**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

NADYA REGINA GALO

Proposta de modelo de decisão para avaliação de fornecedores baseado no ELECTRE TRI para categorização e na teoria dos conjuntos fuzzy para a modelagem da incerteza e hesitação de múltiplos tomadores de decisão

**São Carlos
2018**

Nadya Regina Galo

Proposta de modelo de decisão para avaliação de fornecedores baseado no ELECTRE TRI para categorização e na teoria dos conjuntos fuzzy para a modelagem da incerteza e hesitação de múltiplos tomadores de decisão

Exame de defesa apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Processos e Gestão de Operações

Orientador: Prof. Dr. Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti

**São Carlos
2018**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

G178p Galo, Nadya Regina
Proposta de modelo de decisão para avaliação de fornecedores baseado no ELECTRE TRI para categorização e na teoria dos conjuntos fuzzy para a modelagem da incerteza e hesitação de múltiplos tomadores de decisão / Nadya Regina Galo; orientador Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti. São Carlos, .

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Área de Concentração em Processos e Gestão de Operações -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, .

1. Gestão de fornecedores. 2. Tomada de decisão multicritério. 3. Tomada de decisão em grupo. 4. Conjuntos hesitant fuzzy. 5. Conjuntos intuitionistic fuzzy. 6. Fuzzy Delphi. 7. ELECTRE TRI.. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **NADYA REGINA GALO**.

Título da tese: "Proposta de técnicas de categorização baseadas na teoria dos conjuntos fuzzy e na modelagem da hesitação para a tomada de decisão em grupo na gestão de fornecedores".

Data da defesa: 19/04/2018

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Titular **Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti**

(Orientador)

(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

APROVADO

Prof. Dr. **Kleber Francisco Espôsto**

(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovada

Prof. Dr. **Gilberto Miller Devós Ganga**

(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO

Prof. Dr. **Roberto Antonio Martins**

(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

APROVADO
Ram Martins

Prof. Dr. **Lauro Osiro**

(Universidade Federal do Triângulo Mineiro/UFTM)

APROVADO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:

Prof. Associado **Aldo Roberto Ometto**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Associado **Luís Fernando Costa Alberto**

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por me conceder o dom da vida e por iluminar meus caminhos.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais, José Carlos Galo e Maria Zaneti Santiago Galo, e a minha irmã Leiza Carla Galo pelo apoio em todos os momentos, pelo amor dedicado e por sempre acreditarem em mim.

Ao Prof. Tit. Luiz César Ribeiro Carpinetti, todo meu respeito, admiração e gratidão por me orientar e me guiar neste caminho, exercendo seu papel como orientador em todos os momentos. Sem seus ensinamentos e experiência, essa pesquisa não seria realizada.

Às empresas que permitiram a realização da coleta de dados para os casos ilustrativos.

À CAPES, pela bolsa concedida.

Aos meus amigos distantes que sempre deixam saudades. Aos meus amigos irmãos Camila Fabricio Poltronieri, Karim Yaneth Pérez Martínez, Pedro Luis Miranda Lugo, Renata Nobre da Cunha e Sânia da Costa Fernandes, que tornaram os dias da minha caminhada mais leves e felizes. Sem vocês a vida e as lutas seriam muito mais difíceis.

Aos meus amigos da pós-graduação, em especial aos meus amigos de orientação, André Felipe Corrêa Cervi, Lucas Daniel Del Rosso Calache, Carolina Belotti Pedroso e Francisco Rodrigues Lima Junior. A ajuda de vocês, o apoio, a amizade, as ideias compartilhadas e a colaboração nas pesquisas foram fundamentais para o meu desenvolvimento. Também agradeço aos novos amigos de orientação Lucas Gabriel Zanon e Rafael Ferro Munhoz Arantes, que chegaram a tão pouco tempo e já me colaboraram tanto com o meu crescimento.

A todos os meus professores da graduação e mestrado, com destaque à professora Gislaine Camila Lapasini Leal e ao professor Edwin Vladimir Cardoza Galdamez, pelo incentivo à carreira acadêmica desde a graduação.

Às meninas da secretaria, Ana Paula, Jessyca, Sueli, Talita. A alegria, solicitude e apoio de vocês tornam os nossos dias melhores na pós-graduação.

Por fim, agradeço a todo corpo docente do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, na Universidade de São Paulo. Vocês desempenham todos os dias a missão de formar profissionais capacitados.

Agradeço também aos membros da banca que gentilmente aceitaram participar do julgamento desta pesquisa. Estou certa de que os comentários de vocês são de grande valor

para esta pesquisa.

“Tenho (...) enorme respeito e a mais elevada admiração por todos os engenheiros,
especialmente pelo maior deles: Deus!”

Thomas Alva Edison

RESUMO

GALO, N.R. **Proposta de modelo de decisão para avaliação de fornecedores baseado no ELECTRE TRI para categorização e na teoria dos conjuntos fuzzy para a modelagem da incerteza e hesitação de múltiplos tomadores de decisão.** 166 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

A gestão eficaz dos processos que envolvem os fornecedores tem grande influência na melhoria do desempenho organizacional, sendo, portanto, fundamental para desenvolver capacidades das operações de produção que podem gerar vantagem competitiva, tais como qualidade, preço e tempo de entrega. A gestão de fornecedores inclui as atividades de qualificação, seleção, avaliação e desenvolvimento de fornecedores, além da alocação de pedido quando múltiplas fontes de fornecimento são selecionadas. A qualificação é um processo importante para assegurar que os fornecedores atendam requisitos mínimos de desempenho e, idealmente, deve ser realizada com métodos não compensatórios de categorização das alternativas. Entretanto, na literatura há poucos estudos que abordam a qualificação de fornecedores. Dentre aqueles que abordam, a maioria utiliza técnicas multicritério que são compensatórias e de ordenação. Outros aspectos importantes da gestão de fornecedores é a possível presença vários tomadores de decisão, caracterizando um processo de tomada de decisão em grupo, além da subjetividade de alguns critérios que gera incerteza nos julgamentos e hesitação. Ao se considerar essas questões na gestão de fornecedores, nenhuma pesquisa na literatura apresenta uma abordagem que contemple todas as características simultaneamente. Além disso, poucas pesquisas abordam os processos da gestão de fornecedores sob uma perspectiva integrada. Com vista a estas lacunas, esta pesquisa tem por objetivo a proposição de dois modelos de decisão que consideram os processos de qualificação, seleção e avaliação de fornecedores, em um cenário de tomada de decisão em grupo, considerando a incerteza e hesitação. Os modelos propostos têm por finalidade elicitar as preferências, agregar os julgamentos e categorizar os fornecedores. O primeiro modelo utiliza a representação linguística *Triangular Hesitant Fuzzy Sets*, para lidar com a hesitação nos julgamentos dos tomadores de decisão, além da técnica ELECTRE TRI para a categorização dos fornecedores. O segundo modelo se baseia na aplicação representação linguística *Intuitionistic Fuzzy Sets* para modelar a hesitação na parametrização das variáveis linguísticas e no ELECTRE TRI para a categorização. A elicitação é realizada com o uso do *Fuzzy Delphi* combinado com operadores de agregação do *Triangular Hesitant Fuzzy Sets* e *Intuitionistic Fuzzy Sets*. Os modelos de decisão foram detalhados e implementados no Matlab®. Após a proposição dos métodos, dois casos ilustrativos, obtidos a partir da coleta em campo, foram apresentados para analisar o desempenho dos modelos. Os casos ilustrativos mostraram resultados de categorização consistentes, especialmente para o procedimento pessimista do ELECTRE TRI. Testes com a hesitação nos julgamentos dos tomadores de decisão evidenciaram a importância da modelagem da hesitação, pois ela tem o potencial de alterar a categorização das alternativas. Testes com os parâmetros do ELECTRE TRI, confirmaram o efeito não compensatório da técnica e que a variação do nível de corte tem o potencial de tornar a categorização mais flexível. Assim, esta tese apresenta uma revisão de literatura sobre os processos de gestão de fornecedores e sobre tomada de decisão multicritério e em grupo, a proposição de métodos de apoio à tomada de decisão, casos ilustrativos para ilustrar o modelo, análises de sensibilidade dos métodos, além das conclusões e propostas para trabalhos futuros.

Palavras-chave: Gestão de fornecedores. Tomada de decisão multicritério. Tomada de decisão em grupo. Conjuntos *hesitant fuzzy*. Conjuntos *intuitionistic fuzzy*. *Fuzzy Delphi*. ELECTRE TRI.

ABSTRACT

GALO, N.R. Proposal of decision model for supplier evaluation based on ELECTRE TRI for categorization and fuzzy sets theory for the modeling of uncertainty and hesitation of multiple decision makers. 166 p. Ph.D. Thesis. University of São Paulo at São Carlos School of Engineering, São Carlos, 2018.

Effective management of the processes that involving suppliers has a major influence on improving organizational performance and is therefore fundamental to develop production operations capabilities that can generate competitive advantage, such as quality, price and delivery time. Supplier management includes qualification, selection, evaluation and development of suppliers, as well as allocation of orders when multiple sources of supply are selected. Qualification is an important process to ensure that suppliers meet minimum performance requirements and ideally must be performed with non-compensatory methods of categorization. However, in the literature there are few studies that consider the process of supplier qualification. Among the studies that consider the qualification, most use multicriteria techniques that are compensatory and for ranking. Other important aspects of supplier management are the possible presence of several decision makers, characterizing a process of group decision making, as well as the subjectivity of some criteria that generates uncertainty in judgments and hesitation. When considering these issues in supplier management, none of the studies found in the literature presents an approach that contemplates all features simultaneously. In addition, few researches deal with supplier management processes from an integrated perspective. In view of these gaps, this research aims to propose two decision models that consider the processes of qualification, selection and evaluation of suppliers, in a scenario of group decision making, considering the uncertainty and hesitation. The proposed models have the purpose the elicitation of the preferences, the aggregation of the judgments and the categorization of the suppliers. The first model uses the linguistic representation Triangular Hesitant Fuzzy Sets, to deal with the hesitation in the judgments of the decision makers, in addition to the ELECTRE TRI technique for the categorization of the suppliers. The second model is based on the application of the linguistic representation Intuitionistic Fuzzy Sets to model the hesitation in the parameterization of the linguistic variables and in the ELECTRE TRI for categorization. Elicitation is performed with the use of Fuzzy Delphi combined with aggregation operators of the Triangular Hesitant Fuzzy Sets and Intuitionistic Fuzzy Sets. The decision models were detailed and implemented in Matlab®. Two illustrative cases, obtained from the field collection, were presented to analyze the performance of the models. The illustrative cases showed consistent categorization results, especially for the pessimistic procedure of ELECTRE TRI. Tests with hesitation in the judgments of decision makers highlighted the importance of modeling hesitation, since it has the potential to change the categorization of alternatives. Tests with the ELECTRE TRI parameters confirmed the non-compensatory effect of the technique and that the variation of the cut level has the potential to make categorization more flexible. Thus, this thesis presents a review of the literature on supplier management processes and on multicriteria and group decision making, the proposition of methods to support decision making, illustrative cases to illustrate the model, method sensitivity analyzes, besides the conclusions and proposals for future works.

Keywords: Supplier management. Multi-criteria decision making. Group decision making. Hesitant fuzzy sets. Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Delphi. ELECTRE TRI.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo integrado de seleção e avaliação de fornecedores.	33
Figura 2 - Sistema de gestão e avaliação de fornecedores estratégicos.....	35
Figura 3 - Modelo de Gestão de provedores de serviços de internet (ISP).	36
Figura 4 - Estrutura do trabalho.....	44
Figura 5 - Fatores que influenciaram o aumento da complexidade e importância da compra.	46
Figura 6 - Processos da gestão estratégica de suprimentos.	48
Figura 7 - Modelo conceitual dos processos de decisão na gestão de fornecedores.	50
Figura 8 - Processo de busca adotado em todas as fases.	51
Figura 9 - Resultados da primeira fase de busca.	53
Figura 10 - Resultados da terceira fase.....	54
Figura 11 - Resultados da quarta fase.....	55
Figura 12 - Processos decisórios da seleção de fornecedores.	60
Figura 13 - Segmentação dos modelos de seleção de fornecedores.	73
Figura 15 - Definição de categorias usando perfis de limite.	90
Figura 16 – Definição das relações de preferência S , I e R	92
Figura 17 - Número <i>fuzzy</i> triangular.....	95
Figura 18 - Exemplos de expressões linguísticas e HFLTS ativados.....	99
Figura 18 - Procedimento do modelo de tomada de decisão.	106
Figura 19 - Abordagem proposta para agregação dos julgamentos individuais e categorização de fornecedores baseada em <i>Triangular Hesitant Fuzzy Sets</i>	108
Figura 20 - Termos linguísticos para a avaliação dos pesos dos critérios e dos tomadores de decisão.	109
Figura 21 - Termos linguísticos para a avaliação do desempenho das alternativas.	110
Figura 22 - Abordagem proposta para agregação dos julgamentos individuais e categorização de fornecedores baseada em <i>Intuitionistic Fuzzy Sets</i>	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resultados da busca usando as palavras-chave “ <i>group decision</i> ” e “ <i>categorization or sorting</i> ”.	57
Quadro 2 - Critérios de seleção e avaliação de fornecedores.	62
Quadro 3 - Principais abordagens, técnicas ou métodos de seleção e avaliação de fornecedores	65
Quadro 4 - Análise das principais técnicas de tomada de decisão empregadas na seleção de fornecedores.....	67
Quadro 5 - Abordagens, métodos e técnicas aplicadas à qualificação, seleção e classificação de fornecedores.....	71
Quadro 6 - Caracterização das abordagens de seleção, avaliação de fornecedores e alocação de pedido.	75
Quadro 7 - Diferenças entre desenvolvimento de fornecedores de forma reativa e estratégica.	78
Quadro 8 - Estratégias de desenvolvimento de fornecedores.....	79
Quadro 9 - Características dos processos de decisão abordados nesta pesquisa.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Expressões linguísticas para a avaliação dos pesos e do desempenho das alternativas.	111
Tabela 2 - Termos linguísticos para a avaliação dos pesos dos critérios e dos tomadores de decisão	115
Tabela 3 - Termos linguísticos para a avaliação do desempenho das alternativas.....	116
Tabela 4 - Importância de cada tomador de decisão em cada critério avaliado (Empresa A).	121
Tabela 5 - Avaliação da importância dos critérios e do desempenho do fornecedor (Empresa A).	122
Tabela 6 - Peso dos tomadores de decisão (Empresa A).	122
Tabela 7 - Parâmetros de entrada para o ELECTRE TRI (Empresa A).	123
Tabela 8 - Resultado da agregação dos julgamentos (Empresa A).	123
Tabela 9 - Relações de preferência (Empresa A).	124
Tabela 10 - Resultado da categorização das alternativas (Empresa A).	124
Tabela 11 - Importância de cada tomador de decisão em cada critério avaliado (Empresa B).	127
Tabela 12 - Avaliação da importância dos critérios e do desempenho do fornecedor (Empresa B).	128
Tabela 13 - Peso dos tomadores de decisão (Empresa B).	128
Tabela 14 - Parâmetros de entrada para o ELECTRE TRI (Empresa B).	129
Tabela 15 - Resultado da agregação dos julgamentos (Empresa B).	129
Tabela 16 - Relações de preferência (Empresa B).	129
Tabela 17 - Resultado da categorização das alternativas (Empresa B).	130
Tabela 18. Avaliação da importância dos critérios e do desempenho do fornecedor com hesitação (Empresa A).	132
Tabela 19 - Avaliação da importância dos critérios e do desempenho do fornecedor com hesitação (Empresa B).	132
Tabela 20 - Resultado da agregação dos julgamentos com hesitação (Empresa A).	133
Tabela 21 - Resultado da agregação dos julgamentos com hesitação (Empresa B).	133
Tabela 22 - Resultado da categorização das alternativas com hesitação (Empresa A).	134
Tabela 23 - Resultado da categorização das alternativas com hesitação (Empresa B).	134

Tabela 24 - Resultado da agregação dos julgamentos da Empresa A com os pesos alterados.	135
Tabela 25 - Resultado da categorização das alternativas com alteração dos pesos (Empresa A).	135
Tabela 26 - Resultado da agregação dos julgamentos da Empresa B com alteração de pesos.	136
Tabela 27 - Resultado da categorização das alternativas com alteração dos pesos (Empresa B).	136
Tabela 28 - Resultado da categorização das alternativas com $\lambda = 0,8$ (Empresa A).	137
Tabela 29 - Resultado da categorização das alternativas com $\lambda = 0,8$ (Empresa B).	138

