A case study. **International Journal of Logistics Management**, v. 25, n. 2, p. 358–378, 2014.
- THOENI, A.; TAUDES, A.; TJOA, A. M. An information system for assessing the likelihood of child labor in supplier locations leveraging Bayesian networks and text mining. **Information Systems and e-Business Management**, v. 16, n. 2, SI, p. 443–476, 2018.
- THÖNI, A.; MADLBERGER, L.; SCHATTEN, A. **Companies as drivers of sustainability - Towards requirements for an integrative sustainability risk management system**. Disponível em: <https://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_234886.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- TONG, X. et al. Technical assistance, inspection regime, and corporate social responsibility performance: A behavioural perspective. **International Journal of Production Economics**, v. 206, p. 59–69, 2018.
- TOUBOULIC, A.; WALKER, H. Theories in sustainable supply chain management: a structured literature review. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 45, n. 1/2, 2015.
- TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review* Introduction: the need for an evidence- informed approach. **British Journal of Management**, v. 14, p. 207–222, 2003.
- TSAO, Y. C. et al. Sustainable newsvendor models under trade credit. **Journal of Cleaner Production**, v. 141, p. 1478–1491, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.228>>.
- TUKEY, W. **Exploratory Data Analysis**. 1^a ed. [s.l.] Pearson, 1977.
- TUŠER, I.; OULEHLOVÁ, A. Risk assessment and sustainability of wastewater treatment plant operation. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 9, p. 1–17, 2021.
- VACHON, S.; KLASSEN, R. D. Extending green practices across the supply chain: The impact of upstream and downstream integration. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 26, n. 7, p. 795–821, 2006.
- VACHON, S.; KLASSEN, R. D. Environmental management and manufacturing performance: The role of collaboration in the supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 111, n. 2, p. 299–315, 2008.
- VALINEJAD, F.; RAHMANI, D. Sustainability risk management in the supply chain of telecommunication companies: A case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 203, p. 53–

67, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.174>>.

VAN AKEN, J. E. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, p. 219–246, 2004.

VAN DUIJNE, F. H.; VAN AKEN, D.; SCHOUTEN, E. G. Considerations in developing complete and quantified methods for risk assessment. **Safety Science**, v. 46, n. 2, p. 245–254, 2008.

VILLANUEVA-PONCE, R. et al. Impact of suppliers' green attributes in corporate image and financial profit: case maquiladora industry. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 80, n. 5–8, p. 1277–1296, 2015.

VUJOVIĆ, A. et al. ABC Classification of Risk Factors in Production Supply Chains with Uncertain Data. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2017, 2017.

WAGNER, S. M.; MIZGIER, K. J.; PAPAGEORGIOU, S. Operational disruptions and business cycles. **International Journal of Production Economics**, v. 183, p. 66–78, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.10.002>>.

WANG, K. Q. et al. Green supplier evaluation and selection using cloud model theory and the QUALIFLEX method. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 5, p. 1–17, 2017.

WANG, S.; HU, Z. H. Green logistics service supply chain games considering risk preference in fuzzy environments. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 14, p. 1–32, 2021.

WEISBROD, A. et al. Framework for evaluating sustainably sourced renewable materials. **Supply Chain Forum**, v. 17, n. 4, p. 259–272, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/16258312.2016.1258895>>.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. 4. ed. [s.l.] Editora de Desenvolvimento Gerencia, 1995.

WONG, J. T. Dynamic procurement risk management with supplier portfolio selection and order allocation under green market segmentation. **Journal of Cleaner Production**, v. 253, p. 119835, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119835>>.

WU, Y. et al. Supply chain models with corporate social responsibility. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 22, p. 6732–6759, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1346833>>.

WU, Y. et al. An integrated decision-making model for sustainable photovoltaic module supplier selection based on combined weight and cumulative prospect theory. **Energy**, v. 181, p. 1235–1251, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.06.027>>.

WU, Y. et al. A DEMATEL-TODIM based decision framework for PV power generation project in expressway service area under an intuitionistic fuzzy environment. **Journal of Cleaner Production**, v. 247, n. xxxx, p. 119099, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119099>>.

WU, Z.; ELLRAM, L. M.; SCHUCHARD, R. Understanding the role of government and

buyers in supplier energy efficiency initiatives. **Journal of Supply Chain Management**, v. 50, n. 2, p. 84–105, 2014.

YAMAGUCHI, K. K. D. L. et al. **Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review**. [s.l.] Elsevier Ltd, 2015. v. 179

YANG, J.; LIU, H. Research of Vulnerability for Fresh Agricultural-Food Supply Chain Based on Bayesian Network. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2018, 2018.

YAWAR, S. A.; SEURING, S. The role of supplier development in managing social and societal issues in supply chains. **Journal of Cleaner Production**, v. 182, p. 227–237, 2018.

YAZDANI, M. et al. A risk-based integrated decision-making model for green supplier selection: A case study of a construction company in Spain. **Kybernetes**, v. 49, n. 4, p. 1229–1252, 2019.

YIN, R. **Case Study Research Design and Methods**. 5. ed. Thousand Oaks, CA.: Sage, 2014.

YU, C.; HUATUCO, L. H. Supply chain risk management identification and mitigation: A case study in a Chinese dairy company. **Smart Innovation, Systems and Technologies**, v. 52, p. 475–486, 2016.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. **Information and Control**, v. 353, n. 1, p. 338–353, 1965.

ZENG, X.; RABENASOLO, B. Developing a Sustainable Textile / Clothing Supply Chain by Selecting Relevant Materials and Suppliers. **Research Journal of Textile and Apparel**, v. 17, n. 2, p. 101–114, 2013.

ZHANG, X. et al. An approach to evaluating sustainable supply chain risk management based on BWM and linguistic value soft set theory. **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, v. 39, n. 3, p. 4369–4382, 2020.

ZIMMER, K. et al. Assessing social risks of global supply chains: A quantitative analytical approach and its application to supplier selection in the German automotive industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 96–109, 2017.

APÊNDICE A - Revisão Sistemática da Literatura

O objetivo dessa Revisão Sistemática da Literatura foi adicionar ao corpo geral de conhecimento uma síntese de conceitos da Teoria da Decisão para examinar a pesquisa sobre modelagem de decisão na SSCRM de uma maneira nova (DA SILVA et al., 2019).

Para o desenvolvimento da RSL é necessário estabelecer um protocolo para proteger a objetividade e clareza da pesquisa, e fornecer descrições de regras e etapas a serem seguidas. Seguindo a abordagem sistemática de Tranfield, Denyer e Smart (2003), foi definido um protocolo para o desenvolvimento da RSL, que está descrito na Figura 18.

Figura 18. Protocolo para desenvolvimento da Revisão Sistemática da Literatura



Para iniciar o primeiro estágio, de “Planejamento”, estabeleceu-se um intenso processo de leitura e discussão acerca dos principais trabalhos publicado sobre o tema (FOERSTL et al.,

2010; BRANDENBURG et al., 2014; HOFMANN et al., 2014; BUSSE et al., 2016; GIANNAKIS; PAPADOPOULOS, 2016; HAJMOHAMMAD; VACHON, 2016). Essa leitura inicial serviu de embasamento para a definição da questão de pesquisa que devem ser respondidas pela RSL e das palavras-chave (*strings*) utilizadas para a busca de artigos (Quadro 10).

Quadro 10. Questões da Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e strings de busca

Questões	Strings de busca
(Q1) Quais abordagens da teoria da decisão comportamental influenciam nos processos de avaliação de fornecedores no contexto de gerenciamento de riscos relacionados a sustentabilidade?	<i>(decision OR assessment OR evaluation) AND (cognitive OR behavi* OR bias*) AND (risk OR uncertainty) AND (sustainab* OR environment* OR social OR ethic OR reputation OR responsib*) AND ("supply chain" OR supplier)</i>
(Q2) Quais são as fontes de riscos relacionados a sustentabilidade utilizados para avaliar fornecedores nas cadeias de suprimentos agroalimentar?	<i>(sustainab* OR environment* OR social OR ethic OR reputation OR responsib*) AND ("supply chain" OR supplier OR "supplier selection" OR "supplier evaluation" OR "supplier development") AND ("risk management" OR "risk identification" OR "risk practice" OR "risk evaluation" OR "risk assessment" OR "risk treatment") AND ("food industry" OR "food supply chain" OR "agri" OR "agrifood" OR "agroindustry" OR "agribusiness")</i>
(Q3) Quais são os principais modelos de apoio a decisão utilizados para avaliar fornecedores no contexto de gerenciamento de riscos relacionados a sustentabilidade?	<i>(sustainab* OR environment* OR social OR ethic OR reputation OR responsib*) AND ("supply chain" OR supplier OR "supplier selection" OR "supplier evaluation" OR "supplier development") AND ("risk management" OR "risk identification" OR "risk practice" OR "risk evaluation" OR "risk assessment" OR "risk treatment") AND (technique OR tool OR method OR model)</i>

Em seguida, as bases de dados para a coleta dos artigos foram selecionadas. A Web of Science, instituto de Informação Científica da *Thomson Reuters*, e a Scopus, da Elsevier, foram as duas principais bases escolhidas por serem bancos de dados atualizados regularmente, com ampla cobertura da maioria dos artigos científicos (CHADEGANI et al., 2013). Outra base de dados considerada relevante para pesquisa é a ProQuest ABI/Inform, devido à sua cobertura de publicações no campo de “gestão” (RÜLING, 2005).

As *strings* de busca foram inseridas nas três bases de dados, e 3.143 artigos retornaram, sendo que 827 eram duplicados, totalizando 2.316 para iniciar a seleção dos artigos. No primeiro filtro, foi realizada a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, e os artigos que tratavam de um tema diferente da proposta da pesquisa ou eram duplicados foram excluídos,

resultando em 1.754 trabalhos. Em seguida, aplicou-se o segundo filtro, no qual foi feita a leitura da Introdução e Conclusão e aplicados os critérios de inclusão e exclusão que estão presentes no Quadro 11. Após aplicação do 2º filtro, restaram 588 artigos para análise.

Quadro 11. Critérios de inclusão e exclusão

Critério	Inclusão	Exclusão
Acesso	Estar redigido em inglês ou português	Não possuir acesso ao trabalho. Não estar redigido em inglês ou português.
Tipo de documento	Artigos científicos	Jornais de negócios, revistas correntes, conferências, livros e sites.
Foco (1ª pergunta)	Abranger fatores comportamentais dos tomadores de decisão que influenciam o processo de decisão no contexto de gerenciamento de risco voltados para sustentabilidade da cadeia de suprimentos	Conceitos relacionados à ciência dos materiais, ciências biológicas e agrícola, sociologia, fisiologia e saúde
Foco (2ª pergunta)	Fontes de riscos relacionados a sustentabilidade utilizados para selecionar ou avaliar fornecedores nas cadeias de suprimentos agroalimentares	
Foco (3ª pergunta)	Modelos de apoio a decisão voltado para o contexto do gerenciamento de riscos relacionados a sustentabilidade de fornecedores	
Unidade de análise	Organizações ou cadeias de suprimentos, e fornecedores	Comunidades ou não relacionados a organizações e fornecedores
Critérios de Sustentabilidade	Abordar pelo menos o tripé social ou ambiental da sustentabilidade	Artigos puramente econômicos, operacionais ou de segurança alimentar

Com a aplicação do terceiro filtro, quando foi realizada a leitura completa e avaliação da qualidade dos artigos, foi possível determinar a amostra de artigos selecionados para a análise. Dessa forma, após a aplicação dos três filtros, foram identificados 158 artigos para a análise e 19 foram adicionados manualmente mediante técnica de “bola de neve”. No total, 177 artigos foram selecionados para a etapa de análise.

Para realizar o procedimento de seleção e análise dos artigos, foram utilizados os softwares: *Start*, para excluir duplicações e classificar os artigos, e o *Microsoft Office Excel*,

para auxiliar na categorização e análise do conteúdo dos artigos selecionados, respondendo às questões de pesquisa da RSL.

Após a leitura completa dos artigos selecionados, iniciou-se a fase de análise dos artigos. Para isso, foram definidas categorias de classificação. Na primeira temos a classificação genérica, que são os resultados bibliométricos apresentados no tópico a seguir, onde foram extraídas as informações referentes ao(s) ano de publicação e revista, artigos mais citados, aspectos metodológicos utilizados e países de origem dos autores.

Houve também a classificação dos artigos baseado na Teoria da Decisão e, para isso, levantaram-se dados referentes ao *framework* Cynefin, em que as pesquisas foram classificadas baseadas nas fases apontadas pela estrutura. Posteriormente, foi realizada a classificação baseada no SSCRM, e as etapas necessárias para gerenciar riscos relacionados a sustentabilidade foram evidenciadas a partir dos artigos analisados, assim como as fontes de riscos relacionados à sustentabilidade da cadeia de suprimentos agroalimentar, as técnicas de suporte à decisão utilizados para avaliar riscos relacionados a sustentabilidade na cadeia de suprimentos, os tipos de estratégias para tratar riscos relacionados à sustentabilidade, e as formas de interação existentes entre empresas focais e *stakeholders*.

Dessa forma, a RSL foi essencial para: fundamentar a construção do modelo evidenciado na Figura 5 apresentada no Capítulo 2; definir as lacunas que permeiam a literatura do tema, que foram apresentadas no Capítulo 1; e obter fundamentação teórica em todas as fases dessa pesquisa, além de permitir a definição de achados significativos e direções futuras.

Resultados Bibliométricos

Após aplicação do protocolo de pesquisa da RSL (Figura 18), dos quais 177 artigos foram considerados relevantes e receberam uma revisão detalhada, a primeira etapa da análise é examinar onde esses artigos estão publicados.

A Tabela 17 apresenta a quantidade de artigos analisados por periódico e seus respectivos Fatores de Impacto (*Impact factor* – IF) do ano de 2019 do *Journal Citation Reported* (JCR). O índice JCR é utilizado para avaliar a qualidade dos periódicos, se o IF é igual ou superior a 1, há a garantia de um nível mínimo de qualidade destes *journals*. (SCHORSCHS et al., 2017).

Tabela 17. Quantidade de artigos analisados por periódico

JCR (IF ¹)	Periódico	Quantidade de artigos
7.246	Journal of Cleaner Production	29
2.576	Sustainability (Switzerland)	13
5.134	International Journal of Production Economics	11
4.619	International Journal of Operations and Production Management	9
4.577	International Journal of Production Research	6
4.725	Supply Chain Management: An International Journal	4
2.583	Annals of Operations Research	4
4.135	Computers and Industrial Engineering	4
2.429	Clean Technologies and Environmental Policy	3
3.325	International Journal of Logistics Management	3
4.744	International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	3
2.633	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	3
1.100	Mathematical Problems in Engineering	3
3.605	Production Planning and Control	3
2.102	British Food Journal	3
4.213	European Journal of Operational Research	2
4.640	Journal of Purchasing & Supply Management	2
2.175	Journal of the Operational Research Society	2
4.542	Corporate Social Responsibility and Environmental Management	2
3.385	Journal of Manufacturing Technology Management	2
1.600	Journal of Agricultural and Environmental Ethics	2
	Soft Computing	2
Outros		62
Total		177