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

ANP - *Analytic Network Process*

CBR - *Case-Based Reasoning*

DEA - *Data Envelopment Analysis*

ELECTRE - *ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELimination and Choice Expressing REality)*

HFE - *Hesitant Fuzzy Element*

HFLTS - *Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets*

HFS - *Hesitant Fuzzy Sets*

IFS - *Intuitionistic Fuzzy Sets*

IFWA - *Intuitionistic Fuzzy Weighted Averaging*

MAUT - *Multiple Attribute Utility Theory*

MCDM - *Multi-criteria Decision Making*

PROMETHEE - *Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations*

PROMSORT - *Junção das palavras PROMethee e SORTing*

QFD - *Quality Function Deployment*

SMART - *Simple Multi-Attribute Rating Technique*

TFHFE - *Triangular Fuzzy Hesitant Element*

TFHFS - *Triangular Fuzzy Hesitant Fuzzy Sets*

TFHFWA - *Triangular Fuzzy Hesitant Weighted Averaging*

TFHFWG - *Triangular Fuzzy Hesitant Fuzzy Weighted Geometric*

TFN - *Triangular Fuzzy Numbers*

TOPSIS - *Technique for Order Preferences by Similarity to Ideal Solutions*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	Caracterização do tema de pesquisa	27
1.2	Lacunas de pesquisa	36
1.3	Objetivos da pesquisa e justificativa	39
1.4	Procedimento de pesquisa e delimitações	40
1.5	Organização do trabalho	42
2	GESTÃO DE FORNECEDORES	45
2.1	Aspectos gerais da gestão de fornecedores	45
2.2	Bases de dados pesquisadas e regras de buscas	51
2.3	Seleção de fornecedores	58
2.3.1	Critérios de seleção de fornecedores	61
2.3.2	Modelos, abordagens e técnicas para a seleção de fornecedores	64
2.3.3	Atividades ligadas à seleção de fornecedores: qualificação e alocação de pedidos	70
2.4	Avaliação e desenvolvimento de fornecedores	77
2.5	Análise crítica da revisão de contextualização	80
3	TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	87
3.1	Métodos de tomada de decisão multicritério	87
3.1.1	ELECTRE TRI	89
3.1.2	Teoria dos conjuntos <i>Fuzzy</i>	93
3.2	Breve contexto da tomada de decisão em grupo	96
3.2.2	<i>Hesitant Fuzzy</i> e <i>Triangular Hesitant Fuzzy</i>	98
3.2.3	<i>Intuitionistic Fuzzy</i>	101
3.2.4	<i>Fuzzy Delphi</i>	103

4	PROPOSTA DE MODELO DE TOMADA DE DECISÃO	105
4.1	Características gerais do problema e procedimentos dos métodos	105
4.2	<i>Fuzzy Delphi</i> , <i>Triangular Hesitant Fuzzy</i> e ELECTRE TRI	107
4.2.1	Passo 1 - Entradas	108
4.2.2	Passo 2 - Julgamentos	110
4.2.3	Passo 3 - Agregação dos julgamentos	112
4.2.4	Passo 4 - Aplicação do ELECTRE TRI	113
4.2.5	Passo 5 - Categorização das alternativas	113
4.3	<i>Fuzzy Delphi</i> , <i>Intuitionistic Fuzzy</i> e ELECTRE TRI	114
4.3.1	Passo 1 - Entradas	115
4.3.2	Passo 2 - Julgamentos	116
4.3.3	Passo 3 - Agregação dos julgamentos	116
4.3.4	Passo 4 - Aplicação do ELECTRE TRI	117
4.3.5	Passo 5 - Categorização das alternativas	118
5	APLICAÇÃO EM CASOS ILUSTRATIVOS	119
5.1	Empresa A	119
5.1.1	Dados coletados para a aplicação do modelo de apoio à tomada de decisão	120
5.1.2	Aplicação dos métodos de tomada de decisão	122
5.1.3	Análise dos resultados (Empresa A)	124
5.2	Empresa B	125
5.2.1	Dados coletados para a aplicação do modelo de apoio à tomada de decisão	126
5.2.2	Aplicação dos métodos de tomada de decisão	128
5.2.3	Análise dos resultados (Empresa B)	130
5.3	Análise de sensibilidade dos métodos diante da hesitação	131
5.4	Análise de sensibilidade dos métodos quanto aos parâmetros do ELECTRE TRI	135
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	139

6.1 Dificuldades e Limitações de Pesquisa	141
6.2 Propostas para pesquisas futuras	142
REFERÊNCIAS	143
APÊNDICE A – ROTEIRO DE VISITA E COLETA DE DADOS	163
APÊNDICE B - SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO	165

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a caracterização do tema de pesquisa, o estado da arte e as lacunas de pesquisa que motivaram o desenvolvimento desta pesquisa. O capítulo apresenta também os procedimentos utilizados para atingir os objetivos e o modo como o trabalho foi organizado.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO TEMA DE PESQUISA

A cadeia de suprimentos é uma rede de organizações envolvidas em diferentes processos e atividades que geram valor na forma de produtos e serviços para o consumidor final (AKDOGAN; DEMIRTAS, 2014; ALBINO; CARBONARA; GIANNOCARO, 2007). Neste cenário, a gestão da cadeia de suprimentos se tornou um fator fundamental para a eficácia organizacional (AKDOGAN; DEMIRTAS, 2014; RENGANATH; SURESH, 2016; SIMIĆ et al., 2016), sendo potencialmente valiosa para assegurar a vantagem competitiva e melhorar o desempenho da empresa (GANESH KUMAR; NAMBIRAJAN, 2013; LI et al., 2006; OSIRO; LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2014). Isso ocorre, pois, as empresas estão organizadas em redes de fornecimento e dependem delas para a aquisição dos recursos necessários para a fabricação de seus produtos. Os fornecedores são os vendedores de matérias-primas, componentes e serviços que uma organização não pode produzir ou realizar (KUO; WANG; TIEN, 2010; RENGANATH; SURESH, 2016), pois a produção interna de todos os itens e componentes ou a extração da matéria-prima pode ser inviável para a maioria das empresas. Além disso, os sistemas produtivos vêm apresentando uma maior tendência à desverticalização e, como consequência, houve a quebra das barreiras das organizações e o desenvolvimento de cadeias de valor estendidas (SANTOS et al., 2010). Por este motivo, já se argumenta que a concorrência não está mais entre as organizações, e sim entre as cadeias de suprimentos (GANESH KUMAR; NAMBIRAJAN, 2013; LI et al., 2006).

Sabe-se que os custos de aquisição de produtos de fornecedores externos são responsáveis por uma grande percentagem do custo do produto final (LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2016; PARK et al., 2010; RENGANATH; SURESH, 2016; SETAK; SHARIFI; ALIMOHAMMADIAN, 2012; SIMIĆ et al., 2016; TSAI; WANG, 2010; WANG; YANG, 2009; WEBER; CURRENT, 1993), especialmente para as empresas que se inserem no ramo automotivo, de linha branca, de tecnologia, de bens de consumo, entre outros. Deste modo, é fundamental que as empresas colaborem com os parceiros da cadeia de suprimentos (SETAK;

SHARIFI; ALIMOHAMMADIAN, 2012), para garantir um nível de serviço adequado, mantendo o controle dos custos globais da operação (WU; OLSON, 2008).

Diantes destas questões, a seleção e avaliação de fornecedores têm sido consideradas atividades estratégicas (AGARWAL et al., 2011; RENGANATH; SURESH, 2016; SIMIĆ et al., 2016; WETZSTEIN et al., 2016). Os fornecedores são um dos elementos mais essenciais da cadeia de suprimentos (KUO; WANG; TIEN, 2010; SIMIĆ et al., 2016; THIRUCHELVAM; TOOKEY, 2011) e decisões adequadas neste âmbito podem criar mudanças significativas como a redução de custo (NAIR; JAYARAM; DAS, 2015; TRENT; MONCZKA, 2010; WANG; YANG, 2009; ZEYDAN; ÇOLPAN; ÇOBANOĞLU, 2011), melhoria da qualidade (KUO; WANG; TIEN, 2010; NAIR; JAYARAM; DAS, 2015; ZEYDAN; ÇOLPAN; ÇOBANOĞLU, 2011) e do tempo de entrega (KUO; WANG; TIEN, 2010; NAIR; JAYARAM; DAS, 2015; TRENT; MONCZKA, 2010; WANG; YANG, 2009), além de favorecer o aumento da flexibilidade e inovação (NAIR; JAYARAM; DAS, 2015), o acesso às tecnologias de produto e de processo (TRENT; MONCZKA, 2010) e o aumento da satisfação do cliente (WANG; YANG, 2009).

Por outro lado, os problemas relativos aos fornecedores podem aumentar os custos de transação por gerar dificuldades na produção ou mesmo paralisações, que contribuem para o aumento da incerteza para a empresa compradora (KRAUSE, 1999) e podem ser suficientes para deteriorar a situação financeira e operacional de toda a cadeia (ARAZ; OZKARAHAN, 2007). Assim, o sucesso da gestão da cadeia de fornecimento depende do fornecedor e da incorporação de um processo adequado para a gestão dos mesmos (WARE; SINGH; BANWET, 2012; WETZSTEIN et al., 2016).

A gestão de fornecedores inclui basicamente as atividades de seleção e avaliação de fornecedores com foco na melhoria do fornecimento (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014). Na atividade de seleção, as empresas podem ter que lidar com um grande número de fornecedores que prometem o produto certo, com preço, quantidade, lugar e tempo certo, contudo, vários destes fornecedores podem não ser capazes de cumprir suas promessas (KUMAR; CLEMENS; KELLER, 2014). Neste sentido, a qualificação ou pré-seleção pode ser importante para identificar os fornecedores que apresentam níveis mínimos de desempenho nos critérios avaliados. Trata-se de uma atividade ligada à seleção de fornecedores que tem por objetivo principal classificá-los baseados em alguns critérios (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a). Quando a parceria de longo prazo é desejada, a abordagem mais comum para o problema é escolher as melhores alternativas disponíveis e avaliá-las periodicamente (HOSSEININASAB; AHMADI, 2015) para que o pedido seja alocado entre elas da melhor

forma possível. Isto pode envolver uma série de critérios que estão relacionados com as prioridades e estratégias de negócios da empresa (HO; XU; DEY, 2010), além de vários tomadores de decisão. Deste modo, a identificação das preferências, dos tomadores de decisão e dos critérios, assim como os graus de preferência, pode exigir o uso de um método adequado para a elicitación¹.

Por depender da consideração simultânea de inúmeros fatores, a seleção de fornecedores vem sendo predominantemente abordado na literatura científica como um problema de tomada de decisão multicritério (DE BOER; WEGEN; TELGEN, 1998; LIAO; RITTSCHER, 2007; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013b; NG, 2008; THIRUCHELVAM; TOOKEY, 2011), com critérios que podem ser conflitantes entre si (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2010; WEBER; CURRENT, 1993). Dentre os critérios mais utilizados na seleção e avaliação do desempenho do fornecedor, destacam-se: tempo de entrega (ARAZ; OZKARAHAN, 2007; BAYRAK; ÇELEBI; TAŞKIN, 2007; BEIKKHAKHIAN et al., 2015; CHEN, 2011; CHOU; CHANG, 2008; KAR, 2014; NG, 2008; PARK et al., 2010; SIMIĆ et al., 2016), qualidade ou melhoria da qualidade (ARAZ; OZKARAHAN, 2007; BAYRAK; ÇELEBI; TAŞKIN, 2007; BEIKKHAKHIAN et al., 2015; CHEN, 2011; CHOU; CHANG, 2008; NG, 2008; PARK et al., 2010; SIMIĆ et al., 2016), preço ou custo (BEIKKHAKHIAN et al., 2015; CHEN, 2011; CHOU; CHANG, 2008; KAR, 2014; NG, 2008; PARK et al., 2010), capacidade técnica e tecnológica (ARAZ; OZKARAHAN, 2007; CHEN, 2011; CHOU; CHANG, 2008; KAR, 2014; PARK et al., 2010), entre outros.

Assim, para lidar com os diversos critérios, a literatura sugere o uso de técnicas de tomada de decisão multicritério para a seleção e avaliação de fornecedores (AGARWAL et al., 2011; CHAI; LIU; NGAI, 2013; HO; XU; DEY, 2010; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014; WEBER; CURRENT, 1993) e baseado nas revisões de Agarwal et al. (2011); Chai, Liu e Ngai (2013); Ho, Xu e Dey (2010); Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2013); Pal, Gupta e Garg (2013); Setak, Sharifi e Alimohammadian (2012); e Velasquez, Hester (2013), dentre as técnicas, métodos ou abordagens utilizadas, destacam-se: *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Analytic Network Process* (ANP), *Case-Based Reasoning* (CBR), *Simple Multi-Attribute Rating Technique* (SMART), *Technique for Order Preferences by Similarity to*

¹ Elicitación: Palavra proveniente do inglês *elicitation* que se refere aos procedimentos que buscam coletar informações e dados a partir do conhecimento, experiências ou informações dos participantes. Nesta pesquisa, quando se menciona o termo elicitación, refere-se a um procedimento em que a coleta de dados é realizada sem o uso direto de dados numéricos. Assim, a partir dos julgamentos individuais e com o uso de termos linguísticos, os participantes devem fornecer uma avaliação que será posteriormente agregada por meio da aplicação de métodos adequados.

Ideal Solutions (TOPSIS), *Multiple Attribute Utility Theory* (MAUT), teoria dos conjuntos *fuzzy*, algoritmos genéticos, modelos de programação matemática, especialmente programação linear, programação multiobjetivo, programação linear inteira mista e *Data Envelopment Analysis* (DEA). Também foram verificadas muitas abordagens híbridas que usam conceitos da teoria dos conjuntos *fuzzy* (CHAI; LIU; NGAI, 2013; HO; XU; DEY, 2010), com destaque ao uso de *fuzzy-AHP* e *fuzzy-ANP* (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013b), além de modelos que combinam técnicas multicritério com programação matemática.

Vale ressaltar que a incerteza está presente na maioria das decisões relativas à seleção e avaliação de fornecedores e interfere na adequação das técnicas de decisão. De acordo com De Boer, Wegen e Telgen (1998), a incerteza se manifesta de muitas formas diferentes, tais como:

- a) Incerteza devido à imprecisão: relacionada à dificuldade em determinar precisamente a pontuação de uma alternativa em um critério ou o peso de algum critério, devido à ausência de informações relevantes ou à incapacidade de um tomador de decisão em expressar suas preferências de uma forma consistente;
- b) Incerteza estocástica: relacionada à existência de critérios que possuem uma distribuição de probabilidade (que é conhecida ou que pode ser estimada) para a ocorrência de cada um dos seus estados;
- c) Incerteza devido à indeterminação: relacionada à possibilidade de interpretação ambígua do conceito de um determinado critério de decisão.

Assim, a incerteza dos julgamentos deve ser considerada nas atividades de gestão de fornecedores, seja para seleção ou após a seleção. Os julgamentos obtidos na avaliação do fornecedor podem ser incertos, seja pela imprecisão intrínseca à avaliação de critérios qualitativos ou pela falta de informações completas quando o fornecedor não apresenta dados históricos. Abordagens baseadas na teoria dos conjuntos *fuzzy* são indicadas quando a incerteza tem natureza não probabilística (ESTRELLA et al., 2014), ou seja, quando ela advém da imprecisão ou indeterminação. No caso da incerteza estocástica, se ela possui uma distribuição de probabilidade bem definida ou que pode ser estimada, modelos de programação matemática estocástica podem oferecer um resultado mais satisfatório. Por considerar a incerteza proveniente das avaliações subjetivas ou da ausência de informação, teoria dos conjuntos *fuzzy* combinada com as técnicas MCDM tem sido amplamente utilizada para lidar com a incerteza na seleção de fornecedores, pois fornece uma formulação matemática adequada aos termos linguísticos que transmitem a incerteza do julgamento (SIMIĆ et al., 2016). As hibridizações comuns aplicadas à seleção de fornecedores incluem *fuzzy AHP* (*Analytic Hierarch Process*),

fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), inferência *fuzzy*, *fuzzy* DEA entre outros (CHAI; LIU; NGAI, 2013; HO; XU; DEY, 2010).