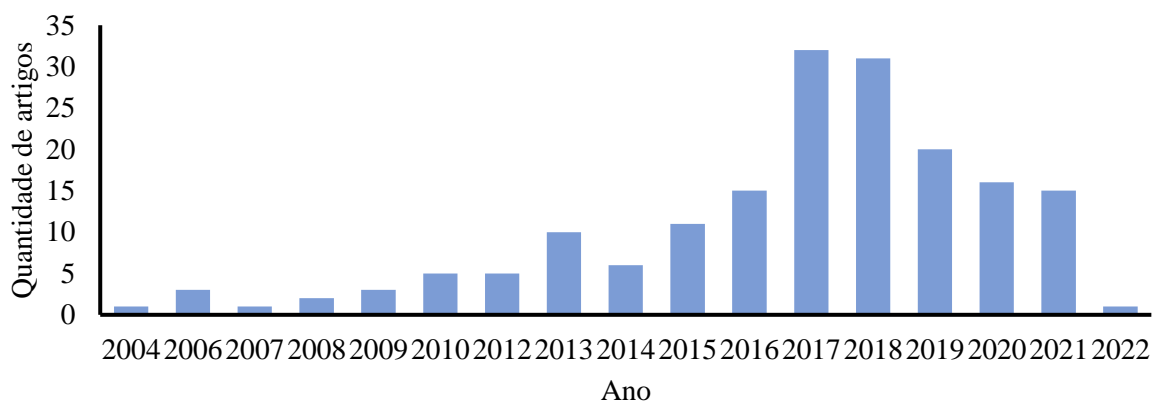
Nota: *Impact factor* (IF); *Journal Citation Reports* (JCR); ¹Fator de Impacto do ano de 2019

O “*Journal of Cleaner Production*” apresentou o maior número de artigos analisados nessa RSL (29 artigos), sendo ainda o periódico com maior IF (7.246) entre os demais analisados, constatando uma boa qualidade dos artigos publicados. Sua disparada diferença na quantidade, quando comparado aos demais periódicos, pode ser explicada pois este *journal* apresenta área de interesse específica sobre Produção Limpa, Meio Ambiente e Sustentabilidade. Já o periódico “*Sustainability (Switzerland)*”, que possui o segundo maior número de artigos, também direciona o foco para estudos relacionados a desafios da sustentabilidade e a abordagens socioeconômicas, científicas e integradas para o desenvolvimento sustentável.

Os 177 artigos analisados foram publicados entre os anos de 2004 e 2022 (Figura 19), sendo a maioria entre os anos de 2017 e 2018. Em 2019, ocorreu uma queda na produção

comparado ao ano de 2018, e essa queda permanece até o ano de 2021. O artigo mais antigo dessa análise é do ano de 2004 (COUSINS; LAMMING; BOWEN, 2004) e trata especificamente de riscos relacionados ao meio ambiente, dando consideração explícita ao papel do risco dos diferentes tipos de iniciativas de fornecedores relacionadas com o ambiente.

Figura 19. Ano de publicação dos artigos analisados



As três vertentes da Sustentabilidade (ambiental, social e econômica) só foram abordadas, dentre os artigos analisados, no ano de 2006 com os trabalhos dos autores Manning, Baines e Chadd, (2006) e Teuscher, Grüninger e Ferdinand (2006). Ambos trazem à luz uma maior preocupação por parte das cadeias de suprimentos alimentícias quanto às suas reputações, visto que havia uma crescente pressão por parte dos *stakeholders* exigindo que essas empresas exercessem práticas mais sustentáveis.

Manning, Baines e Chadd (2006) falam das exigências dos *stakeholders* com questões relacionadas ao bem-estar animal e a gestão ambiental, fazendo com que organizações da cadeia de abastecimento alimentar demonstrassem formalmente seu compromisso com as questões éticas, levando ao desenvolvimento de estratégias de responsabilidade social corporativa e ao uso de modelos de avaliação de riscos relacionados a ética.

Teuscher, Grüninger e Ferdinand (2006) afirmam que a cadeia de suprimentos da soja se tornou mais sustentável a partir do momento que os consumidores pressionaram para excluir a soja transgênica de seus produtos. Eles também apontam para a grande contribuição de padrões e plataformas, como a Iniciativa de Responsabilidade Social Empresarial (*Business Social Compliance Initiative*), Iniciativa de Comércio Ético (*Ethical Trading Initiative*), norma SA8000 e rotulagem *Fairtrade*, enquanto modelos que fornecem orientação útil sobre a prevenção contra riscos potenciais para os *stakeholders*.

Foi identificado uma tendência crescente na literatura do uso de modelos matemáticos para avaliar riscos relacionados à sustentabilidade. Levner, De Pablo e Ganoulis (2008) desenvolveram um modelo de tomada de decisão baseado na Teoria *Fuzzy* em conjunto com o modelo analítico *Quality Function Deployment* (QFD), para estimar quantitativamente e mitigar os riscos da cadeia de suprimentos sob condicionantes geohidrológicas, econômicas, tecnológicas e sociais.

Com o passar dos anos, esses modelos se tornaram mais rebuscados, e em trabalhos recentes há uma forte presença do uso de modelos híbridos (quando utiliza mais de uma técnica para gerar um modelo de avaliação), prevalecendo o uso da Teoria *Fuzzy* com métodos MCDM (ex. WEISBROD et al., 2016; VUJOVIĆ et al., 2017; AWASTHI; GOVINDAN; GOLD, 2018; PUERTAS, MARTI; GARCIA-ALVAREZ-COQUE, 2020).

Entre os 177 artigos analisados, foram identificados os 10 artigos mais citados (ver Tabela 18), com o *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* publicando o artigo mais citado (CARTER; ROGERS, 2008). O artigo seminal desenvolvido por Carter e Rogers (2008) utiliza a construção da teoria conceitual para introduzir o conceito de sustentabilidade, demonstrando as relações entre o desempenho ambiental, social e econômico dentro de um contexto de gestão da cadeia de suprimentos, e menciona o gerenciamento de riscos como um tema recorrente na literatura de sustentabilidade.

Tabela 18. 10 (dez) artigos mais citados

Autores	Nº de citações
Carter e Rogers (2008)	1666
Vachon e Klassen (2006)	858
Govindan, Khodaverdi e Jafarian (2013)	529
Hsu et al. (2013)	319
Qin, Liu e Pedrycz (2017)	294
Klassen e Vereecke (2012)	294
Akkerman, Farahani e Grunow (2010)	284
Awaysheh e Klassen (2010)	248
Foerstl et al. (2010)	235
Giannakis e Papadopoulos (2016)	222
Awasthi, Govindan e Gold (2018)	153

O trabalho de Vachon e Klassen (2006) é o segundo mais citado, e foi publicado na revista *International Journal of Operations & Production Management*. Os autores estudam práticas de cadeia de fornecimento verde, que compreende uma série de atividades intraorganizacionais decorrentes de duas opções muito diferentes para melhorar a gestão