No que diz respeito à qualificação de fornecedores ou pré-seleção, ainda há poucas pesquisas que abordem técnicas de apoio à tomada de decisão, dentre as quais, pode-se citar Yu e Wong (2015), Yu e Wong (2014), Gu, Gao e Wu (2008), Kefer et al. (2016), Lima Júnior, Osiro e Carpinetti (2013b), Sepulveda e Derpich (2015), Wu e Barnes (2012), Hallikas et al. (2005), Li e Shang (2009), Irfan, Shengchun e Xiaofei (2011) e Cao et al. (2014). É importante destacar que a qualificação requer o uso de um método ou técnica de classificação, não de ordenação, e deveria considerar o uso de regras não compensatórias (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a), uma vez que visa garantir níveis mínimos de desempenho em cada critério. No entanto, dentre as pesquisas citadas acima, apenas Lima Júnior, Osiro e Carpinetti (2013b) e Sepulveda e Derpich (2015) aplicam uma abordagem que lida com regras não compensatórias, utilizando métodos de classificação. Sobre os critérios utilizados na qualificação que foram verificados na literatura, pode-se destacar custo, tempo de entrega, rotatividade do produto, qualidade, risco de suprimentos (atraso, substituíbilidade e demanda), capacidade de suprimentos, entre outros.

Outro aspecto importante a ser considerado na qualificação, seleção e avaliação de fornecedores é a presença de múltiplos tomadores de decisão. As questões de tomada de decisão em grupo foram discutidas e aplicadas em problemas de seleção de fornecedores, tais como avaliação de empresas de venda online (PAWAN KUMAR; CLAUDIO, 2016), seleção de fornecedores verdes (GOVINDAN; SIVAKUMAR, 2016; ZHANG; XU; XING, 2016), na indústria de alimentos (ÇAKIR, 2016), na seleção de operadores logísticos (CELIK; ERDOGAN; GUMUS, 2016; WANG; LV, 2015), em projetos de usinas hidráulicas (FAN et al., 2016), na seleção de investimentos (ESANGBEDO; CHE, 2016), em sistema de informação e tecnologia (LI; CHOU, 2014), na seleção de equipamentos de irrigação (DRAGINCIC; VRANESEVIC, 2014). Entretanto, não foram verificadas pesquisas que lidam com a tomada de decisão em grupo na qualificação de fornecedores. Além disso, nota-se que a maioria das pesquisas sobre tomada de decisão em grupo lidam com problemas de escolha ou ordenação, e não de categorização (DAMART; DIAS; MOUSSEAU, 2007). Deste modo, a escassez de técnicas de categorização na literatura de tomada de decisão em grupo não só reforça a dificuldade em lidar com todos os aspectos envolvidos na atividade de qualificação, mas também destaca novas oportunidades de pesquisa. Abordagens e técnicas baseadas nos conjuntos *fuzzy* como as representações linguísticas *Intuitionistic Fuzzy* (ATANASSOV, 1986) e *Hesitant Fuzzy* (TORRA, 2010) tem sido propostas para lidar com a hesitação no processo de

tomada de decisão em grupo. Usando a representação linguística dos conjuntos *intuitionistic fuzzy*, a hesitação é definida no processo de parametrização, obtida a partir dos graus de pertencimento e não pertencimento. Por outro lado, quando se aplica a representação linguística dos conjuntos *hesitant fuzzy*, o decisor tem a oportunidade de hesitar na avaliação. Na prática, isso quer dizer que os julgamentos são expressos em um intervalo de hesitação que pode incluir um ou mais termos linguísticos do universo de discurso. No entanto, isoladamente, tais abordagens não garantem a categorização de alternativas, que é um objetivo da qualificação de fornecedores.

Quando múltiplas fontes de fornecimento são qualificadas, pode-se optar por selecioná-las, realizando a alocação de pedido entre elas. Com relação à alocação do pedido, dentre as pesquisas que abordam o problema de alocação e seleção de fornecedores, pode-se citar Azadnia, Saman e Wong (2015), Ayhan e Kilic(2015), Chaudhry, Forst e Zydiak (1993), Demirtas e Üstün (2008), Erdem e Göçen (2012), Fors, Harraz e Abouali (2011), Ghodsypour e O'Brien (2001), Hong et al. (2005), Kirytopoulos et al. (2010), Lin (2009), Murthy, Soni e Ghosh (2004), Nazari-Shirkouhi et al. (2013), Özgen et al. (2008), Rosenthal, Zydiak e Chaudhry (1995), Sanayei et al. (2008), Scott et al. (2015), Singh(2014), Songhori et al.(2011), Talluri (2002), Tsai e Wang(2010), Weber e Current (1993), Zhang e Zhang (2011), entre outras. Com base em tais pesquisas, os critérios ou restrições utilizados na alocação de pedido consideram frequentemente a demanda do período, a capacidade do fornecedor, o orçamento da empresa, o custo, o nível de defeituosos, as limitações de orçamento, o lote mínimo de compra, o tempo de entrega, entre outros. Especificamente para a alocação de pedidos, a programação matemática têm sido considerada a técnica mais apropriada, devido à capacidade de otimizar a função objetivo, diante uma infinidade de restrições internas e limitações, para selecionar a melhor combinação de fornecedores (AISSAOUI; HAOUARI; HASSINI, 2007). No entanto, o uso de modelos híbridos também foram propostos, tais como o de Azadnia, Saman e Wong (2015), Ayhan e Kilic (2015), Demirtas e Üstün (2008), Erdem e Göçen (2012), Songhori et al. (2011), Kirytopoulos et al.(2010), Lin (2009), Nazari-Shirkouhi et al. (2013), Özgen et al.(2008), Sanayei et al.(2008), Scott et al. (2015) e Singh (2014), que combinam técnicas multicritério e/ou abordagens baseadas em *fuzzy* para a seleção de fornecedores, além de programação matemática para a alocação do pedido.

Sobre a avaliação e desenvolvimento de fornecedores, neste âmbito, há certa confusão na literatura, pois o termo avaliação tem sido usado em dois sentidos, sendo eles: a avaliação de fornecedores para a seleção, que nada mais é do que a avaliação dos critérios para identificar fontes de fornecimento elegíveis; e a avaliação do desempenho de fornecedores para o

desenvolvimento, visando à melhoria contínua e a parceria de longo prazo. Existem muitos trabalhos relevantes de desenvolvimento de fornecedores que abordam as questões estratégicas e de caracterização dos fatores que influenciam no processo, tais como as pesquisas de Ahmed e Hendry (2012), Krause e Ellram (1997), Krause, Handfield e Scannell (1998), Krause, Handfield e Tyler (2007), Krause, Scannell e Calantone (2000), Krause (1999), Nair, Jayaram e Das (2015), Sillanpää, Shahzad e Sillanpää (2015), Terpend, Krause e Dooley (2011), Terpend et al. (2008) e Wagner e Krause (2009). No entanto, o desenvolvimento de modelos com a proposição de técnicas para a tomada de decisão ainda é recente e não tem a mesma multiplicidade de artigos como a seleção de fornecedores. Entre as pesquisas existentes que propõem o uso de técnicas, destacam-se: Akman (2014), Bai e Sarkis (2011), Govindan, Kannan e Haq (2010a), Osiro, Lima-Junior e Carpinetti (2014) e Rezaei, Wang e Tavasszy (2015). Alguns destes modelos abordam também o problema de segmentação de portfólio de fornecedores.

Alguns modelos de seleção de fornecedores também integram a seleção com avaliação de fornecedores, visando o monitoramento do desempenho e/ou a melhoria contínua do fornecedor, como a pesquisa de Hosseininasab e Ahmadi (2015), Azadnia, Saman e Wong (2015), Chen (2011) e Araz, Ozfirat e Ozkarahan (2007). Entretanto, estes modelos não propõem atividades de desenvolvimento de fornecedores. Modelos que integram as atividades de decisão de seleção, avaliação e desenvolvimento de fornecedores não são muito frequentes na literatura, sendo verificadas apenas as pesquisas de Park et al. (2010), Araz e Ozkarahan (2007) e Amin e Razmi (2009). A Figura 1 evidencia os processos que estão relacionados com as etapas propostas por Park et al. (2010).

Figura 1 - Modelo integrado de seleção e avaliação de fornecedores.

Fonte: Adaptado de Park et al. (2010).

Para criar as estratégias de compra, Park et al. (2010) sugerem a utilização do modelo de Kraljic (1983) com o objetivo de classificar os itens e analisar a importância do fornecedor. Após a definição das estratégias de compra, os critérios de seleção são definidos e os fornecedores são classificados usando o método AHP. No processo seguinte os fornecedores serão avaliados e divididos em quatro grupos: melhoria, manutenção, colaboração e de primeira linha. Deste modo, as atividades de desenvolvimento serão direcionadas ao grupo de melhoria.

O modelo de Araz e Ozkaran (2007) consiste em um sistema de gestão de fornecedores, direcionado ao desenvolvimento de produtos, que possui três subsistemas (Figura 2): a) um sistema de avaliação para avaliação e ordenação das melhores alternativas, a partir de critérios e com o uso do método PROMETHEE; b) um sistema de classificação que categoriza os fornecedores em grupos (estratégico, promissor, competitivo, e os que precisam ser eliminados) utilizando o método PROMSORT; c) um sistema de gestão que avalia os diferentes desempenhos entre fornecedores, acionando programas de desenvolvimento, monitorando os fornecedores e fornecendo *feedback* sobre as fraquezas destes parceiros.

Amin e Razmi (2009) propuseram um modelo integrado para gestão de provedores de serviços de internet (ISP), incluindo as atividades de seleção, avaliação e desenvolvimento de fornecedores (Figura 3). Na primeira fase do modelo, a técnica *fuzzy-QFD* (*Quality Function Deployment*) foi utilizada para classificar os melhores ISPs com base em critérios qualitativos, e em seguida, um modelo de ponderação é aplicado para considerar critérios quantitativos. Na fase seguinte, os autores avaliam os ISPs selecionados a partir de três perspectivas, sendo elas: clientes, desempenho e concorrência. Deste modo, os pontos fracos dos fornecedores são identificados em três níveis (desejável, tolerável, e indesejável) possibilitando o *feedback* aos fornecedores.

Embora Araz e Ozkaran (2007), Amin e Razmi (2009) e Park et al. (2010) apresentem modelos integrados de gestão de fornecedores, eles não consideram a atividade de qualificação de fornecedores, que pode ser muito útil em situações em que há diversos potenciais fornecedores, para garantir que todos os fornecedores atendam a todos os requisitos. Além disso, em alguns destas atividades poderiam haver múltiplos tomadores de decisão, o que implicaria na necessidade de uso de técnicas de tomada de decisão em grupo.

Deste modo, em face destas questões, verifica-se que a tomada de decisão na gestão de fornecedores pode envolver diferentes atividades. O uso de técnicas e métodos deve considerar diversas características como a presença da incerteza e hesitação, a tomada de decisão em grupo, os múltiplos critérios e compensação ou não entre critérios. As próximas seções retomaram as lacunas que justificam a realização desta pesquisa. Também abordarão os

objetivos e contribuições da pesquisa, além dos procedimentos de pesquisa, escopo e delimitações e organização do trabalho.

Figura 2 - Sistema de gestão e avaliação de fornecedores estratégicos.

Fonte: Araz e Ozkarahan (2007).

Figura 3 - Modelo de Gestão de provedores de serviços de internet (ISP).

Fonte: Adaptado de Amin e Razmi (2009).

1.2 LACUNAS DE PESQUISA

Diante da caracterização apresentada na seção anterior, nota-se que a literatura de gestão de fornecedores é bastante ampla e apresenta diversas atividades, além de uma multiplicidade de critérios utilizados em diferentes cenários. Além disso, dezenas de técnicas e métodos multicritério também têm sido propostos, mesmo com pequenas variações aos existentes (VELASQUEZ; HESTER, 2013) e as aplicações propostas estão frequentemente focadas em técnicas, métodos ou abordagens que visam a ordenação das alternativas disponíveis, para a seleção de uma ou mais fontes de fornecimento, de acordo com determinados critérios ou objetivos e restrições. Os resultados destas abordagens normalmente consistem em um conjunto de preferências, valores, ou qualquer outra medida para classificar os fornecedores e ajudar o tomador de decisão (HOSSEININASAB; AHMADI, 2015). Algumas revisões como as de De Boer, Labro e Morlacchi (2001), Ho, Xu e Dey (2010), Agarwal et al. (2011), Setak, Sharifi e Alimohammadian (2012), Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2013), Chai, Liu e Ngai (2013), Pal, Gupta e Garg (2013), Wetzstein et al. (2016) e Simić et al. (2016), oferecem um mapeamento das tendências de critérios, além de métodos e técnicas utilizadas na seleção de fornecedores ao longo dos anos.

Embora o foco de grande parte da literatura seja a seleção de fornecedores, antes da escolha final, uma etapa de pré-seleção ou qualificação pode ser realizada com o objetivo de categorizar os possíveis fornecedores, identificando aqueles que atendem aos requisitos mínimos de desempenho em todos os critérios (DE BOER et al., 2001). A qualificação de fornecedores é um processo para reduzir o conjunto total de alternativas a um conjunto menor

de fornecedores aceitáveis (PAL et al., 2013). Deste modo, o processo busca definir a base de suprimentos, considerando etapas tais como a categorização e avaliação inicial do fornecedor (KOPPENHAGEN et al., 2016). No entanto, na literatura são verificados poucos artigos que apresentam uma etapa de qualificação na atividade de seleção de fornecedores, representando uma oportunidade de pesquisa.

Definido quais os fornecedores qualificados, a seleção final pode resultar na escolha de uma ou mais alternativas. No caso da seleção de mais de uma alternativa, é necessário realizar a alocação de pedido. Após a seleção, quando os pedidos já estão sendo realizados, a avaliação dos fornecedores selecionados colabora com a empresa compradora a tomar medidas para atender melhor suas necessidades. Caso o fornecedor apresente desempenhos indesejáveis, é possível acionar ações de desenvolvimento do fornecedor ou, na pior das hipóteses, substituí-lo (HOSSEININASAB; AHMADI, 2015; OSIRO et al., 2014; REZAEI; ORTT, 2012). Para este fim, a abordagem usual para obter os resultados esperados seria classificar os fornecedores de acordo com o nível de desempenho ou nas categorias de desempenho, a fim de orientar outras ações (ARAZ et al., 2007; GUARNIERI, 2014; OSIRO et al., 2014; WANG, 2010). Portanto, tanto na fase de qualificação, bem como após a seleção, o processo de avaliação busca categorizar fornecedores por nível de desempenho nos critérios. Quando o problema de decisão é de categorização, esse tipo de resultado deve orientar a escolha de uma técnica adequada (ROY; SŁOWIŃSKI, 2013). No entanto, a literatura apresenta muitos exemplos de aplicação de técnicas recomendadas para a ordenação em problemas de decisão de categorização de fornecedores (ARABZAD et al., 2013; LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2016; PATTNAIK, 2013; REZAEI; ORTT, 2013a; SARKAR; MOHAPATRA, 2006; YU; WONG, 2015, 2014). Neste contexto, a utilização de técnicas de categorização é outra oportunidade de pesquisa a ser explorada. Especialmente no que diz respeito ao uso de técnicas de categorização com regras não compensatórias. Embora diferentes estudos tenham sido propostos para a qualificação, a maioria deles autorizam a compensação entre o desempenho nos critérios.

Outra questão importante para a gestão de fornecedores é a presença de múltiplos tomadores de decisão ou vários setores envolvidos na atividade de avaliação. Na literatura são encontradas diversas pesquisas com foco na tomada de decisão em grupo baseadas em abordagens tais como a agregação de julgamentos ou para a obtenção de consenso (ALENCAR; ALMEIDA, 2008; COSTA et al., 2003; LEYVA-LÓPEZ; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 2003; MACHARIS; BRANS, 1998; MORAIS; DE ALMEIDA, 2012; PARREIRAS; EKEL; MORAIS, 2012), votação (HADI-VENCHEH; NIAZI-MOTLAGH, 2011; LIU; HAI, 2005), teoria dos jogos (LEONETI, 2016), conjuntos *intuitionistic fuzzy* (BORAN et al., 2009;

IZADIKHAH, 2012; KHALEIE; FASANGHARI, 2012; LIU, 2013; WANG; XU, 2016; WEI; ZHAO; LIN, 2010; YU, 2012, 2013a; ZENG, 2013), conjuntos *hesitant fuzzy* (DARABI; HEYDARI, 2016; GITINAVARD; MOUSAVI; VAHDANI, 2016; KAHRAMAN; OZTAYSI; ONAR, 2016b; RODRÍGUEZ; MARTÍNEZ; HERRERA, 2013; WANG; XU, 2016; XIA; XU; CHEN, 2013; YU; ZHANG; XU, 2013), *fuzzy 2-tuple* (BALEŽENTIS; BALEŽENTIS, 2011; CHEN; BEN-ARIEH, 2006; RAO et al., 2016; WANG, 2010; WEI; ZHAO, 2012), conjuntos *fuzzy type-2* (LIU; LIU; QIN, 2018; QIN; LIU; PEDRYCZ, 2017a, 2017b), entre outros. Todavia, não foram verificadas abordagens que considerem a tomada de decisão em grupo no processo de qualificação de fornecedores. Assim, tem-se a primeira lacuna de pesquisa a ser explorada.