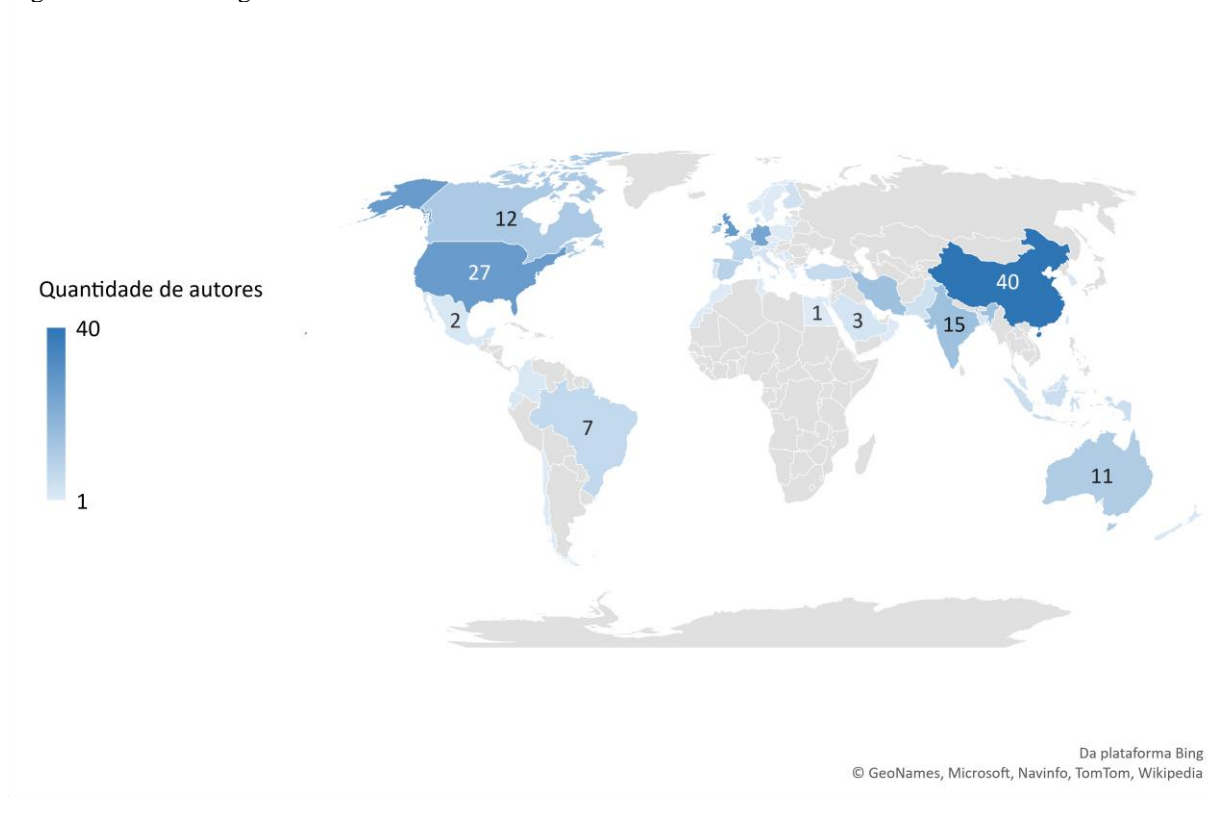
ambiental: solução mútua de problemas versus inspeção e minimização de riscos, que são denominados colaboração ambiental e monitoramento ambiental, respectivamente.

E o terceiro e quarto lugar, ambos publicados no *Journal of Cleaner Production*, receberam 319 e 294 citações, respectivamente (GOVINDAN; KHODAVERDI; JAFARIAN, 2013; HSU et al., 2013). Ambos descrevem a utilização de técnicas de modelagem matemática (*Fuzzy TOPSIS* e *DEMATEL*) para avaliar riscos relacionados à sustentabilidade de fornecedores.

Quanto às publicações relacionadas à cadeia de suprimentos alimentícias, temos o artigo de Klassen e Vereecke (2012) entre os mais citados. Os autores estudaram o tripé social da sustentabilidade na cadeia de fornecimento de alimentos e bebidas e afirmam que, por meio do levantamento de dados tipo *survey*, foi possível conhecer as três capacidades-chaves da gestão social: monitoramento, colaboração e inovação. Além disso, eles conseguiram identificar quatro ligações-chaves que determinam como os gerentes podem trabalhar ativamente para mitigar os riscos sociais, que são: exposição, auditoria, mitigação e desenvolvimento.

Os principais países contribuintes e o número de artigos publicados são mostrados na Figura 20. Este resultado demonstra que o SSCRm atraiu organizações e centros de pesquisa de todo o mundo. A China tem o maior número de publicações sobre o assunto (40), seguido pelo Reino Unido (28), Estados Unidos da América (27) e Alemanha (24).

Figura 20. País de origem dos autores



Dos artigos publicados com autores Brasileiros, três deles caracterizam-se como revisão de literatura (CUNHA; CERYNO; LEIRAS, 2019; DA SILVA et al., 2019; OLIVEIRA; LEIRAS; CERYNO, 2019), e os demais são pesquisas empíricas aplicadas na área de Biocombustível e Alimentos, especificamente na cadeia de fornecimento de carne bovina e soja (TEUSCHER; GRÜNINGER; FERDINAND, 2006; DOS SANTOS et al., 2017; KNOLL et al., 2017; ROSALES et al., 2019), com uma tendência em abordar, principalmente, fontes de riscos ambientais e econômicos.

A abordagem específica das cadeias de suprimentos de carne bovina e soja pode ser explicada pois o país se destaca como o segundo maior produtor de soja (EMBRAPA, 2020), e como o maior exportador de carne bovina do mundo (IBGE, 2020). Dentre as publicações com autores brasileiros, o trabalho de Teuscher, Grüninger e Ferdinand (2006) foi o artigo mais citado, com 86 citações.

Na Tabela 19 é apresentado o esquema de classificação adotado para atribuir um modo de estudo aos 177 artigos analisados, que foram classificados em pesquisa conceituais, estudos empíricos ou ambos (PRAKASH et al., 2016).

Tabela 19. Distribuição de artigos para cada desenho de pesquisa

Método de pesquisa	Quantidade de artigos	Referências Seleccionadas ¹
Pesquisas conceituais		
Revisão de Literatura	14	(BIRKEL et al., 2019; ABOUTORAB et al., 2021; NOBANEE et al., 2021)
Modelos teóricos	1	(MANDAL, 2013)
Modelagem matemática	33	(SONG; MING; LIU, 2017; TSAO et al., 2017; DUBEY; CHAVAS; VEERAMANI, 2018; TONG et al., 2018)
Framework conceitual	11	(LEMKE; PETERSEN, 2013; HOFMANN et al., 2014; SHAD et al., 2019)
Modelo teórico e Modelagem matemática	1	(HIRSCH; MEYER, 2010)
Estudos Empíricos		
Estudo de caso	11	(CANZANIELLO; HARTMANN; FIFKA, 1995; FU et al., 2018; YAWAR; SEURING, 2018)
Estudo de caso e Survey	1	(MANI et al., 2017)
Design Science	3	(STONEBRAKER; GOLDHAR; NASSOS, 2009; SCHLEPER; BUSSE, 2013; BUSSE et al., 2016)
Survey	16	(RENTIZELAS et al., 2018; MIEMCZYK; LUZZINI, 2019; BELHADI et al., 2021)
Estudo Delphi	1	(PETERSEN; SCHÜTZ, 2014)
Pesquisa conceituais e Estudos empíricos		
Framework conceitual e Estudo de caso	5	(MONTROYA-TORRES; GUTIERREZ-FRANCO; BLANCO, 2015; SIMANGUNSONG; HENDRY; STEVENSON, 2016; GÖÇER; FAWCETT; TUNA, 2018)
Framework conceitual e Survey	3	(FREISE; SEURING, 2015; SEURING; BRIX-ASALA; KHALID, 2019)
Framework conceitual e Estudo Delphi	1	(PINEDA, 2016)
Casos hipotéticos (hipóteses) e Survey	6	(HAJMOHAMMAD; VACHON, 2016; DAMERT et al., 2018; SHALIQUE et al., 2021)
Modelagem matemática e Estudo de caso	53	(ZIMMER et al., 2017; AWASTHI; GOVINDAN; GOLD, 2018; HAERI; REZAEI, 2019; MOKTADIR et al., 2021)
Modelagem matemática e Survey	3	(GOVINDAN; KHODAVERDI; JAFARIAN, 2013; MULYATI; GELDERMANN, 2017; POPLAWSKA; LABIB; REED, 2017)
Modelagem matemática e Estudo Delphi	1	(OZTURKOGLU; KAZANCOGLU; OZKAN-OZEN, 2019)

Nota: ¹A lista completa de referências pode ser obtida com o autor correspondente

Cerca de 40 % dos trabalhos analisados mesclaram o método de pesquisa, coletando dados da literatura e de casos reais. A maioria dos artigos desenvolveu um estudo baseado na modelagem matemática para avaliar riscos relacionados à sustentabilidade, sendo que 42 deles desenvolveram o modelo e o aplicaram por meio de um estudo de caso. Por exemplo, Awasthi

et al. (2018) desenvolveram modelos matemáticos com base na tomada de decisão de múltiplos critérios (MCDM) e técnicas de lógica *fuzzy* para selecionar fornecedores sustentáveis, e testaram o modelo aplicando-o a uma empresa de manufatura de eletrônicos. Enquanto isso, Govindan et al. (2016) usaram um estudo Delphi para coletar práticas comuns da Responsabilidade Social Corporativa (*Corporate Social Responsibility – CSR*) e desenvolveram um modelo matemático de seleção de fornecedores que foi validado por um estudo de caso.