Buscas nas bases de dados sobre a tomada de decisão em grupo e métodos de categorização evidenciaram poucas pesquisas. Neste contexto, a escassez de métodos de categorização na literatura de tomada de decisão em grupo não só reforça a necessidade de propor novos modelos, mas também destaca a dificuldade em lidar com a primeira lacuna apontada, pois o processo de qualificação de fornecedores pode envolver vários de decisores de diferentes áreas funcionais de uma empresa e requer o uso de métodos de categorização. Dentre as pesquisas encontradas, a maioria não considera a incerteza, como as pesquisas de López and Ishizaka (2017), Masoumi et al. (2017), Palha et al. (2016), Chen et al. (2015), Morais et al. (2014), Kadziński et al. (2013), Cai et al. (2012), Jabeur e Martel (2007) e Damart et al. (2007). Considerando a incerteza na tomada de decisão em grupo, verificam-se as pesquisas de Sun et al. (2017), Shen et al. (2016), Liu et al. (2015), Li et al. (2014), Chen et al. (2012), Li et al. (2009), Valls et al. (2009) e Dias e Clímaco (2000). Embora sejam capazes de modelar a incerteza dos julgamentos subjetivos, elas não são capazes de lidar com a hesitação nos julgamentos dos decisores ou na definição dos parâmetros. Deste modo, a segunda lacuna de pesquisa diz respeito à adequação de técnicas e métodos de tomada de decisão em grupo para a categorização de alternativas, diante da incerteza e hesitação.

Na literatura de gestão de fornecedores, a maioria os modelos dos processos de decisão relacionados à gestão de fornecedores focam somente na seleção ou na alocação ou na avaliação para desenvolvimento. Alguns estudos apresentam propostas de modelo de processo decisório que integra a seleção com a avaliação e desenvolvimento de fornecedores (AMIN; RAZMI, 2009; ARAZ; OZKARAHAN, 2007; PARK et al., 2010). No entanto, a literatura ainda é carente de pesquisas que considerem os processos decisórios de qualificação, seleção, avaliação para o desenvolvimento de fornecedores. Isto posto, a terceira lacuna de pesquisa é verificada

na literatura de gestão de fornecedores, sendo ela a escassez de modelos que tratem da qualificação, seleção e avaliação de fornecedores para o desenvolvimento de forma integrada.

Vale destacar que, no processo de elicitação, que antecede à seleção, há determinadas situações de decisão em que os tomadores de decisão sentem dificuldades em expressar suas preferências por meio de graus de preferência concretos (GARCÍA et al., 2012). Nestes casos, verifica-se a necessidade do uso de técnicas para a definição dos critérios, pesos e outras preferências. Buscas nas bases de dados retornaram poucos artigos que abordam elicitação de preferências na seleção de fornecedores (ALMEIDA et al., 2016; BAGCHI et al., 2013; BICHLER et al., 2011; CHAI; NGAI, 2015; CHAMODRAKAS; BATIS; MARTAKOS, 2010; FREJ et al., 2017; KAHRAMAN; OZTAYSI; ONAR, 2016a; LIU; JIANG; MARTÍNEZ, 2018; LIU; RODRÍGUEZ, 2014; PANCHAL et al., 2017; ZHANG et al., 2017). Deste modo, destaca-se como a oportunidades de pesquisa nesta área para garantir que métodos sejam adequadamente empregados na seleção de fornecedores.

Na próxima seção os objetivos gerais e específicos desta pesquisa serão apresentados, assim como a justificativa e suas principais contribuições.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA E JUSTIFICATIVA

Diante das lacunas e oportunidades de pesquisa verificadas na literatura, o objetivo principal desta pesquisa é a proposição de métodos de tomada de decisão em grupo capazes de lidar com os julgamentos dos diversos tomadores de decisão, considerando características adicionais como: a presença da incerteza e hesitação; uso de técnicas de categorização que não permitam compensação entre critérios, para garantir o desempenho mínimo seja alcançado por todo fornecedor qualificado; elicitação para a definição de pesos, decisores e critérios, quando necessários para a estruturação do problema.

Como objetivos específicos, têm-se:

- a) A proposição de um modelo de tomada de decisão multicritério para a gestão de fornecedores, em uma perspectiva integrada, considerando os processos decisórios de qualificação, seleção, e avaliação para o desenvolvimento de fornecedores;
- b) Realizar a revisão de literatura necessária para compreender o cenário da gestão de fornecedores e das abordagens de tomada de decisão, evidenciando as lacunas e as contribuições inéditas desta tese;
- c) Estudar a contribuição de técnicas mais adequadas;

- d) Propor e detalhar o modelo, métodos e técnicas de apoio à tomada de decisão;
- e) Analisar os modelos propostos, avaliando sua consistência em casos ilustrativos com coleta de dados em campo, a partir da análise dos resultados e das análises de sensibilidade.

Diante das lacunas e do contexto apresentado, esta pesquisa se justifica pela importância do tema e por acrescentar à literatura uma estruturação das atividades de gestão de fornecedores, considerando simultaneamente uma série de características que não foram verificadas conjuntamente nas buscas às bases de dados. Assim, este trabalho apresenta uma proposta que engloba as atividades de gestão de fornecedores, particularmente no que se refere qualificação, seleção e a avaliação para desenvolvimento de fornecedores. Neste contexto, destacam-se como contribuições inéditas, não só o modelo integrado de gestão de fornecedores que considera qualificação, mas também a proposição de métodos de tomada de decisão em grupo para a categorização das alternativas, considerando a incerteza e a hesitação. Outra contribuição associada à pesquisa diz respeito à proposição de técnicas de elicitação para a definição de pesos, decisores e critérios. Embora a elicitação apresente uma literatura ampla, há poucas pesquisas que abordem o processo na gestão de fornecedores.

1.4 PROCEDIMENTO DE PESQUISA E DELIMITAÇÕES

Com relação aos procedimentos técnicos, esta pesquisa pode ser caracterizada pesquisa bibliográfica, de acordo com Gil (2002), seguida de uma pesquisa de modelagem e simulação, baseada nas definições de Morabito e Pureza (2010). Isso porque, a partir da revisão de literatura, características do problema e variáveis foram avaliadas para que, posteriormente, técnicas fossem propostas e computacionalmente desenvolvidas para a aplicação prática do modelo conceitual. Para Taylor e Taylor (2009), é essencial incentivar a aplicação de técnicas de pesquisa operacional em problemas da gestão de operações, desde que estes modelos sejam derivados de investigação empírica e submetidos a testes em contextos reais, em conjunto com os profissionais da área. Seguindo tal recomendação, uma coleta em campo foi conduzida para avaliar o desempenho do modelo e eliminar os vieses do pesquisador na formulação de dados aleatórios.

Do ponto de vista da abordagem, esta pesquisa pode ser caracterizada como essencialmente quantitativa, mas também qualitativa. Quantitativa por considerar que as variáveis envolvidas são quantificáveis ou mensuráveis (BERTRAND; FRANSOO, 2002; MARTINS, 2010) e que podem ser submetidas à aplicação de ferramentas matemáticas e à

análise numérica dos dados (KARLSSON, 2009). Qualitativa em relação ao levantamento do contexto em que as decisões se inserem e da formulação de modelos e dos métodos matemáticos para os desdobramentos dos processos de tomada de decisão.

Morabito e Pureza (2010) definem modelos quantitativos como modelos abstratos descritos em linguagem matemática e computacional, que utilizam técnicas analíticas e experimentais para determinar os valores numéricos do sistema em questão. De acordo com Bertrand e Fransoo (2002), modelos quantitativos são compostos por um conjunto de variáveis que possuem relações quantitativas e causais, definidas entre si, e apresentam variações em um domínio específico. A consequência destas relações causais e quantitativas é que modelos quantitativos podem ser usados para prever o estado futuro dos processos modelados, com resultados que são verificáveis e que não são ambíguos (MORABITO; PUREZA, 2010).

Bertrand e Fransoo (2002) classificam as pesquisas quantitativas em duas classes, sendo elas:

- a) Axiomática: quando a preocupação é centrada na obtenção de soluções dentro do modelo definido, certificando-se que estas soluções ofereçam esclarecimentos sobre a estrutura do problema, tal como é definido no modelo. Esta classe se dedica ao estudo do problema idealizado e busca formular teorias a partir dele, com o uso intensivo de métodos matemáticos, estatísticos e computacionais (MORABITO; PUREZA, 2010). A pesquisa axiomática parte da descrição de um modelo conceitual formado a partir de uma extensa revisão de literatura (BERTRAND; FRANSOO, 2002);
- b) Empírica, quando é conduzida por meio de descobertas empíricas e medições a partir da observação da realidade. A pesquisa quantitativa empírica apresenta interesse principal na criação de modelos que se adequem às relações causais que existem em problemas reais (MORABITO; PUREZA, 2010).

As pesquisas quantitativas axiomáticas ou empíricas podem ainda ser classificadas como: (1) descritivas, quando tem foco na criação de um modelo que descreva as relações causais; (2) normativas ou prescritiva, se o interesse é centrado no desenvolvimento de políticas, métodos, estratégias ou ações para melhorar a situação atual (BERTRAND; FRANSOO, 2002; KARLSSON, 2009). Para Karlsson (2009), a pesquisa axiomática é tipicamente prescritiva, apesar de descritiva, no sentido que visa entender como os processos são modelados.

Diante destas classificações, esta pesquisa apresenta modelagem quantitativa axiomática normativa (prescritiva), pois propõe um modelo de tomada de decisão, capaz de lidar com diferentes características dos processos de gestão de fornecedores, a partir das lacunas

identificadas na revisão de literatura. A pesquisa quantitativa axiomática normativa se baseia em modelos que prescrevem uma decisão para determinado problema (MORABITO; PUREZA, 2010), assim como esta pesquisa que propõe o uso de métodos e técnicas de tomada de decisão para os processos que compõem a gestão de fornecedores, quando determinadas características são verificadas.

O escopo desta pesquisa está limitado à gestão de fornecedores cuja parceria de longo prazo é desejável, pois os modelos de avaliação de fornecedores se baseiam em dados históricos de desempenho, para avaliar o desempenho e desenvolver fornecedores, quando necessário. Embora a seleção de fornecedores e a avaliação do desempenho possam estar presentes em diversas situações de compra, não é objetivo desta pesquisa sugerir um modelo de gestão de fornecedores para mercados de baixa complexidade ou itens que não possuem grande relevância estratégica. Isto porque, entende-se que, nestes casos, as empresas podem julgar que o uso de estratégias de incentivo à concorrência possam ser mais vantajosas. No entanto, os métodos propostos são adequados para a gestão de fornecedores em quaisquer situações, sejam elas na pré-seleção de portfólio ou na avaliação para o desenvolvimento.

Outro ponto a ser destacado para fins de delimitação é que, embora a pesquisa considere o processo de alocação de pedidos no modelo conceitual de gestão de fornecedores, nenhuma técnica foi proposta para a alocação nos casos ilustrativos. Isso ocorreu, pois, o processo de alocação tem características particulares em cada organização. Desta forma, como o modelo não foi implementado nas empresas participantes dos casos ilustrativos, não era objetivo desta pesquisa ser prescritiva quanto às abordagens, parâmetros, restrições e objetivos na alocação de pedidos.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta pesquisa está estruturada em seis capítulos, subdivididos em tópicos, conforme a Figura 4. A seguir serão apresentados e brevemente descritos os capítulos desta tese.

Capítulo 1 – Introdução: No primeiro capítulo o tema é introduzido a partir da caracterização do problema de pesquisa e da apresentação do estado da arte. Além disso, os objetivos da pesquisa, a justificativa e contribuições são apontados, assim como os procedimentos de pesquisa, escopo e delimitações.

Capítulo 2 – Gestão de fornecedores: No segundo capítulo se encontra a revisão de literatura desenvolvimento da pesquisa. Ele é composto por seções que abordam os seguintes temas: gestão de fornecedores, busca nas bases de dados, seleção de fornecedores, avaliação e

desenvolvimento de fornecedores, e finalmente uma análise crítica da revisão de contextualização. Neste capítulo, também há a proposição de um modelo conceitual que representa os processos de tomada de decisão em gestão de fornecedores, do ponto de vista da autora.

Capítulo 3 – Tomada de decisão multicritério: Verifica-se no terceiro capítulo a revisão de literatura que fundamenta a proposição de técnicas realizada nesta tese. Para tanto aborda os seguintes tópicos: tomada de decisão multicritério e tomada de decisão em grupo, com foco nas técnicas utilizadas nesta tese.

Capítulo 4 – Proposta de modelo de tomada de decisão: O quarto capítulo apresenta a proposição de métodos de tomada de decisão capazes de lidar com a tomada de decisão em grupo, considerando a incerteza e a hesitação em processos de categorização.

Capítulo 5 – Aplicação em casos ilustrativos: O quinto capítulo apresenta a aplicação dos métodos de tomada de decisão a partir da coleta em campo de dados para a simulação. Além disso, análises sobre os métodos são apresentados a partir dos resultados obtidos e de análises de sensibilidade.

Capítulo 6 – Considerações finais e conclusão: Finalmente, o sexto e último capítulo apresenta as considerações finais, dificuldades e limitações, além das propostas de pesquisas futuras.

Figura 4 - Estrutura do trabalho.

		CAPÍTULOS	SEÇÕES
E S T R U T U R A D O T R A B A L H O	➔	CAPÍTULO 1 Introdução	1.1 Caracterização do tema de pesquisa 1.2 Estado da arte e lacuna de pesquisa 1.3 Objetivos da pesquisa 1.4 Procedimento de pesquisa e delimitações 1.5 Organização do trabalho
	➔	CAPÍTULO 2 Gestão de Fornecedores	2.1 Aspectos gerais da gestão de fornecedores 2.2 Bases de dados pesquisadas e regras de buscas 2.3 Seleção de fornecedores 2.4 Avaliação e desenvolvimento de fornecedores 2.5 Análise crítica da revisão de contextualização
	➔	CAPÍTULO 3 Tomada de Decisão Multicritério	3.1 Métodos de tomada de decisão multicritério 3.2 Breve contexto da tomada de decisão em grupo
	➔	CAPÍTULO 4 Proposta de Modelo de Tomada de Decisão	4.1 Características gerais do problema e procedimentos dos métodos 4.2 Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e ELECTRE TRI 4.3 <i>Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy</i> e ELECTRE TRI
	➔	CAPÍTULO 5 Aplicação em Casos Ilustrativos	5.1 Empresa A 5.2 Empresa B 5.3 Análise de sensibilidade dos métodos diante da hesitação 5.4 Análise de sensibilidade dos métodos quanto aos parâmetros do ELECTRE TRI
	➔	CAPÍTULO 6 Considerações Finais e Conclusão	6.1 Dificuldades e Limitações de Pesquisa 6.2 Propostas para pesquisas futuras

Fonte: Elaborado pela autora.

2 GESTÃO DE FORNECEDORES

Este capítulo apresenta uma revisão de literatura sobre gestão de fornecedores, descrevendo cada um dos processos envolvidos, para que seja possível caracterizar os requisitos do modelo conceitual proposto. Além disso, o capítulo também apresenta uma busca sistemática, para evidenciar as lacunas que justificam esta pesquisa, e uma análise crítica ao final para discutir algumas questões relevantes que colaboram com os argumentos aqui defendidos.

2.1 ASPECTOS GERAIS DA GESTÃO DE FORNECEDORES

A globalização dos mercados, o advento da internet, o aumento da terceirização, a mudança nas preferências dos clientes, as regulamentações governamentais, e diversos outros fatores (conforme a Figura 5) aumentaram a complexidade e, conseqüentemente, a importância da compra dentro de uma organização (DE BOER, 1998; DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001). Neste cenário, diversos autores destacam que nas últimas décadas as questões relativas à compra passaram a receber maior atenção das organizações (CHAI; LIU; NGAI, 2013; DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; RENGANATH; SURESH, 2016; SIMIĆ et al., 2016; THIRUCHELVAM; TOOKEY, 2011; WARE; SINGH; BANWET, 2012).