Artigos que focaram apenas na identificação e estratégias de riscos, quando empíricos, adotaram o Estudo de Caso, Survey e Estudo Delphi, por exemplo, no procedimento da pesquisa. E quando caracterizados como pesquisa em mesa, a maior fonte de coleta de dados foram a literatura e documentos públicos (que inclui leis, normas, etc.).

APÊNDICE B - Roteiro de perguntas para entrevistas

1. Quando a empresa foi fundada? Qual o número de funcionários?
2. A empresa se preocupa com questões relacionadas à sustentabilidade?
3. Quais os temas prioritários em sustentabilidade associado a estratégia da empresa?
4. Quem são as partes interessadas (*stakeholders*) da empresa?
5. Quais as partes interessadas que mais pressionam por práticas sustentáveis?
6. As partes interessadas exigem por normatização na cadeia?
7. A empresa possui alguma certificação?
8. Quais são as práticas de sustentabilidade (social, ambiental, econômica) desenvolvidas pela empresa atualmente?
9. Como a empresa se comunica com as partes interessadas e conhece suas expectativas?
10. A empresa possui ferramenta para avaliar riscos de fornecedores?
11. Quem são os tomadores de decisão no momento de selecionar e avaliar fornecedores?
12. Quais são as responsabilidades dos tomadores de decisão?
13. Qual o posicionamento dos tomadores de decisão frente aos riscos? Eles costumam selecionar fornecedores mesmo que estes apresentem inadequações quanto as exigências sustentáveis?
14. Qual o critério que os tomadores de decisão consideram mais importante no momento de selecionar/avaliar fornecedores? Ex. preço, certificações, documentação legal, qualidade, etc.
15. A empresa possui alguma política de desenvolvimento de fornecedores?
16. Empresa já encerrou contrato com fornecedores que não cumpriram com requisitos relacionados a sustentabilidade?
17. Como a empresa relata seus esforços relacionados à sustentabilidade às partes interessadas? (Exemplo: Relatórios de Sustentabilidade, Redes Sociais, etc.)

APÊNDICE C - Calcular prioridade de risco dos modos de falha do Fornecedor F2

As avaliações linguísticas fornecidas pelos membros da equipe de tomada de decisão referente a importância dos subcritérios do RPN são dadas na Tabela 20. E na Tabela 21 estão presentes as avaliações linguísticas referentes aos níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F2.

A partir das avaliações linguísticas dos decisores foi possível definir a prioridade de risco dos modos de falha dos fornecedores sustentáveis da cadeia de suprimentos estudada. Para isso, foram utilizados os cálculos apresentados nos cinco passos principais para obter a prioridade de risco dos modos de falha apresentado no Capítulo 4. A seguir são apresentados os resultados provenientes de cada passo dessa etapa.

1) Transformar avaliações linguísticas em avaliações IVIFC (*Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds*)

Por meio da Definição 6 e da Tabela 2, as avaliações linguísticas qualitativas foram transformadas em avaliações quantitativas correspondentes, ou seja, IVIFNs. Então, para lidar com a aleatoriedade das avaliações, o modelo de nuvem é aplicado para manipular ainda mais as avaliações quantitativas. Assim como na pesquisa de Huang e Xiao (2021), os valores $He_g^L = \theta_1$ e $He_g^L = \theta_2$ são definidos como $\theta_1 = \theta_2 = 0,003$. Então, seguindo a Definição 7 e as Equações 19 à 25, as avaliações IVIFN são posteriormente convertidas em avaliações IVIFC correspondentes. A Tabela 22 mostra a importância da avaliação dos critérios do RPN dada pelos decisores. A Tabela 23 apresenta as avaliações do IVIFC dos modos de falha do fornecedor F2 fornecidas pelo primeiro decisor.

Tabela 20. Avaliação linguística dos decisores para a importância dos subcritérios

Decisores	Ocorrência				Severidade				Detecção	
	C1		C2		C3		C4		C5	
D1	MA		B		B		B		MEA	
D2	EA		M		M		M		A	

Tabela 21. Avaliação linguística dos decisores para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F2

MFF	Ocorrência				Severidade								Detecção	
	C1		C2		C3				C4				C5	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MFF 1	MEA	A	A	A	B	A	A	A	A	B	MB	B	MB	
MFF 2	MEA	MEA	MEA	MA	MEA	M	A	MA	A	MA	B	MB		
MFF 3	MB	MEB	MEA	MEB	MEA	MB	A	MB	A	MB	B	MB		
MFF 4	MEA	A	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	M		
MFF 5	A	MA	M	B	A	MEA	B	MB	B	MB	MA	A		
MFF 6	B	MB	B	EB	B	EB	B	EB	B	EB	CD	CD		
MFF 7	A	MEA	MEA	MA	MEA	M	A	MA	A	MA	B	EB		
MFF 8	MEA	MEA	MEA	MA	MEA	M	A	MA	A	MA	B	EB		

Tabela 22. Os valores de avaliação do IVIFC para a importância dos subcritérios

Decisores	Ocorrência				Severidade								Detecção							
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
D1	0,850	0,850	0,024	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,650	0,675	0,050	0,003
D2	0,900	0,900	0,000	0,003	0,500	0,500	0,000	0,003	0,500	0,500	0,000	0,003	0,500	0,500	0,000	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003

Tabela 23. Os valores da avaliação do IVIFC fornecidos pelo primeiro decisor (D1) para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F2

MFF	Ocorrência				Severidade								Detecção							
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,650	0,675	0,067	0,025	0,050	0,003	0,750	0,775	0,050	0,008	0,036	0,003	0,375	0,375	0,042	0,008	0,030	0,003	0,750	0,775
MFF 2	0,650	0,675	0,067	0,025	0,050	0,003	0,650	0,675	0,067	0,025	0,050	0,003	0,650	0,675	0,067	0,008	0,048	0,003	0,750	0,775
MFF 3	0,275	0,225	0,042	0,008	0,030	0,003	0,650	0,675	0,067	0,025	0,050	0,003	0,650	0,675	0,067	0,008	0,048	0,003	0,750	0,775
MFF 4	0,650	0,675	0,067	0,025	0,050	0,003	0,275	0,225	0,042	0,008	0,030	0,003	0,375	0,375	0,042	0,008	0,030	0,003	0,750	0,375
MFF 5	0,750	0,775	0,050	0,008	0,036	0,003	0,500	0,500	0,000	0,000	0,000	0,003	0,750	0,775	0,050	0,008	0,036	0,003	0,375	0,375
MFF 6	0,375	0,375	0,042	0,008	0,030	0,003	0,375	0,375	0,042	0,008	0,030	0,003	0,375	0,375	0,042	0,008	0,030	0,003	0,100	0,375
MFF 7	0,750	0,775	0,050	0,008	0,036	0,003	0,650	0,675	0,067	0,025	0,050	0,003	0,650	0,675	0,067	0,008	0,048	0,003	0,750	0,775
MFF 8	0,650	0,675	0,067	0,025	0,050	0,003	0,650	0,675	0,067	0,025	0,050	0,003	0,650	0,675	0,067	0,008	0,048	0,003	0,750	0,775

2) Calcular os pesos subjetivos dos tomadores de decisão

Após a etapa de transformação das avaliações linguísticas, é realizado o cálculo dos pesos subjetivos dos decisores. Nessa pesquisa, como informado anteriormente, foram coletadas informações de dois decisores, o inspetor de campo (D1) e a gestora de certificação (D2). Então, com base na experiência e função exercida dentro da empresa, calculou-se os pesos subjetivos dos decisores a partir da Equação 28. Os resultados são apresentados na Tabela 24.