Além disso, as mudanças na demanda e na variedade de produtos aumentaram a pressão para que as organizações se esforcem constantemente e adotem estratégias adequadas para obtenção de progressos e para a manutenção da posição de mercado (BEIKKHAKHIAN et al., 2015; SIMIĆ et al., 2016). Com o comportamento do consumidor amplamente alterado, a maioria das empresas passou a oferecer uma variedade de produtos feitos sob encomenda para satisfazer imediatamente as necessidades dos consumidores (CHEN, 2011).

Tais pressões, somada à redução do ciclo de vida dos produtos, conduziram as empresas a investir ativamente na gestão da cadeia de suprimentos (CHEN, 2011; SIMIĆ et al., 2016) e a procurar vantagem competitiva na compra de componentes que representam maior porcentagem do custo total do produto final (SIMIĆ et al., 2016; ZEYDAN; ÇOLPAN; ÇOBANOĞLU, 2011). Muitas empresas estão focadas na satisfação do cliente, que pode ser afetada pela qualidade do produto, pelo custo, pelo nível de serviço, entre outros diversos fatos, muitos dos quais estão direta ou indiretamente relacionados ao fornecedor. Devido a este aumento da dependência dos fornecedores, as conseqüências diretas e indiretas de uma tomada de decisões precária passaram a ser mais severas para as organizações (SIMIĆ et al., 2016).

Neste contexto, decisões eficazes no processo de gestão da base de fornecedores se tornaram cada vez mais necessárias (SIMIĆ et al., 2016; TAHRIRI et al., 2014; WARE; SINGH; BANWET, 2012). Se a empresa compradora deseja tornar a cadeia de suprimentos uma fonte de vantagem competitiva capaz de satisfazer suas necessidades, cabe a ela gerenciar e desenvolver os fornecedores em relação aos seus respectivos desempenhos (KRAUSE; HANDFIELD; SCANNELL, 1998), para construir e manter relações com uma rede competente, extraindo o máximo valor destes relacionamentos (AHMED; HENDRY, 2012).

Figura 5 - Fatores que influenciaram o aumento da complexidade e importância da compra.

Fonte: De Boer (1998).

A seleção e a avaliação de fornecedores oferecem a oportunidade de avaliar o desempenho e as capacidades destes parceiros (TRENT; MONCZKA, 2010). Deste modo, identificar e avaliar fornecedores têm sido a preocupação não só de pesquisadores, mas também de profissionais envolvidos com a gestão empresarial (CHERAGHI, DADASHZADEH e SUBRAMANIAN, 2004; CHEN, LIN e HUANG, 2006, SELVIARIDIS E SPRING, 2007).

Uma tendência emergente é selecionar fornecedores visando um relacionamento de longo prazo (ARAZ; OZKARAHAN, 2007). Assim, nos processos de gestão de fornecedores,

tão importante quanto qualificar e selecionar a base de fornecimento é avaliar o desempenho dos fornecedores para a alocação do pedido e para o desenvolvimento destes parceiros. Neste cenário, a avaliação de fornecedores, que tradicionalmente é utilizada para fins de seleção (para o benefício da empresa compradora), também pode ser uma atividade que contribui com os fornecedores (REZAEI; WANG; TAVASSZY, 2015), quando aplicada na avaliação do desempenho para o seu desenvolvimento.

A capacidade dos fornecedores de afetar a satisfação do cliente final faz com que a qualidade do fornecedor seja essencial para o sucesso de longo prazo no mercado (TRENT; MONCZKA, 2010). Fábricas diferentes desempenham diferentes papéis estratégicos para cooperar e formar os parceiros de colaboração dentro da cadeia de valor (CHOY et al., 2005). Assim, a criação de diferentes estratégias de desenvolvimento para os diferentes grupos de fornecedores colabora com a alocação mais eficiente dos recursos escassos (REZAEI; WANG; TAVASSZY, 2015). A avaliação da base de fornecimento deve conduzir ao desenvolvimento da qualidade do material, menores custos de desenvolvimento, redução de preços de compra, e melhoria da capacidade de resposta dos fornecedores (SILLANPÄÄ; SHAHZAD; SILLANPÄÄ, 2015). Todavia, o desenvolvimento de estratégias avançadas do abastecimento só se justifica em cadeias complexas, que envolvem elevada pressão competitiva e que, além disso, o custo de execução das estratégias não supera o possível retorno financeiro (TRENT; MONCZKA, 2010).

No tocante à aquisição e atividades relacionadas, é essencial que os departamentos cooperem, pois para construir um sistema integrado, os gestores devem conhecer o trabalho de cada equipe, como eles influenciam uns aos outros (PARK et al., 2010). Desta forma, não basta conhecer os processos de decisões, pois é preciso compreender o cenário de suprimentos. A Figura 6 apresenta as atividades envolvidas na gestão estratégica de suprimentos, sendo composta pela identificação dos requisitos da empresa, o desenvolvimento de estratégias, a seleção e avaliação de fornecedores, e a gestão e desenvolvimento destes fornecedores.

Para Trent (2007), tais atividades elencadas em um processo de gestão estratégica oferecem vantagens de desempenho acima dos competidores. O conhecimento das necessidades de abastecimento e objetivos da empresa podem fornecer informações relativas ao modo como os fornecedores serão selecionados, avaliados, geridos e desenvolvidos. Contudo, a gestão do fornecedor não deve considerar somente o desenvolvimento de capacidades, pois os fornecedores precisam de um processo contínuo de avaliação, de modo que, os critérios de desempenho do fornecedor sejam atualizados, baseados em seu histórico de desempenho. Em parcerias de longo prazo em que há uma base de fornecimento bem estabelecida, os resultados

do desenvolvimento e da avaliação contínua do desempenho deverão afetar o processo de manutenção da parceria, priorizando assim os fornecedores que oferecem melhores serviços, assim como aqueles que obtiveram melhorias significativas com o desenvolvimento, atingindo altos níveis de desempenho.

Figura 6 - Processos da gestão estratégica de suprimentos.

Fonte: Adaptado de (TRENT, 2007).

Embora a Figura 6 apresente perguntas fundamentais para os processos de gestão de fornecedores, é necessário também construir um processo em que a avaliação do desempenho de fornecedores forneça informações aos demais processos decisórios. Nesta direção, esta pesquisa propõe a uma visão integrada dos processos decisórios a partir de um modelo que considera diversas atividades de gestão de fornecedores, sendo elas: a qualificação de fornecedores (ou pré-seleção), a seleção de fornecedores e a avaliação de fornecedores para o desenvolvimento.

Assim, inicialmente seleciona-se os fornecedores que irão compor a base de fornecimento. No processo de seleção dos fornecedores, há algumas etapas que precedem a tal atividade. Inicialmente, devem-se definir os quem são os tomadores de decisão ou quais áreas funcionais da empresa devem participar da avaliação dos fornecedores. Depois, definem-se os critérios de seleção de fornecedores de acordo com o contexto de cada organização, de modo

que, os tomadores de decisão envolvidos deverão avaliar quais questões precisam ser consideradas no processo de seleção de fornecedores. Tais critérios devem estar alinhados com os requisitos, os objetivos e as estratégias da empresa. Após a definição dos critérios, os fornecedores devem ser avaliados de acordo com requisitos mínimos (níveis mínimos de desempenho em determinados critérios) e categorizados com o uso de técnicas de tomada de decisão, capazes de lidar com os múltiplos critérios envolvidos, sejam eles quantitativos ou qualitativos, e com a tomada de decisão em grupo. Deste modo, os fornecedores com desempenho adequado serão qualificados para fazer parte da base de suprimentos.

A seleção de fornecedores pode se dar de diversas formas, pode-se escolher apenas uma fonte de fornecimento, ou alocar o pedido para várias fontes. Isto significa que, o pedido pode ser distribuído entre as alternativas selecionadas para a base de suprimentos ou apenas para uma delas. A partir da alocação e realização dos pedidos, os fornecedores serão avaliados por alguns critérios que representam medidas de desempenho do processo de fornecimento. Esses critérios estarão presentes no processo de avaliação do desempenho do fornecedor. Tal processo considera o desempenho do fornecedor em cada pedido realizado. A avaliação de fornecedores também será realizada a partir do uso de uma técnica de tomada de decisão e as informações provenientes deste processo serão consideradas na realocação do pedido do período posterior. Além disso, este processo proporcionará informações suficientes para a identificação de falhas ou oportunidades de melhoria que deverão ser tratadas no processo de desenvolvimento de fornecedores. A Figura 7 apresenta o detalhamento dos processos e decisões tomadas no modelo proposto para a gestão de fornecedores.

Para que o processo de desenvolvimento de fornecedores seja realizado sempre que necessário, os fornecedores serão constantemente categorizados, a partir do desempenho nos critérios de avaliação, com o objetivo de identificar aqueles que necessitam de melhoria. Assim, neste processo, ações de desenvolvimento poderão acionadas com o objetivo de melhorar o desempenho do fornecedor. Caso a melhoria seja verificada, a atualização do nível de desempenho em um ou mais critérios será considerada na categorização das alternativas.

É importante ressaltar que, na segunda fase do modelo conceitual, a informação de cada processo retorna ao processo de avaliação para que seja considerado o desempenho do último pedido do fornecedor para o próximo período de compra. Assim, a informação flui de um processo para outro como um ciclo que se repete a cada pedido realizado. Em contrapartida, o processo de seleção de fornecedores deverá ser novamente acionado caso haja a necessidade de substituir fornecedores ou caso a capacidade da base de suprimentos se torne insuficiente para atender a demanda da empresa compradora.

Figura 7 - Modelo conceitual dos processos de decisão na gestão de fornecedores.

Fonte: Elaborado pela autora.

Diante dos processos e decisões apresentadas na Figura 7, destaca-se a necessidade do uso técnicas para a tomada de decisão para a categorização de fornecedores, que dará suporte aos processos de qualificação e avaliação de fornecedores. Para que a modelagem do problema seja realizada adequadamente, é fundamental utilizar as técnicas que apresentam a maior vantagem diante das características do problema avaliado. Assim, as próximas seções serão dedicadas ao detalhamento do cenário em que as decisões se inserem e à análise das técnicas que poderiam ser empregadas. Além disso, elas abordarão com maior profundidade os temas relativos à gestão de fornecedores e os processos de decisão envolvidos. Inicialmente as buscas realizadas nas bases de periódicos e repositório de artigos serão apresentadas, de modo a evidenciar os artigos verificados na literatura e as palavras-chave utilizadas. As seções seguintes abordarão a seleção, qualificação, avaliação e desenvolvimento de fornecedores, além da alocação de pedidos. Assim, a partir da contextualização dos processos decisórios na gestão de fornecedores, espera-se construir o suporte teórico necessário para a compreensão do cenário, de modo a colaborar com a proposição de métodos apresentada nesta pesquisa.

2.2 BASES DE DADOS PESQUISADAS E REGRAS DE BUSCAS

Para identificar e analisar as lacunas de pesquisa, uma busca sistemática foi realizada nas bases de periódicos e repositório de artigos *Scopus* (<http://www.scopus.com/>) e *Web of Science* ([webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com)). A Figura 8 apresenta as etapas do processo de busca utilizado.

Figura 8 - Processo de busca adotado em todas as fases.

Fonte: Elaborado pela autora.

O objetivo principal dessa busca sistemática foi avaliar as principais lacunas nas abordagens e modelos que integram os processos de qualificação, seleção, avaliação e desenvolvimento de fornecedores. Deste modo a busca ocorreu em algumas fases, a partir da combinação de palavras-chave e com o uso de filtros que limitavam os resultados aos artigos de periódicos. Como estratégia, optou-se pela busca de artigos que contemplassem a combinação dos principais termos no título, resumo, ou palavras-chave, de modo a diminuir o número de artigos que não eram compatíveis com os temas abordados. Assim, foram realizadas buscas avançadas, de modo que, no *Scopus* foi adicionado o código TITLE-ABS-KEY(“combinação dos termos de busca”), enquanto no *Web of Science* foi utilizado o campo

TS=(“combinação dos termos de busca”), seguindo os procedimentos especificados na Figura 8.

A primeira fase de busca teve o objetivo de encontrar artigos que integrassem os processos de seleção de fornecedores com a avaliação e desenvolvimento de fornecedores. Para tanto, foram combinados os termos seleção de fornecedores, avaliação de fornecedores e desenvolvimento de fornecedores ou programa de desenvolvimento de fornecedores. Assim, na busca avançada do *Scopus*, utilizou-se a combinação de termos “TITLE-ABS-KEY ("supplier selection" OR "vendor selection") AND TITLE-ABS-KEY("supplier evaluation" OR "vendor evaluation") AND TITLE-ABS-KEY("supplier development" OR "vendor development" OR "supplier development program" OR "vendor development program")”. No *Web of Science*, utilizou-se a combinação de palavras “TS= ("supplier selection" OR "vendor selection") AND TS= ("supplier evaluation" OR "vendor evaluation") AND TS= ("supplier development" OR "vendor development" OR "supplier development program" OR "vendor development program”)”. Como resultados, foram encontrados 4 artigos no *Web of Science* (ARAZ; OZKARAHAN, 2007; LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2016; TALLURI; NARASIMHAN, 2004; TANG; TSUEN-HO HSU, 2015) e 4 artigos no *Scopus* (ARAZ; OZKARAHAN, 2007; LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2016; LIMA JUNIOR; CARVALHO; CARPINETTI, 2016; TANG; TSUEN-HO HSU, 2015). Três artigos da pesquisa eram replicados e apenas um deles apresentou um modelo integrado que abordava a seleção, avaliação e desenvolvimento de fornecedores de forma integrada (conforme Figura 9), além da aplicação de técnicas de tomada de decisão PROMETHEE E PROMSORT, sendo ele o trabalho de Araz e Ozkarahan (2007).

Na segunda fase buscou-se identificar artigos que integrassem os processos de decisão de qualificação, seleção de fornecedores e avaliação e desenvolvimento de fornecedores. Para tanto, utilizou-se no *Scopus* a combinação de termos “TITLE-ABS-KEY("supplier selection" OR "vendor selection") AND TITLE-ABS-KEY("supplier qualification" OR "vendor qualification" OR "supplier classification" OR "vendor classification") AND TITLE-ABS-KEY("supplier evaluation" OR "vendor evaluation") AND TITLE-ABS-KEY("supplier development" OR "vendor development" OR "supplier development program" OR "vendor development program”)”. No *Web of Science*, a combinação de palavras utilizada foi “TS= ("supplier selection" OR "vendor selection") AND TS= ("supplier qualification" OR "vendor qualification" OR "supplier classification" OR "vendor classification") AND TS= ("supplier evaluation" OR "vendor evaluation") AND TS= ("supplier development" OR "vendor development" OR "supplier development program" OR "vendor development program”)”. Nesta busca nenhum artigo foi encontrado.

Figura 9 - Resultados da primeira fase de busca.

Fonte: Dados da busca.

A terceira fase tinha por objetivo a identificação de pesquisas que abordassem no processo de seleção de fornecedores os processos de qualificação e alocação de pedidos. Desta forma, no *Scopus* foi utilizada a *string* “TITLE-ABS-KEY ("supplier selection" OR "vendor selection") AND TITLE-ABS-KEY ("order allocation" OR "demand allocation") AND TITLE-ABS-KEY (qualification OR classification)”, que retornou como resultado 3 artigos (ARABZAD et al., 2013; MOHAMMADITABAR; GHODSYPOUR, 2016; PALHA; DE ALMEIDA; ALENCAR, 2016). De modo semelhante, utilizou-se no *Web of Science* a string “TS=((“supplier selection” OR “vendor selection”) AND (“order allocation” OR “demand allocation”) AND (qualification or classification))” e como resultado, 4 artigos foram encontrados (CHAI; LIU; NGAI, 2013; MOHAMMADITABAR; GHODSYPOUR, 2016; PALHA; DE ALMEIDA; ALENCAR, 2016; WETZSTEIN et al., 2016), dos quais 2 eram replicados. Nenhum dos artigos encontrados apresentação fase de qualificação de fornecedores. A Figura 10 evidencia os temas encontrados na terceira fase.

Figura 10 - Resultados da terceira fase.

Fonte: Dados da busca.