3) Agregar as avaliações do IVIFC dada por diferentes decisores

A partir da obtenção das avaliações transformadas e dos pesos dos decisores é possível encontrar a matriz de avaliação IVIFC integrada. Com isso, os valores de avaliação IVIFC fornecidos pelos decisores, que dizem respeito ao nível de risco dos modos de falha de fornecimento e à importância dos critérios que fazem parte dos critérios do RPN, foram agregados em avaliações IVIFC de grupo utilizando as Equações 29 e 30. Na Tabela 25, estão presentes os resultados referentes a importância integrada do IVIFC dos critérios do RPN. A Tabela 2 mostra as avaliações integradas do IVIFC dos modos de falha.

4) Calcular os pesos sintéticos dos critérios do RPN

O próximo passo para atingir a prioridade de risco dos modos de falha é calcular os pesos sintéticos dos critérios do RPN avaliados anteriormente pelos decisores. Para isso, via Equação 31, foram encontrados os pesos subjetivos. Os pesos objetivos, por sua vez, foram encontrados por meio das Equações 32, 33 e 34. Assim, pela Equação 35, os pesos sintéticos dos cinco critérios do RPN foram calculados, e os resultados referentes aos pesos encontram-se na Tabela 27.

Tabela 24. Peso subjetivo dos decisores

Decisor	Experiência	Função	Peso subjetivo (δ_k^s)
D1		3	3
D2		3	4

Tabela 25. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para critérios do RPN

Decisores	Ocorrência				Severidade								Detecção							
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
D	0,877	0,877	0,011	0,000	0,442	0,442	0,014	0,004	0,442	0,442	0,014	0,003	0,442	0,442	0,014	0,003	0,704	0,729	0,058	0,003

Nota: D = (D1+D2)

Tabela 26. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para modos de falha

MFF	Ocorrência				Severidade								Detecção							
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,704	0,729	0,043	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,577	0,590	0,033	0,003	0,804	0,775	0,036	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003
MFF 2	0,650	0,675	0,050	0,003	0,758	0,769	0,036	0,003	0,569	0,581	0,022	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003
MFF 3	0,383	0,346	0,030	0,003	0,556	0,554	0,039	0,003	0,448	0,433	0,038	0,003	0,804	0,479	0,033	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003
MFF 4	0,704	0,729	0,043	0,003	0,275	0,225	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,615	0,375	0,030	0,003	0,615	0,627	0,017	0,003
MFF 5	0,804	0,815	0,029	0,003	0,433	0,433	0,016	0,003	0,696	0,721	0,042	0,003	0,523	0,294	0,030	0,003	0,523	0,537	0,041	0,003
MFF 6	0,321	0,294	0,030	0,003	0,227	0,227	0,014	0,003	0,227	0,227	0,014	0,003	0,100	0,227	0,014	0,003	0,100	0,100	0,000	0,003
MFF 7	0,696	0,721	0,044	0,003	0,758	0,769	0,036	0,003	0,569	0,581	0,022	0,003	0,831	0,815	0,029	0,003	0,831	0,842	0,017	0,003
MFF 8	0,650	0,675	0,050	0,003	0,758	0,769	0,036	0,003	0,569	0,581	0,022	0,003	0,831	0,815	0,029	0,003	0,831	0,842	0,017	0,003

Tabela 27. Pesos dos critérios do RPN

Decisores	Pesos Subjetivos				
	C1	C2	C3	C4	C5
D	1,027	0,518	0,518	0,518	0,829
D	Pesos Objetivos				
	0,425	0,104	0,104	0,104	0,264
D	Pesos Sintéticos				
	0,535	0,066	0,066	0,066	0,268

Nota: D = (D1+D2)

5) Identificar as ordens de risco dos modos de falha

O último passo do procedimento de avaliação condiz com a obtenção da ordem de prioridade de risco dos modos de falha. Para isso, com base nas Equações 37 e 38, a matriz de avaliação IVIFC hierárquica ponderada foi obtida, conforme resultados apresentados na Tabela 28. Posteriormente, obteve-se a matriz integrada de avaliação IVIFC, por meio da Equação 39. Nela as avaliações dos modos de falha frente aos critérios são agregadas nos três principais elementos do RPN, que são: Ocorrência, Severidade e Detecção. A partir das Equações 40 e 41, foram extraídos o PIS e o NIS. A matriz integrada e os valores do PIS e NIS estão presentes na Tabela 29.

Dando sequência aos cálculos, via Equações 42 e 43 foram calculadas as distâncias de cada modo de falha do PIS e do NIS. A partir das distâncias foram encontrados o coeficiente individual de proximidade de cada modo de falha pela Equação 44, que é a base para a obtenção de resultados de ordem de risco de falha, visto que o ranqueamento de prioridade de risco é gerado a partir dos valores do coeficiente. Os resultados referentes à ordem de risco dos modos de falha são exibidos na Tabela 30. Portanto, para o fornecedor F2, o modo de falha de fornecimento MFF1 (Utilização de técnicas de manejo visando o aumento da produtividade) representa maior risco para a empresa compradora e necessita ser mitigado primeiro.

Tabela 28. Matriz de avaliação IVIFC hierárquica ponderada

MFF	Ocorrência				Severidade								Detecção							
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,3765	0,3899	0,0228	0,0016	0,0494	0,0510	0,0024	0,0002	0,0380	0,0389	0,0022	0,0002	0,0529	0,0510	0,0024	0,0002	0,2151	0,2182	0,0078	0,0008
MFF 2	0,3477	0,3611	0,0269	0,0016	0,0499	0,0506	0,0024	0,0002	0,0375	0,0382	0,0014	0,0002	0,0529	0,0537	0,0019	0,0002	0,2151	0,2182	0,0078	0,0008
MFF 3	0,2047	0,1852	0,0159	0,0016	0,0366	0,0365	0,0026	0,0002	0,0295	0,0285	0,0025	0,0002	0,0529	0,0315	0,0022	0,0002	0,2151	0,2182	0,0078	0,0008
MFF 4	0,3765	0,3899	0,0228	0,0016	0,0181	0,0148	0,0020	0,0002	0,0247	0,0247	0,0020	0,0002	0,0405	0,0247	0,0020	0,0002	0,1647	0,1678	0,0044	0,0008
MMF 5	0,4300	0,4362	0,0156	0,0016	0,0285	0,0285	0,0011	0,0002	0,0458	0,0475	0,0028	0,0002	0,0344	0,0194	0,0020	0,0002	0,1400	0,1436	0,0110	0,0008
MFF 6	0,1718	0,1574	0,0161	0,0016	0,0149	0,0149	0,0009	0,0002	0,0149	0,0149	0,0009	0,0002	0,0066	0,0149	0,0009	0,0002	0,0268	0,0268	0,0000	0,0008
MFF 7	0,3724	0,3858	0,0234	0,0016	0,0499	0,0506	0,0024	0,0002	0,0375	0,0382	0,0014	0,0002	0,0547	0,0537	0,0019	0,0002	0,2223	0,2254	0,0044	0,0008
MFF 8	0,3477	0,3611	0,0269	0,0016	0,0499	0,0506	0,0024	0,0002	0,0375	0,0382	0,0014	0,0002	0,0547	0,0537	0,0019	0,0002	0,2223	0,2254	0,0044	0,0008