A quarta busca sistemática tinha como objetivo encontrar artigos que considerassem o uso de técnicas de qualificação de fornecedores no processo de seleção. Para tanto, utilizou-se a combinação de termos “TITLE-ABS-KEY ("supplier selection" OR "vendor selection") AND TITLE-ABS-KEY ("supplier categorization" OR "vendor categorization" OR "supplier qualification" OR "vendor qualification" OR "supplier classification" OR "vendor classification") e foram encontrados 11 artigos de periódicos (ARABZAD et al., 2013; ASADABADI, 2014; BAYRAK; ÇELEBI; TAŞKIN, 2007; GU; GAO; WU, 2008; GUARNIERI, 2014; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a; LUZZINI; CANIATO; SPINA, 2014; PATTNAIK, 2013; STEINLE; SCHIELE; ERNST, 2014; WANG et al., 2006; WATJATRAKUL, 2014). No *Web of Science* foi utilizada a combinação de termos “TS=("supplier selection" OR "vendor selection") AND TS=("supplier categorization" OR "vendor categorization" OR "supplier qualification" OR "vendor qualification" OR "supplier classification" OR "vendor classification")” e como resultado foram encontrados 3 artigos (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a; LUZZINI; CANIATO; SPINA, 2014; WU; BARNES, 2011), porém eram duplicados. Na Figura 11 é apontado o número de artigos que apresentam o processo de qualificação e também os que utilizam técnicas de tomada de decisão multicritério.

Observando a Figura 11, nota-se que apenas um artigo apresentou técnicas de qualificação de fornecedores. Os autores Lima Júnior, Osiro e Carpinetti (2013a) utilizaram o sistema de inferência *fuzzy* para classificação de fornecedores, com o uso de regras não compensatórias.

Figura 11 - Resultados da quarta fase.

Fonte: Dados da busca.

A quinta busca sistemática tinha como objetivo mapear quais as principais técnicas utilizadas na qualificação de fornecedores. Para este fim, no *Scopus* utilizou-se a combinação de termos “TITLE-ABS-KEY(“supplier categorization” OR “vendor categorization” OR “supplier qualification” OR “vendor qualification” OR “supplier classification” OR “vendor classification” OR “supplier pre-qualification” OR “vendor pre-qualification” OR “supplier pre-qualify” OR “vendor pre-qualify” OR “supplier pre-selection” OR “vendor pre-selection”)” e 88 artigos foram encontrados. Para filtrar tais resultados, o título, resumo e palavras-chave foram lidos para filtrar os artigos que realmente aplicavam técnicas de tomada de decisão, restando apenas 8 artigos. No *Web of Science*, foi aplicada a *string* “TS=(“supplier categorization” OR “vendor categorization” OR “supplier qualification” OR “vendor qualification” OR “supplier classification” OR “vendor classification” OR “supplier pre-qualification” OR “vendor pre-qualification” OR “supplier pre-qualify” OR “vendor pre-qualify” OR “supplier pre-selection” OR “vendor pre-selection”)” e 44 artigos foram encontrados, cujos quais, passaram pela mesma filtragem realizada no *Scopus*. Restaram 10 artigos, dos quais 7 são duplicados. Dentre as pesquisas encontradas, verificou-se o uso de métodos, tais como TOPSIS (YU; WONG, 2015), *Fuzzy* TOPSIS (YU; WONG, 2014), *group-AHP*, TOPSIS e entropia (GU; GAO; WU, 2008), curva ABC (KEFER et al., 2016), Sistemas de Inferência *Fuzzy* (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a), ELECTRE e

FLOWSORT (SEPULVEDA; DERPICH, 2015), *radial basis function artificial neural networks* (WU; BARNES, 2012), métodos baseados em *clusters* (HALLIKAS et al., 2005; IRFAN; SHENGCHUN; XIAOFEI, 2011; LI, K.; SHANG, 2009) e programação multiobjetivo (CAO et al., 2014).

A sexta fase de buscas foi realizada no *Scopus* e *Web of Science* usando a *string* “(“group decision” AND (“categorization OR sorting”))”. Os resultados destas buscas são evidenciados no Quadro 1, apontando as pesquisas que aplicam técnicas, métodos ou abordagens de categorização na tomada de decisões em grupo. De acordo com os dados do Quadro 1, nota-se que a maioria dos estudos não lida com a incerteza e a hesitação, exceto a pesquisa de Shen, Xu e Xu (2016). Porém, esta pesquisa não permite que os tomadores de decisão avaliem as alternativas utilizando vários termos linguísticos.

Por fim, a sétima fase buscou avaliar o uso de métodos de elicitação para definição de pesos, critérios e decisores nos processos de seleção de fornecedores. Para isto, usou-se no *Scopus* e *Web of Science* usando a *string* “(“supplier selection” AND “elicitation” OR “supplier selection” AND “weight aggregation”))” e como resultado, 20 artigos foram encontrados. Eliminando as duplicidades e alguns artigos que não apresentavam abordagens para elicitação, restaram apenas 11 artigos (ALMEIDA et al., 2016; BAGCHI et al., 2013; BICHLER et al., 2011; CHAI; NGAI, 2015; CHAMODRAKAS; BATIS; MARTAKOS, 2010; FREJ et al., 2017; KAHRAMAN; OZTAYSI; ONAR, 2016a; LIU; JIANG; MARTÍNEZ, 2018; LIU; RODRÍGUEZ, 2014; PANCHAL et al., 2017; ZHANG et al., 2017).

Os resultados das sete fases de busca evidenciaram que pesquisas que integrem os processos de decisão de qualificação, seleção de fornecedores, avaliação e desenvolvimento de fornecedores ainda representam uma lacuna de pesquisa na gestão de fornecedores. Além disso, não há muitos estudos que apresentam a etapa de qualificação de fornecedores, em especial com o uso de técnicas de categorização, o que evidencia que este também é um tema a ser explorado.

Outro ponto a ser destacado é que a literatura sobre o uso de abordagens, técnicas e métodos de categorização em processos de tomada de decisão em grupo ainda representa uma oportunidade de pesquisa, pois não há muitas pesquisas. Essa lacuna se torna evidente se houver ainda a necessidade de acrescentar incerteza e hesitação no processo de avaliação das alternativas.

Quadro 1 - Resultados da busca usando as palavras-chave “group decision” e “categorization or sorting”.

Referência	Técnica ou abordagem de tomada de decisão em grupo	Lida com a incerteza e a hesitação?
Scopus		
(LÓPEZ; ISHIZAKA, 2017)	<i>Group Analytic Hierarchy Process Sorting (GAHPSort)</i>	Não
(MASOUMI; AHANGARI; NOORZAD, 2017)	<i>Analytic Hierarchy Process and Multi-Criteria Optimization and Compromise Solution.</i>	Não
(SUN; MA; XIAO, 2017)	<i>Multigranulation fuzzy decision-theoretic rough set</i>	Somente incerteza
(SHEN; XU; XU, 2016)	<i>Intuitionistic fuzzy</i>	Lida com a incerteza, considera a hesitação, mas não permite que o tomador de decisão avalie as alternativas utilizando mais de um termo linguístico.
(LIU; LIAO; YANG, 2015)	Consenso	Neste artigo, a incerteza se refere à imprecisão na avaliação das alternativas.
(CHEN; YANG; PAN, 2015)	<i>MAGDM analysis method based on error propagation and vertical projection distance.</i>	Não
(MORAIS et al., 2014)	SMAA-TRI	Não
(KADZIŃSKI; GRECO; SŁOWIŃSKI, 2013)	UTA ^{GMS} GROUP e UTADIS ^{GMS} GROUP	Não
(CAI; LIAO; WANG, 2012)	Algoritmo RINCON	Não
(CHEN; KILGOUR; HIPEL, 2012)	<i>Hybrid of the dominance-based rough set approach (DRSA) and the Dempster-Shafer(DS) theory</i>	Somente incerteza
(LI; LIAO; ZHAO, 2009)	<i>A rough set approach and linguistic computing</i>	Somente incerteza
(JABEUR; MARTEL, 2007)	<i>Ordinal sorting method for group decision-making</i>	Não
(DAMART; DIAS; MOUSSEAU, 2007)	ELECTRE TRI implementado em <i>Decision Support System IRIS</i>	Não
Web of Science		
(PALHA; DE ALMEIDA; ALENCAR, 2016)	ROR-UTADIS	Não
(LI; QI; FENG, 2014)	<i>Cloud model</i> e VIKOR	Trata-se de incertezas causadas pela percepção subjetiva dos especialistas. Mas não permite ao tomador de decisão usar vários termos linguísticos.
(VALLS; BATET; LÓPEZ, 2009)	ClusDM <i>method</i>	Lida com a informação imprecisa, mas não permite ao tomador de decisão usar vários termos linguísticos.
(DIAS; CLÍMACO, 2000)	ELECTRE TRI com ferramentas de otimização	Lida com a incerteza, considera a discordância, mas não permite ao tomador de decisão usar vários termos linguísticos.

Com relação ao processo de identificação de pesos, critérios e tomadores de decisão, nota-se que há poucos estudos de seleção de fornecedores utilizando técnicas de elicitação. Isto evidencia outra oportunidade de pesquisa na gestão de fornecedores.

Assim, diante destes resultados, as lacunas de pesquisa tratadas nesta pesquisa sobre gestão de fornecedores foram evidenciadas. Para avaliar com maior profundidade o cenário de gestão de fornecedores, as seções seguintes irão abordar os processos de decisão envolvidos.

2.3 SELEÇÃO DE FORNECEDORES

O tema seleção de fornecedores teve um rápido desenvolvimento nos últimos cinco anos e um grande número de novas idéias, técnicas e abordagens têm contribuído para esta área promissora (CHAI; LIU; NGAI, 2013; SIMIĆ et al., 2016). Todavia, o interesse pela seleção de fornecedores surgiu desde a década 1940 com Lewis² e se disseminou na década de 1960 como trabalho seminal de Dickson³ que se dedicou ao estudo da importância de 26 critérios de seleção de fornecedores (WEBER; CURRENT; BENTON, 1991). Posteriormente, outras pesquisas foram publicadas sobre o tema. Dempsey (1978) realizou uma investigação empírica, a partir da qual estudou uma amostra de executivos de compras e conseguiu analisar a importância relativa dos critérios de seleção e como ela é afetada pelo tipo de compra e de empresa compradora. Kraljic (1983) reafirmou a importância da seleção de fornecedores, indicando que a necessidade estratégica de suprimentos depende da importância estratégica da aquisição e da complexidade do mercado. Nos anos seguintes, Ellram (1990) desenvolveu um trabalho descritivo, realizando uma revisão das abordagens sobre critérios de seleção.

Após 25 anos da pesquisa de Dickson (1966), Weber, Current e Benton (1991) revisaram 74 artigos publicados desde 1966, com o objetivo de atualizar os critérios e também identificaram técnicas e modelos utilizados deste então. Deste modo, os autores evidenciaram que a pesquisa relativa a seleção de fornecedores passou a focar também na proposição de técnicas e abordagens para auxiliar na tomada de decisão.

Nos seguintes anos, Weber e Current (1993) desenvolveram uma abordagem multiobjetivo para analisar, sistematicamente, as vantagens e desvantagens inerentes aos problemas de seleção do fornecedor. Chaudhry, Forst e Zydiak (1993) estudaram o problema de seleção de fornecedores, considerando a alocação do pedido em uma rede de múltiplos fornecedores. Choi e Hartley (1996) avaliaram 26 critérios, por meio de uma pesquisa de levantamento, dos quais foram considerados como mais importantes os critérios de qualidade e

²LEWIS, H. **Industrial Purchasing Principles and Practices**, Richard D. Irwin, Homewood IL, 1943.

³DICKSON, G. W. An analysis of vendor selection systems and decisions. **Journal of Purchasing**, v. 2, n. 1, p. 5-17, 1966.

entrega. De Boer, Wegen e Telgen (1998) propuseram um modelo para seleção de fornecedores baseado na ordenação das alternativas. Ghodsypour e O'Brien (1998) apresentaram uma abordagem multicritério para lidar com critérios tangíveis e intangíveis. Verma e Pullman (1998) analisaram as diferenças entre os pesos atribuídos pelos gerentes aos critérios de seleção de fornecedores e a escolha real destes decisores, concluindo que o peso no momento da decisão era diferente do peso atribuído.

A partir dos anos 2000, uma rápida propagação dos estudos de seleção de fornecedores foi verificada. Dentre as pesquisas mais citadas e mais relevantes, destacam-se Bayrak, Çelebi e Taşkin (2007), Beikhhakhian et al. (2015), Bhutta e Huq (2002), Braglia e Petroni (2000), Chen (2011), Chou e Chang (2008), Kar (2014), Narashimhan, Talluri e Mendez (2001), Ng (2008) e tantos outros. Além disso, algumas revisões como a de Aissaoui, Haouari e Hassini (2007), Chai, Liu e Ngai (2013), De Boer, Labro e Morlacchi (2001), Ho, Xu e Dey (2010), Thiruchelvam e Tookey (2011), Simic et al. (2016) e Wetzstein et al. (2016) colaboraram com o mapeamento das técnicas, critérios e tendências de pesquisa nas últimas décadas.

Choudhary e Shankar (2013) afirmam que a escolha de fornecedores envolve a avaliação de um grupo de parceiros para a aquisição de um determinado produto ou serviço, baseado em um conjunto de critérios predefinidos. Para Altinoz, Kilduff e Winchester Junior (2010), historicamente o problema de seleção de fornecedores deveria ser simples, no entanto foi agravado pelo crescente número de potenciais fornecedores, aumento do número de critérios e do número de contextos que afetam a adequação de um atributo específico do fornecedor, além da dificuldade em definir e identificar parâmetros no processo de seleção. Para lidar com as várias decisões deste contexto, De Boer, Labro e Morlacchi (2001) propõem uma estrutura em que a seleção de fornecedores passa por um conjunto de decisões que vão desde a formulação do problema e dos critérios de seleção, até a qualificação das fontes disponíveis e seleção final, conforme Figura 12. Tais desdobramentos do processo de seleção colaboram com a criação de um modelo abrangente, que considera os requisitos e as características do processo de seleção.

Os processos decisórios evidenciados na Figura 12 abrangem diferentes fases do processo de seleção de fornecedores (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001), que visam identificar um conjunto de possíveis fornecedores e reduzi-lo até a escolha final (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013b). Individualmente, cada atividade pode ser definida da seguinte forma:

- a) Formulação do problema: definição do que exatamente se deseja alcançar com a seleção de fornecedores, definindo claramente os objetivos e analisando o cenário em

que o processo se insere (AISSAOUI; HAOUARI; HASSINI, 2007; DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013b);

b) Formulação dos critérios: estabelecimento dos critérios de decisão qualitativos e quantitativos que expressam claramente os seus requisitos, desde o nível operacional ao nível estratégico (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013b);

c) Qualificação: pré-seleção de potenciais fornecedores visando a redução do conjunto de todos fornecedores para um conjunto que possa ser avaliado (AISSAOUI; HAOUARI; HASSINI, 2007; DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013b);

d) Seleção final: identificação das melhores alternativas, seleção de um ou mais fornecedores e alocação do pedido em caso de múltiplas fontes de fornecimento (AISSAOUI; HAOUARI; HASSINI, 2007; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013b).

Figura 12 - Processos decisórios da seleção de fornecedores.

Fonte: De Boer, Labro e Morlacchi (2001).

Diante deste conjunto de etapas, conclui-se que a compreensão do contexto e dos critérios requer o entendimento e questionamento das especificidades de cada organização. A seleção de fornecedores é um problema de tomada de decisão complexo, pois os critérios envolvidos no processo decisório podem apresentar tanto caráter qualitativo, quanto

quantitativo (SANAYEI et al., 2008; SAWIK, 2010). Desta forma, Bhutta e Huq (2002) apontam a necessidade da utilização de uma técnica que ajuste a ação dos decisores, respeitando a importância de cada critério. Os modelos de decisão para seleção de fornecedores necessitam de critérios bem delimitados, que não sejam redundantes e passíveis de serem mensurados. As próximas seções discutirão alguns dos artigos mais relevantes e mais citados na literatura tradicional, assim como nos últimos 15 anos, destacando os principais critérios, modelos, abordagens e técnicas empregadas para a seleção de fornecedores.

2.3.1 Critérios de seleção de fornecedores

Tradicionalmente, selecionar fornecedores consistia em escolher o parceiro que oferecesse o menor preço (ZEYDAN; ÇOLPAN; ÇOBANOĞLU, 2011) ou qualidade, entretanto, esta abordagem não é mais aceita, pois, no contexto atual há outros critérios que devem ser analisados (ALTINOZ; KILDUFF; WINCHESTER JUNIOR, 2010; CHOU; CHANG, 2008; CHOY et al., 2005; HO; XU; DEY, 2010; SARKIS; TALLURI, 2002; ZEYDAN; ÇOLPAN; ÇOBANOĞLU, 2011). Selecionar fornecedores vai além de uma lista de preços (HO; XU; DEY, 2010), pois há uma série de requisitos qualitativos e quantitativos que precisam ser considerados pelo cliente (GHODSYPOUR; O'BRIEN, 1998; HO; XU; DEY, 2010; SAWIK, 2010; ZEYDAN; ÇOLPAN; ÇOBANOĞLU, 2011) e a importância de cada critério pode variar de uma compra para a outra (ZEYDAN; ÇOLPAN; ÇOBANOĞLU, 2011).

A consideração de outros critérios tem por objetivo atender às novas exigências relativas ao papel dos fornecedores na cadeia de abastecimento (CHOY et al., 2005). Deste modo, as decisões de fornecimento não podem se basear somente em métricas operacionais, pois devem incorporar dimensões e capacidades dos fornecedores como a ênfase nas práticas de gestão da qualidade, recursos de processos, práticas de gestão, capacidades de concepção e de desenvolvimento estratégico, e redução de custos capacidades para o processo de tomada de decisão (TALLURI; NARASIMHAN, 2004).

A seleção dos melhores fornecedores também requer a consideração dos *trade-offs* (curvas de compensações) existentes entre critérios tangíveis e intangíveis (GHODSYPOUR; O'BRIEN, 1998; GONZÁLEZ; QUESADA; MONGE, 2004; ZEYDAN; ÇOLPAN; ÇOBANOĞLU, 2011), além do uso de uma abordagem que comporte a natureza de cada critério. O Quadro 2 apresenta alguns dos principais critérios de seleção de fornecedores utilizados na literatura ao longo dos anos.

Quadro 2 - Critérios de seleção e avaliação de fornecedores.

Critérios	Referências
Qualidade	Amid et al. (2006), Araz et al. (2007), Boran et al. (2009), Kirytopoulos et al. (2009), Park et al. (2010), Liao e Kao (2010), Ku et al. (2010), Büyüközkan e Çifçi (2011), Lin et al. (2011), Khaleie et al. (2012), Yayla et al. (2012), Huang et al. (2013), Kannan et al. (2013), Wang et al. (2013), Yue e Jia (2013), Zhang et al. (2013), Lima Junior et al. (2013), Kar (2014), Xu (2014), Yue (2014), Qi et al. (2015), Darabi e Heydari (2016), Nia et al. (2016), Rao et al. (2016), Kefer et al. (2016).
Entrega	Araz et al. (2007), Sanayei et al. (2008), Kirytopoulos et al. (2009), Boran et al. (2009), Park et al. (2010), Ku et al. (2010), Liao e Kao (2010), Büyüközkan e Çifçi (2011), Lin et al. (2011), Khaleie et al. (2012), Yayla et al. (2012), Kannan et al. (2013), Yue e Jia (2013), Zhang et al. (2013), Kar (2014), Yue (2014), Qi et al. (2015), Darabi e Heydari (2016), Nia et al. (2016), Rao et al. (2016), Kefer et al. (2016).
Preço/Custo	Amid et al. (2006), Sanayei et al. (2008), Kirytopoulos et al. (2009), Boran et al. (2009), Park et al. (2010), Wang (2010), Liao e Kao (2010), Ku et al. (2010), Lin et al. (2011), Büyüközkan e Çifçi (2011), Khaleie et al. (2012), Yayla et al. (2012), Huang et al. (2013), Kannan et al. (2013), Wang et al. (2013), Xu e Shen (2014), Yue e Jia (2013), Zhang et al. (2013), Kar (2014), Xu (2014), Qi et al. (2015), Darabi e Heydari (2016), Nia et al. (2016), Rao et al. (2016), Gitinavard et al. (2016).
Capacidade de produção/processo	Amid et al. (2006), Sanayei et al. (2008), Kirytopoulos et al. (2009), Ku et al. (2010), Büyüközkan e Çifçi (2011), Huang et al. (2013), Kannan et al. (2013), Huang et al. (2013), Kar (2014), Xu e Shen (2014), Yue (2014).
Gestão e habilidade/capacidade tecnológica	Araz et al. (2007), Feng et al. (2010), Park et al. (2010), Khaleie et al. (2012), Huang et al. (2013), Kannan et al. (2013), Kar (2014), Xu (2014), Darabi e Heydari (2016).
Posição financeira	Araz et al. (2007), Amin e Razmi (2009), Kirytopoulos et al. (2009), Feng et al. (2010), Ku et al. (2010), Wang (2010), Büyüközkan e Çifçi (2011), Kar (2014), Nia et al. (2016).
Reputação	Amin e Razmi (2009), Kirytopoulos et al. (2009), Feng et al. (2010), Liao e Kao (2010), Lin et al. (2011), Khaleie et al. (2012), Huang et al. (2013), Wang et al. (2013), Xu (2014), Xu e Shen (2014), Rao et al. (2016).
Flexibilidade e capacidade de resposta às mudanças	Araz et al. (2007), Ku et al. (2010), Wang (2010), Büyüközkan e Çifçi (2011), Yue e Jia (2013).
Questões ambientais	Büyüközkan e Çifçi (2011), Khaleie et al. (2012), Kannan et al. (2013), Darabi e Heydari (2016), Nia et al. (2016), Gitinavard et al. (2016), Rao et al. (2016).
Relationamento	Araz et al. (2007), Amine Razmi (2009), Boran et al. (2009), Feng et al. (2010), Büyüközkan e Çifçi (2011), Lin et al. (2011), Zhang et al. (2013), Wang et al. (2013), Xu (2014), Rao et al. (2016).
Nível de serviço	Amid et al. (2006), Liao e Kao (2010), Huang et al. (2013), Yue e Jia (2013), Wang et al. (2013), Xu e Shen (2014).
Gestão	Araz et al. (2007), Park et al. (2010), Khaleie et al. (2012), Huang et al. (2013), Xu (2014).
Localização geográfica	Ku et al. (2010), Lin et al. (2011).

Fonte: Elaborada pela autora, tomando como base os artigos utilizados nesta pesquisa e as revisões de Ho, Xu e Dey (2010), Ware, Singh e Banwet (2012), Setak, Sharifi e Alimohammadian (2012), Chai, Liu e Ngai (2013).

No Quadro 2, nota-se o uso mais frequente de critérios como: qualidade ou melhoria da qualidade, prazo de entrega, preço ou custo, capacidade de produção ou processo, gestão e habilidade/capacidade tecnológica, posição financeira, e reputação. O uso destes critérios torna evidente que, além dos fatores operacionais questões estratégicas também estão sendo consideradas no processo de seleção. Entretanto, o uso simultâneo de critérios mais subjetivos, tais como gestão e habilidade/capacidade tecnológica, reputação, com critérios quantitativos como tempo de entrega, preço ou custo, entre outros, aumentam a complexidade das decisões e reforçam a tendência ao uso de técnicas de tomada de decisão multicritério capazes de lidar com a incerteza e subjetividade, como é verificado na literatura.

Outro aspecto importante é a necessidade do uso de técnicas para a definição dos critérios, pesos e outras preferências. Há determinadas situações de decisão em que existem dificuldades para expressar algumas preferências por meio de graus de preferência concretos (GARCÍA et al., 2012). Conhecer as preferências dos tomadores de decisão e determinar pesos de critérios são questões muito difíceis na construção de um modelo de apoio à decisão (FIGUEIRA; ROY, 2002; MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000). Na literatura, verifica-se o uso do termo “ponderação de pesos” quando se refere ao processo da obtenção do valor que reflete o grau de importância do critério ou do tomador de decisor. Outro termo utilizado é a elicitación, do inglês *elicitation*, que diz respeito a um processo mais amplo em que se busca coletar informações e dados a partir do conhecimento, experiências ou informações, para obter não só os pesos, mas também definir outras preferências, tais como os critérios e os possíveis tomadores de decisão. Buscas nas bases de dados combinando as palavras "*elicitation*" e "*weight aggregation*" com "*supplier selection*" retornaram poucos artigos que abordam elicitación de parâmetros (ALMEIDA et al., 2016; BAGCHI et al., 2013; BICHLER et al., 2011; CHAI; NGAI, 2015; CHAMODRAKAS; BATIS; MARTAKOS, 2010; FREJ et al., 2017; KAHRAMAN; OZTAYSI; ONAR, 2016a; LIU; JIANG; MARTÍNEZ, 2018; LIU; RODRÍGUEZ, 2014; PANCHAL et al., 2017; ZHANG et al., 2017). Isto evidencia que há muitas oportunidades de pesquisa para que os métodos de elicitación de preferencias sejam adequadamente empregados na seleção de fornecedores.

Diante das questões apresentadas, uma vez definido os critérios que melhor representam os objetivos da empresa em relação aos seus fornecedores, sabe-se que a natureza dos critérios utilizados na seleção de fornecedores interfere diretamente na escolha dos métodos e técnicas mais adequados ao processo de decisão. Assim, para colaborar com a análise e contextualização desta pesquisa, a próxima seção apresentará uma revisão sobre os métodos,

abordagens e técnicas mais utilizadas na literatura de seleção de fornecedores. Além disso, as vantagens e desvantagens do uso das técnicas serão destacadas.

2.3.2 Modelos, abordagens e técnicas para a seleção de fornecedores

À medida que o interesse aumenta em relação ao desenvolvimento e implementação de parcerias estratégicas com os principais fornecedores, o uso de uma ferramenta eficaz se torna necessário para classificá-los com base no desempenho e para acompanhá-los e avaliá-los continuamente (ARAZ; OZKARAHAN, 2007). Para Chai e Ngai (2016), a seleção de fornecedores é um cenário típico de tomada de decisão multicritério em que o sucesso estratégico depende dos indivíduos envolvidos no processo de tomada de decisão.

Diversas abordagens têm sido propostas para a seleção de fornecedores nas últimas décadas e uma profusão de pesquisas podem ser verificadas na literatura. Chai, Liu e Ngai (2013), por meio de uma revisão de literatura, identificaram 26 técnicas utilizadas na seleção de fornecedores que podem ser classificadas sob três perspectivas, sendo elas: (1) técnicas MCDM (*Multicriteria Decision Making*), (2) técnicas de programação matemática e (3) técnicas de inteligência artificial. Ho, Xu e Dey (2010) também realizaram uma revisão a partir da qual identificaram o uso de técnicas em abordagens isoladas, abordagens integradas e outros tipos de abordagens. Na revisão de Ware, Singh e Banwet (2012) foram identificadas técnicas, abordagens e modelos baseados em AHP, ANP, DEA, técnicas baseadas em lógica *fuzzy*, programação multiobjetivo, programação não linear e linear, modelos de otimização, entre outros. De acordo com a pesquisa de Setak, Sharifi e Alimohammadian (2012), AHP é a abordagem mais usada no problema de seleção de fornecedores entre os anos de 1999 e 2010, e a aplicação do método ANP e combinação de TOPSIS com outras abordagens passou por um crescimento após 2006. O Quadro 3 apresenta as principais abordagens, técnicas e métodos identificadas nestas revisões. Tais levantamentos bibliográficos avaliaram os modelos de decisão multicritério mais utilizados na seleção e avaliação de fornecedores, e expuseram as principais técnicas propostas ao longo dos anos. Em geral, o objetivo das técnicas de análise de decisão empregadas na avaliação de fornecedores é classificação do desempenho individual em relação aos níveis de desempenho desejados (OSIRO; LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2014). Entretanto, para Abdolshah (2013), a existência de vários fornecedores e diferentes critérios dificulta a escolha do melhor caminho para selecionar e avaliar fornecedores e, por este motivo, verificam-se estudos com diferentes métodos, variáveis, critérios e fatores.

Quadro 3 - Principais abordagens, técnicas ou métodos de seleção e avaliação de fornecedores

Abordagens, técnicas ou métodos	Autores
Técnicas, abordagens e modelos isoladas	<i>Data Envelopment Analysis</i> (DEA)
	Charles (1996), Forker e Mendez (2001), Narasimhan, Talluri e Mendez (2001), Talluri e Baker (2002), Liu (2003), Talluri e Narasimhan (2004), Garfamy (2006), Ross, Buft e Dre (2006), Saen (2006), Seydel (2006), Talluri, Narasimhan e Nair (2006), Saen (2007a), Wu <i>et al.</i> (2007), Wu e Blackhurst (2009), Falagario et al. (2012)
	TOPSIS
	Shyur (2006), Chen et al (2006), In 2009, Boran; Akarte <i>et al.</i> (2001), Muralidharan <i>et al.</i> (2002), Chan (2003), Khurram (2003), Chan e Chan (2004), Liu e Hai (2005), Chan <i>et al.</i> (2007), Hou e Su (2007), Vaidya (2006), Bayazit (2005), Nydic (1992), Demirates (2009), Gencer (2007), Razim (2010), Handfield (2002), ChiaWei (2009), William (2008), Kokungul (2009), Bhutta (2002), Yang (2006), Levary (2008), Chan e Chan (2010), Mafakheri et al. (2011), Bhattacharya et al. (2010), Ishizaka et al. (2012), Satty (1980), Ghodseypour e O'Brien (1998), Akarte (2001), Kahraman et. al (2003), Chan e Chan (2004), Chow (2005), Liu et. al (2005), Hou (2006), Ramantahan (2007), Chan (2007), Ming Yen (2007), Kaur (2008), Lee et. al (2009), Lee et al (2009)
	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP)
	SMART
	Barla (2003); Huang e Keskar (2007)
	<i>Analytic Network Process</i> (ANP)
	Sarkis e Talluri (2002); Bayazit (2006); Gencer e Gürpınar (2007), Gencer (2007), Demirtas (2009), Lin et al. (2010), Tseng et al. (2009), Ho et al. (2011), Shyur (2006)
Técnicas, abordagens e modelos combinadas	Programação matemática
	Ghodsypour e O'Brien (2001), Karpak et al. (2001), Talluri (2002), Talluri e Narasimhan (2003), Hong et al. (2005), Talluri e Narasimhan (2005), Narasimhan et al. (2006), Wadhwa e Ravindran (2007), Ng (2008).
	ELECTRE
	Vahdani et al. (2010), Liu e Zhang (2011)
	Teoria dos conjuntos Fuzzy
	Chen et al. (2006), Sarkar e Mohapatra (2006), Florez-Lopez (2007)
	AHP-GP
	Çebi e Bayraktar (2003), Wang et al. (2004), Wang et al. (2005), Perçin (2006), Kull e Talluri (2008), Mendoza et al. (2008)
	AHP-DEA
	Ramanathan (2007), Saen (2007b), Sevkli et al. (2007)
	Fuzzy-AHP
	Kahraman et al. (2003), Chan e Kumar (2007), Labib (2011), Ghodsypour e O'Brien (2011), Chen e Chao (2012), Chamodrakas et al. (2010), Amid et al. (2011)
	Fuzzy-SMART
	Seydel (2005), Chou e Chang (2008)
	Fuzzy-TOPSIS
	Boran (2009), Wang (2009), Awasthi, Chauhan e Goyal (2010), Deng e Chan (2011), Wang et al. (2009)
	Fuzzy-GP
	Chen-Tung (2006), Manoj (2004), Lee (2009), Famuyiwa (2008), Vinod (2011), Liao (2010), Tsai e Hung (2009)
	Fuzzy-DEA
	Azadeh e Alem (2010)
	Fuzzy-QFD
	Bevilacqua et al. (2006)
	Fuzzy PROMETHEE
	Chen et al. (2011), Chai, Liu e Xu (2012)
	Fuzzy Vikor
	Chen e Wang (2009), Sanayei et al. (2010), Shemshadi et al. (2011)
	Fuzzy ELECTRE
	Montazer et al. (2009), Sevkli (2010)

Fonte: Baseado em Ho, Xu e Dey (2010), Ware, Singh e Banwet (2012), Setak, Sharifi e Alimohammadian (2012) e Chai, Liu e Ngai (2013)

Assim, diferentes técnicas podem possuir características que as fazem mais adequadas a determinados problemas e inadequadas a outros. Além disso, ao se selecionar técnicas ou métodos de decisão, é necessário considerar suas vantagens e limitações. O Quadro 4 apresenta algumas das vantagens e limitações das técnicas ou métodos de tomada de decisão encontradas na literatura.

Ao se observar as informações do Quadro 4, nota-se que todas as técnicas apresentam pontos negativos e positivos que devem ser cuidadosamente analisadas para garantir que o resultado seja adequado ao problema. Nesta direção, uma questão que chama a atenção no Quadro 4, são as desvantagens verificadas no uso do *fuzzy* AHP, que é uma das técnicas mais difundidas na literatura. Algumas das desvantagens apontadas podem comprometer completamente o resultado. Deste modo, destaca-se também a necessidade de avaliação da consistência das técnicas empregadas.

Além das desvantagens e vantagens, existem diversos fatores que podem afetar a escolha das técnicas de tomada de decisão, tais como a incerteza, o número de critérios, fornecedores e decisores, a presença de critérios qualitativos, entre outros. Em geral, técnicas multicritério isoladas são utilizadas devido a sua simplicidade e facilidade de implementação. Entretanto, quando há incerteza no processo de decisão, pode-se usar modelos estocásticos ou modelos combinados com a teoria dos conjuntos *fuzzy*.