Tabela 29. Matriz integrada de avaliação IVIFC

MFF	Ocorrência				Severidade				Detecção			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,377	0,390	0,023	0,002	0,140	0,141	0,007	0,001	0,215	0,218	0,008	0,0008
MFF 2	0,348	0,361	0,027	0,002	0,140	0,143	0,006	0,001	0,215	0,218	0,008	0,0008
MFF 3	0,205	0,185	0,016	0,002	0,119	0,096	0,007	0,001	0,215	0,218	0,008	0,0008
MFF 4	0,377	0,390	0,023	0,002	0,083	0,064	0,006	0,001	0,165	0,168	0,004	0,0008
MMF 5	0,430	0,436	0,016	0,002	0,109	0,095	0,006	0,001	0,140	0,144	0,011	0,0008
MFF 6	0,172	0,157	0,016	0,002	0,036	0,045	0,003	0,001	0,027	0,027	0,000	0,0008
MFF 7	0,372	0,386	0,023	0,002	0,142	0,143	0,006	0,001	0,222	0,225	0,004	0,0008
MFF 8	0,348	0,361	0,027	0,002	0,142	0,143	0,006	0,001	0,222	0,225	0,004	0,0008
PIS	0,4300	0,4362	0,0269	0,0016	0,1420	0,1426	0,0072	0,0006	0,222	0,225	0,011	0,0008
NIS	0,1718	0,1574	0,0156	0,0016	0,0365	0,0448	0,0027	0,0006	0,027	0,027	0,000	0,0008

Tabela 30. Ordem de prioridade de risco dos modos de falha de fornecimento do fornecedor F2

MFF	S+	S-	Cci	Ordem de risco (Ranking)
MFF 1	0,072	0,434	0,108	1
MFF 2	0,112	0,406	0,071	4
MFF 3	0,342	0,289	-0,126	7
MFF 4	0,146	0,371	0,035	6
MFF 5	0,130	0,423	0,065	5
MFF 6	0,493	0,000	-0,332	8
MFF 7	0,077	0,437	0,106	2
MFF 8	0,112	0,413	0,074	3

APÊNDICE D - Calcular prioridade de risco dos modos de falha do Fornecedor F3

As avaliações linguísticas fornecidas pelos membros da equipe de tomada de decisão referente a importância dos subcritérios do RPN são dadas na Tabela 31. E na Tabela 32 estão presentes as avaliações linguísticas referentes aos níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F3.

A partir das avaliações linguísticas dos decisores foi possível definir a prioridade de risco dos modos de falha dos fornecedores sustentáveis da cadeia de suprimentos estudada. Para isso, foram utilizados os cálculos apresentados nos cinco passos principais para obter a prioridade de risco dos modos de falha apresentado no Capítulo 4. A seguir são apresentados os resultados provenientes de cada passo dessa etapa.

1) Transformar avaliações linguísticas em avaliações IVIFC (*Interval-valued intuitionistic fuzzy clouds*)

Por meio da Definição 6 e da Tabela 2, as avaliações linguísticas qualitativas foram transformadas em avaliações quantitativas correspondentes, ou seja, IVIFNs. Então, para lidar com a aleatoriedade das avaliações, o modelo de nuvem é aplicado para manipular ainda mais as avaliações quantitativas. Assim como na pesquisa de Huang e Xiao (2021), os valores $He_g^L = \theta_1$ e $He_g^L = \theta_2$ são definidos como $\theta_1 = \theta_2 = 0,003$. Então, seguindo a Definição 7 e as Equações 19 a 25, as avaliações IVIFN são posteriormente convertidas em avaliações IVIFC correspondentes. A Tabela 33 mostra a importância da avaliação dos critérios do RPN dada pelos decisores. A Tabela 34 apresenta as avaliações do IVIFC dos modos de falha do fornecedor F3 fornecidas pelo primeiro decisor.

Tabela 31. Avaliação linguística dos decisores para a importância dos subcritérios

Decisores	Ocorrência				Severidade				Detecção	
	C1		C2		C3		C4		C5	
D1	MA		B		B		B		MEA	
D2	EA		M		M		M		A	

Tabela 32. Avaliação linguística dos decisores para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F3

MFF	Ocorrência				Severidade								Detecção	
	C1		C2		C3				C4				C5	
	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
MFF 1	A	MA	A	A	B	A	A	A	A	B	A	B	MB	MB
MFF 2	A	MEA	MEA	MA	MEA	M	A	MA	A	MA	B	MA	B	MB
MFF 3	B	EB	MEA	MEB	MEA	MB	A	MB	A	MB	B	MB	B	MB
MFF 4	A	M	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	M
MFF 5	MA	MA	M	B	A	MEA	B	MB	B	MB	MA	MA	MA	A
MFF 6	EB	B	B	EB	B	EB	B	EB	B	EB	CD	EB	CD	CD
MFF 7	B	M	MEA	MA	MEA	M	A	MA	A	MA	B	MA	B	EB
MFF 8	B	MA	MEA	MA	MEA	M	A	MA	A	MA	B	MA	B	EB

Tabela 33. Os valores de avaliação do IVIFC para a importância dos subcritérios

Decisores	Ocorrência				Severidade												Detecção			
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
D1	0,850	0,850	0,024	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,650	0,675	0,050	0,003
D2	0,900	0,900	0,000	0,003	0,500	0,500	0,000	0,003	0,500	0,500	0,000	0,003	0,500	0,500	0,000	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003

Tabela 34. Os valores da avaliação do IVIFC fornecidos pelo primeiro decisor (D1) para os níveis de risco dos modos de falha do fornecedor F3

MFF	Ocorrência				Severidade												Detecção			
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,750	0,775	0,036	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003
MFF 2	0,750	0,775	0,036	0,003	0,650	0,675	0,050	0,003	0,650	0,675	0,048	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003
MFF 3	0,375	0,375	0,030	0,003	0,650	0,675	0,050	0,003	0,650	0,675	0,048	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003
MFF 4	0,750	0,775	0,036	0,003	0,275	0,225	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,750	0,375	0,030	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003
MFF 5	0,850	0,850	0,024	0,003	0,500	0,500	0,000	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003
MFF 6	0,100	0,100	0,000	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,100	0,375	0,030	0,003	0,100	0,100	0,000	0,003
MFF 7	0,375	0,375	0,030	0,003	0,650	0,675	0,050	0,003	0,650	0,675	0,048	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003
MFF 8	0,375	0,375	0,030	0,003	0,650	0,675	0,050	0,003	0,650	0,675	0,048	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003

2) Calcular os pesos subjetivos dos tomadores de decisão

Após a etapa de transformação das avaliações linguísticas, é realizado o cálculo dos pesos subjetivos dos decisores. Nessa pesquisa, como informado anteriormente, foram coletadas informações de dois decisores, o inspetor de campo (D1) e a gestora de certificação (D2). Então, com base na experiência e função exercida dentro da empresa, calculou-se os pesos subjetivos dos decisores a partir da Equação 28. Os resultados são apresentados na Tabela 35.

3) Agregar as avaliações do IVIFC dada por diferentes decisores

A partir da obtenção das avaliações transformadas e dos pesos dos decisores é possível encontrar a matriz de avaliação IVIFC integrada. Com isso, os valores de avaliação IVIFC fornecidos pelos decisores, que dizem respeito ao nível de risco dos modos de falha de fornecimento e à importância dos critérios que fazem parte dos critérios do RPN, foram agregados em avaliações IVIFC de grupo utilizando as Equações 29 e 30. Na Tabela 36 estão presentes os resultados referentes a importância integrada do IVIFC dos critérios do RPN. A Tabela 37 mostra as avaliações integradas do IVIFC dos modos de falha.

4) Calcular os pesos sintéticos dos critérios do RPN

O próximo passo para atingir a prioridade de risco dos modos de falha é calcular os pesos sintéticos dos critérios do RPN avaliados anteriormente pelos decisores. Para isso, via Equação 31, foram encontrados os pesos subjetivos. Os pesos objetivos, por sua vez, foram encontrados por meio das Equações 32, 33 e 34. Assim, pela Equação 35, os pesos sintéticos dos cinco critérios do RPN foram calculados, e os resultados referentes aos pesos encontram-se na Tabela 38.

Tabela 35. Peso subjetivo dos decisores

Decisor	Experiência	Função	Peso subjetivo (δ_k^s)
D1		3	0,462
D2		3	0,538

Tabela 36. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para critérios do RPN

Decisores	Ocorrência				Severidade								Detecção							
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
D	0,877	0,877	0,011	0,000	0,442	0,442	0,014	0,004	0,442	0,442	0,014	0,003	0,442	0,442	0,014	0,003	0,704	0,729	0,058	0,003

Nota: D = (D1+D2)

Tabela 37. Matriz de avaliações integradas do IVIFC para modos de falha

MFF	Ocorrência				Severidade								Detecção							
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,804	0,815	0,029	0,003	0,750	0,775	0,036	0,003	0,577	0,590	0,033	0,003	0,804	0,775	0,036	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003
MFF 2	0,696	0,721	0,044	0,003	0,758	0,769	0,036	0,003	0,569	0,581	0,022	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003
MFF 3	0,227	0,227	0,014	0,003	0,556	0,554	0,039	0,003	0,448	0,433	0,038	0,003	0,804	0,479	0,033	0,003	0,804	0,815	0,029	0,003
MFF 4	0,615	0,627	0,017	0,003	0,275	0,225	0,030	0,003	0,375	0,375	0,030	0,003	0,615	0,375	0,030	0,003	0,615	0,627	0,017	0,003
MFF 5	0,850	0,850	0,024	0,003	0,433	0,433	0,016	0,003	0,696	0,721	0,042	0,003	0,523	0,294	0,030	0,003	0,523	0,537	0,041	0,003
MFF 6	0,248	0,248	0,016	0,003	0,227	0,227	0,014	0,003	0,227	0,227	0,014	0,003	0,100	0,227	0,014	0,003	0,100	0,100	0,000	0,003
MFF 7	0,442	0,442	0,014	0,003	0,758	0,769	0,036	0,003	0,569	0,581	0,022	0,003	0,831	0,815	0,029	0,003	0,831	0,842	0,017	0,003
MFF 8	0,442	0,442	0,014	0,003	0,758	0,769	0,036	0,003	0,569	0,581	0,022	0,003	0,831	0,815	0,029	0,003	0,831	0,842	0,017	0,003

Tabela 38. Pesos dos critérios do RPN

Decisores	Pesos Subjetivos				
	C1	C2	C3	C4	C5
D	1,027	0,518	0,518	0,518	0,829
D	Pesos Objetivos				
	0,425	0,104	0,104	0,104	0,264
D	Pesos Sintéticos				
	0,535	0,066	0,066	0,066	0,268

Nota: D = (D1+D2)

5) Identificar as ordens de risco dos modos de falha

O último passo do procedimento de avaliação condiz com a obtenção da ordem de prioridade de risco dos modos de falha. Para isso, com base nas Equações 37 e 38, a matriz de avaliação IVIFC hierárquica ponderada foi obtida, conforme resultados apresentados na Tabela 39. Posteriormente, obteve-se a matriz integrada de avaliação IVIFC, por meio da equação 39. Nela as avaliações dos modos de falha frente aos critérios são agregadas nos três principais elementos do RPN, que são: Ocorrência, Severidade e Detecção. A partir das Equações 40 e 41, foram extraídos o PIS e o NIS. A matriz integrada e os valores do PIS e NIS estão presentes na Tabela 40.

Dando sequência aos cálculos, via Equações 42 e 43 foram calculadas as distâncias de cada modo de falha do PIS e do NIS. A partir das distâncias foram encontrados o coeficiente individual de proximidade de cada modo de falha pela Equação 44, que é a base para a obtenção de resultados de ordem de risco de falha, visto que o ranqueamento de prioridade de risco é gerado a partir dos valores do coeficiente. Os resultados referentes à ordem de risco dos modos de falha são exibidos na Tabela 41. Portanto, para o fornecedor F3, o modo de falha de fornecimento MFF1 (Utilização de técnicas de manejo visando o aumento da produtividade) representa maior risco para a empresa compradora e necessita ser mitigado primeiro.

Tabela 39. Matriz de avaliação IVIFC hierárquica ponderada

MFF	Ocorrência				Severidade								Detecção							
	C1				C2				C3				C4				C5			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,4300	0,4362	0,0156	0,0016	0,0494	0,0510	0,0024	0,0002	0,0380	0,0389	0,0022	0,0002	0,0529	0,0510	0,0024	0,0002	0,2151	0,2182	0,0078	0,0008
MFF 2	0,3724	0,3858	0,0234	0,0016	0,0499	0,0506	0,0024	0,0002	0,0375	0,0382	0,0014	0,0002	0,0529	0,0537	0,0019	0,0002	0,2151	0,2182	0,0078	0,0008
MFF 3	0,1214	0,1214	0,0074	0,0016	0,0366	0,0365	0,0026	0,0002	0,0295	0,0285	0,0025	0,0002	0,0529	0,0315	0,0022	0,0002	0,2151	0,2182	0,0078	0,0008
MFF 4	0,3292	0,3354	0,0088	0,0016	0,0181	0,0148	0,0020	0,0002	0,0247	0,0247	0,0020	0,0002	0,0405	0,0247	0,0020	0,0002	0,1647	0,1678	0,0044	0,0008
MMF 5	0,4547	0,4547	0,0126	0,0016	0,0285	0,0285	0,0011	0,0002	0,0458	0,0475	0,0028	0,0002	0,0344	0,0194	0,0020	0,0002	0,1400	0,1436	0,0110	0,0008
MFF 6	0,1327	0,1327	0,0087	0,0016	0,0149	0,0149	0,0009	0,0002	0,0149	0,0149	0,0009	0,0002	0,0066	0,0149	0,0009	0,0002	0,0268	0,0268	0,0000	0,0008
MFF 7	0,2366	0,2366	0,0074	0,0016	0,0499	0,0506	0,0024	0,0002	0,0375	0,0382	0,0014	0,0002	0,0547	0,0537	0,0019	0,0002	0,2223	0,2254	0,0044	0,0008
MFF 8	0,2366	0,2366	0,0074	0,0016	0,0499	0,0506	0,0024	0,0002	0,0375	0,0382	0,0014	0,0002	0,0547	0,0537	0,0019	0,0002	0,2223	0,2254	0,0044	0,0008

Tabela 40. Matriz integrada de avaliação IVIFC

MFF	Ocorrência				Severidade				Detecção			
	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He	ExL	ExU	En	He
MFF 1	0,430	0,436	0,016	0,002	0,140	0,141	0,007	0,001	0,215	0,218	0,008	0,0008
MFF 2	0,372	0,386	0,023	0,002	0,140	0,143	0,006	0,001	0,215	0,218	0,008	0,0008
MFF 3	0,121	0,121	0,007	0,002	0,119	0,096	0,007	0,001	0,215	0,218	0,008	0,0008
MFF 4	0,329	0,335	0,009	0,002	0,083	0,064	0,006	0,001	0,165	0,168	0,004	0,0008
MMF 5	0,455	0,455	0,013	0,002	0,109	0,095	0,006	0,001	0,140	0,144	0,011	0,0008
MFF 6	0,133	0,133	0,009	0,002	0,036	0,045	0,003	0,001	0,027	0,027	0,000	0,0008
MFF 7	0,237	0,237	0,007	0,002	0,142	0,143	0,006	0,001	0,222	0,225	0,004	0,0008
MFF 8	0,237	0,237	0,007	0,002	0,142	0,143	0,006	0,001	0,222	0,225	0,004	0,0008
PIS	0,4547	0,4547	0,0234	0,0016	0,1420	0,1426	0,0072	0,0006	0,222	0,225	0,011	0,0008
NIS	0,1214	0,1214	0,0074	0,0016	0,0365	0,0448	0,0027	0,0006	0,027	0,027	0,000	0,0008

Tabela 41. Ordem de prioridade de risco dos modos de falha de fornecimento do fornecedor F3

MFF	S+	S-	Cci	Ordem de risco (Ranking)
MFF 1	0,034	0,535	0,170	1
MFF 2	0,108	0,475	0,114	3
MFF 3	0,475	0,286	-0,124	7
MFF 4	0,216	0,361	0,024	4
MFF 5	0,130	0,507	0,114	2
MFF 6	0,553	0,016	-0,254	8
MFF 7	0,309	0,354	-0,022	5
MFF 8	0,309	0,354	-0,022	5