A teoria dos conjuntos *fuzzy* tem sido frequentemente usada para a seleção de fornecedores devido a sua capacidade de modelar o julgamento humano e a informação multicritério, diante da incerteza (AISSAOUI; HAOUARI; HASSINI, 2007). Neste contexto, frequentemente são propostos modelos que combinam a teoria dos conjuntos *fuzzy* com técnicas multicritério. Outros modelos de inteligência artificial podem ser utilizados com bom desempenho, todavia em algumas situações podem exigir grande esforço de programação e modelagem.

As próximas seções irão abordar outras atividades ligadas à seleção de fornecedores que são considerados no modelo conceitual desta pesquisa.

Quadro 4 - Análise das principais técnicas de tomada de decisão empregadas na seleção de fornecedores

Método ou técnica		Vantagens	Limitações
Métodos Multicritério	<i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>	Fácil de usar, intuitivo e apresenta estrutura hierárquica que pode facilmente ajustar a muitos problemas (ARULDOSS, 2013; VELASQUEZ; HESTER, 2013); Modela fatores intangíveis e variáveis qualitativas (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Modela critérios e subcritérios em uma estrutura hierárquica (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014)	Apresenta problemas com a interdependência de critérios e alternativas (VELASQUEZ; HESTER, 2013); Grande quantidade de comparações (ARULDOSS, 2013; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Pode criar inconsistência entre os julgamentos e a classificação dos critérios, além de <i>rank</i> reverso ^a (VELASQUEZ; HESTER, 2013) Limitado ao uso de problemas com até 9 fornecedores e 9 critérios (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Com a atualização do modelo (inclusões e exclusões), apresenta grande variação na classificação (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014);
	<i>Analytic Network Process (ANP)</i>	Considera a interdependência entre os critérios e alternativas(KUO; WANG; TIEN, 2010; VELASQUEZ; HESTER, 2013); Tem a capacidade de priorizar grupos ou aglomerados de elementos (VELASQUEZ; HESTER, 2013); Não tem limitado pela suposição de independência dos critérios e das alternativas (KUO; WANG; TIEN, 2010);	Grande quantidade de comparações requeridas (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Não modela a incerteza (ARULDOSS, 2013); Exige que os decisores realizem <i>trade-offs</i> entre os critérios (BHUTTA; HUQ, 2002).
	<i>Case-Based Reasoning (CBR)</i>	Requer pouca manutenção e pode se adaptar as mudanças no ambiente (VELASQUEZ; HESTER, 2013).	Requer muitos casos, sendo ideal para situações em que há um grande banco de dados(VELASQUEZ; HESTER, 2013).
	<i>Elimination EtChoix Traduisant la REalite' (ELECTRE)</i>	Não autoriza a compensação entre critérios (VELASQUEZ; HESTER, 2013);	Seu processo e o resultado podem ser difíceis de explicar para leigos devido a sua complexidade (VELASQUEZ; HESTER, 2013).
	<i>Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)</i>	Considera a incerteza e pode incorporar preferências (VELASQUEZ; HESTER, 2013)	Necessita de muitas entradas e as preferências devem ser precisas (VELASQUEZ; HESTER, 2013)
	PROMETHEE	Fácil de usar e não requer pressuposto de que os critérios são proporcionais (VELASQUEZ; HESTER, 2013)	Não oferece um método claro para atribuir pesos (VELASQUEZ; HESTER, 2013)
	TOPSIS	Tem um processo simples e é fácil de usar e programar(LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014; VELASQUEZ; HESTER, 2013), sendo estável durante as inclusões e exclusões (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); O número de passos permanece o mesmo, independentemente do número de atributos (VELASQUEZ; HESTER, 2013) e não oferece limitações ao número de critérios e fornecedores (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014);	O uso da distância Euclidiana não considera a correlação de atributos (VELASQUEZ; HESTER, 2013); Difícil de ponderar e manter a consistência de julgamento (VELASQUEZ; HESTER, 2013), pois a consistência não é controlada (ARULDOSS, 2013) Pouco adequado à modelagem de variáveis qualitativas (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014);

Quadro 2 - Análise das principais técnicas de tomada de decisão empregadas na seleção de fornecedores (continuação).

Método ou técnica		Vantagens	Limitações
Métodos de Inteligência Artificial	Inferência <i>Fuzzy</i>	Permite a entrada imprecisa e leva em conta informações incompletas (VELASQUEZ; HESTER, 2013) Processa os dados em formato linguístico (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); As regras do tipo se-então armazenam no sistema o conhecimento dos especialistas (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014);	Difícil de desenvolver e pode exigir inúmeras simulações antes da utilização (VELASQUEZ; HESTER, 2013); Grande esforço para ajustar as regras de decisão (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); As regras crescem exponencialmente de acordo com o número de critérios e termos linguísticos.
	Redes Neurais	Emulam a função de reconhecimento de padrões humanos e exibem comportamento excelente na resolução de problemas em muitas áreas, tais como a seleção de fornecedores (KUO; WANG; TIEN, 2010).	São mais complexos do que outros sistemas, pois tentam simular o cérebro humano através do processamento de dados com a finalidade de aprendizagem (GOLMOHAMMADI et al., 2009); Requer a construção de um grande número de topologias de redes neurais com diferentes estruturas e os valores de parâmetro antes de chegar a um modelo aceitável (GOLMOHAMMADI et al., 2009);
	Algoritmo Genético	É resistente aos ótimos locais (CASTRO, 2001); Apresenta simplicidade e bom desempenho em vários tipos de problema (CASTRO, 2001; TABASSUM; MATHEW, 2014); Na média produz resultados mais estáveis (KESUR, 2009); Pode ser utilizado em ambientes estocásticos e com múltiplos objetivos (TABASSUM; MATHEW, 2014).	Dificuldade em encontrar o ótimo global com exatidão (CASTRO, 2001; TABASSUM; MATHEW, 2014) e requer a especificação de diversos parâmetros (KESUR, 2009) O resultado é de difícil compreensão para leigos e a velocidade de aplicações em tempo real depende da velocidade do computador utilizado (TABASSUM; MATHEW, 2014)
Métodos Híbridos <i>Fuzzy</i>	<i>Fuzzy</i> TOPSIS	Modela critérios qualitativos e quantitativos (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Não possui limitações na quantidade de fornecedores e alternativas (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); É um dos melhores métodos para lidar com <i>rank</i> reverso (ERTUĞRUL; KARAKAŞOĞLU, 2008); Classifica as alternativas a partir das distâncias relativas das soluções ideais positivas e das soluções ideais negativas, proporcionando assim uma medida de desempenho significativo para cada alternativa (ERTUĞRUL; KARAKAŞOĞLU, 2008).	Variação na pontuação final quando há a inclusão ou exclusão de um critério (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014). Entretanto, em um estudo comparativo com outros métodos, Gitinavard, Mousavi e Vahdani (2016) não verificaram mudanças na classificação final das alternativas com a adição ou exclusão de critérios; A distância Euclidiana não considera a correlação de atributos (VELASQUEZ; HESTER, 2013); Transforma as variáveis quantitativas em variáveis linguísticas baseadas em números <i>fuzzy</i> triangulares, acarretando a perda da precisão.
	<i>Fuzzy</i> 2-tuple TOPSIS	Além de herdar as vantagens verificadas no <i>fuzzy</i> TOPSIS, o uso da abordagem 2-tuple evita a perda da precisão na modelagem de variáveis quantitativas.	O uso da distância Euclidiana não considera a correlação de atributos (VELASQUEZ; HESTER, 2013); Ainda não há avaliações das possíveis inconsistências do método

Quadro 2 - Análise das principais técnicas de tomada de decisão empregadas na seleção de fornecedores (continuação).

Método ou técnica	Vantagens	Limitações
Métodos Híbridos Fuzzy (continuação)	<p><i>Fuzzy AHP</i></p> <p>Modela fatores intangíveis e variáveis qualitativas (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Modela critérios e subcritérios em uma estrutura hierárquica (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Utiliza variáveis linguísticas para representar o julgamento dos tomadores de decisão (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014);</p>	<p>Grande quantidade de comparações, sendo limitado ao uso de problemas com até 9 fornecedores e 9 critérios (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Com a atualização do modelo (inclusões e exclusões), apresenta grande variação na classificação (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Quando o número de alternativas e critérios cresce, o processo de comparação de pares se torna complicado e o risco de inconsistências aumenta (ERTUĞRUL; KARAKAŞOĞLU, 2008); Comete violação à lógica básica da teoria dos conjuntos <i>fuzzy</i>, além de violação ao princípio básico da técnica AHP (ZHÜ, 2014) O método de defuzzificação não pode garantir a correspondência de um-para-um entre números <i>fuzzy</i> e os resultados defuzzificação (ZHÜ, 2014);</p>
	<p><i>Fuzzy ANP</i></p> <p>Considera a interdependência entre os critérios e alternativas (VELASQUEZ; HESTER, 2013);</p>	<p>É uma proposição falsa, pois ao colocar pesos <i>fuzzy</i> na super matriz, não se pode garantir que a soma de cada coluna seja igual a um, que é uma propriedade da super matriz usada no ANP (ZHÜ, 2014); O método de defuzzificação não pode garantir a correspondência de um-para-um entre números <i>fuzzy</i> e os resultados defuzzificação (ZHÜ, 2014);</p>
Métodos de Otimização	<p>Programação Linear</p> <p>Permite a alocação do pedido de forma otimizada entre fornecedores na fase de escolha final (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Pode ser adaptado para o uso de variáveis linguísticas (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Capaz de lidar com múltiplas entradas e saídas (ARULDOSS, 2013; VELASQUEZ; HESTER, 2013);</p>	<p>Na prática, muitas vezes não será possível de implementar as soluções obtidas (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014); Podem envolver muito tempo e complexidade (TABASSUM; MATHEW, 2014)</p>
	<p>Data Envelopment Analysis (DEA)</p> <p>Eficiência pode ser analisada e quantificada (VELASQUEZ; HESTER, 2013);</p>	<p>Não lida com dados imprecisos (VELASQUEZ; HESTER, 2013); Assume que toda a entrada e saída são exatamente conhecidos (VELASQUEZ; HESTER, 2013), pois erros de medição podem causar problemas significativos (ARULDOSS, 2013);</p>
	<p>Goal Programming (GP)</p> <p>Capaz de lidar com problemas com grande número de variáveis, restrições e objetivos (ARULDOSS, 2013; VELASQUEZ; HESTER, 2013), sendo simples e fácil de usar (ARULDOSS, 2013).</p>	<p>Necessita de ser usado em combinação com outros métodos multicritério para ponderar coeficientes (VELASQUEZ; HESTER, 2013);</p>

Fonte: Elaborada pela autora.

^aRank reverso: Representa a alteração na ordenação das alternativas quando uma alternativa não ideal é introduzida (ERTUĞRUL; KARAKAŞOĞLU, 2008). Nestes casos, pode-se gerar inconsistências do tipo: $A > B$, $B > C$ e $C > A$.

2.3.3 Atividades ligadas à seleção de fornecedores: qualificação e alocação de pedidos

A qualificação ou pré-seleção de fornecedores tem por objetivo avaliar todos os fornecedores para identificar aqueles que são qualificados e competitivos para participar da fase final de seleção (YU; WONG, 2015). Trata-se de uma atividade que busca definir, devolver e manter a base de suprimentos produtos, considerando etapas tais como a categorização e avaliação inicial do fornecedor (KOPPENHAGEN et al., 2016). De acordo com Wu e Barnes (2012), a primeira etapa do processo consiste em determinar o conjunto de possíveis parceiros aceitáveis, enquanto as etapas seguintes terão por objetivo a redução do número de fornecedores considerados.

Alguns autores argumentam que a qualificação de fornecedores tem o potencial de proporcionar muitos benefícios no processo de seleção (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; KEFER et al., 2016). Isto ocorre, pois, cadeias de suprimentos globais podem apresentar um grande número de potenciais fornecedores e, por este motivo, a definição de um portfólio ideal pode economizar tempo, diminuir os custos, entre outros benefícios (KEFER et al., 2016).

Na literatura existem numerosos estudos propõem o uso de diferentes técnicas de apoio à tomada de decisão na seleção de fornecedores, conforme se pode observar nas revisões de Ho, Xu e Dey (2010), Ware, Singh e Banwet (2012), Setak, Sharifi e Alimohammadian (2012) e Chai, Liu e Ngai (2013). Entretanto, a maioria destes estudos não aborda a qualificação de fornecedores. O Quadro 5 apresenta os estudos encontrados na literatura que apresentam processo de qualificação ou classificação de fornecedores antes da seleção, assim como as questões abordadas. Dentre as pesquisas que propuseram métodos de qualificação, pode-se destacar o uso do TOPSIS (YU; WONG, 2015), *Fuzzy TOPSIS* (YU; WONG, 2014), *group-AHP*, TOPSIS e entropia (GU; GAO; WU, 2008), curva ABC (KEFER et al., 2016), Sistemas de Inferência *Fuzzy* (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a), ELECTRE e FLOWSORT (SEPULVEDA; DERPICH, 2015), *radial basis function artificial neural networks* (WU; BARNES, 2012), métodos baseados em *clusters* (HALLIKAS et al., 2005; IRFAN; SHENGCHUN; XIAOFEI, 2011; LI, K.; SHANG, 2009) e programação multiobjetivo (CAO et al., 2014).

A maioria das pesquisas trata o processo de qualificação como um problema de ordenação (conforme Quadro 5). Entretanto, a qualificação de fornecedores está muito mais relacionada com um típico problema de categorização e do que de ordenação (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a; WU; BARNES, 2012). Pois, nesta fase, o objetivo principal é obter uma classificação de potenciais fornecedores para identificar aqueles que atendam os requisitos mínimos em alguns critérios de

desempenho (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a). Além disso, na fase de qualificação, é importante que não ocorra compensação entre os critérios, garantindo que o fornecedor satisfaça os requisitos mínimos em todos os critérios (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a). Porém, ao se observar os resultados do Quadro 5, nota-se que apenas Lima Junior et al. (2013a) aplicam técnicas não compensatórias no processo de qualificação de fornecedores, com o uso de técnicas de categorização.

Quadro 5 - Abordagens, métodos e técnicas aplicadas à qualificação, seleção e classificação de fornecedores

Referência	Proposta	Questões abordadas	Abordagens, métodos e técnicas		
			Qualificação	Seleção final	Classificação
Kefer et al. (2016)	Classificação e seleção final	Incerteza e categorização	-	ELECTRE II*	<i>Fuzzy Multicriteria ABC Model</i> (baseado na distância Euclidiana)**
Yu e Wong (2015)	Classificação e seleção final	Incerteza	<i>Fuzzy TOPSIS*</i>		
Yu e Wong (2014)	Qualificação	Incerteza	<i>Fuzzy TOPSIS*</i>		
Sepulveda e Derpich (2015)	Classificação	Categorização	-	-	ELECTRE e FlowSort
Cao et al. (2014)	Qualificação	Qualificação	Modelo de otimização multiobjetivo resolvido por NGA II <i>algorithm</i> (non-dominated sorting genetic algorithm)***	MAS (multi-agent system)***	-
Lima Junior et al. (2013a)	Classificação e seleção final	Qualificação, incerteza e categorização	Inferência fuzzy (usando regras não compensatórias)**		
Wu e Barnes (2012)	Classificação	-	-	-	-
Arabzad et al. (2013)	Classificação (de itens) e seleção final	-	-	TOPSIS*	DEA (data envelopment analysis)
Pattnaik (2013)	Classificação	Incerteza	-	-	<i>fuzzy supplier selection algorithm</i> (FSSA)*
Irfan, Shengchun e Xiaofei (2011)	Classificação	Categorização	-	-	<i>Projected clustering-based algorithm</i> combinado com <i>Linear Weighted Model</i> (LWM)**
Hallikas et al. (2005)	Classificação	Categorização	-	-	<i>Cluster analysis**</i>
Araz e Ozkarahan (2007)	Classificação e seleção final	Categorização	-	PROMETHEE <i>sorting</i> (PROMSORT)**	Métodos PROMETHEE*

Omurca (2013)	Classificação e seleção final	Incerteza e categorização	-	-	Hibridização de <i>fuzzy c-means</i> (FCM) e <i>rough set theory</i> (RST)**
Sarkar e Mohapatra (2006)	Qualificação	Qualificação e incerteza	<i>Fuzzy Set Approach*</i>	-	-
Rezaei e Ortt (2013a)	Classificação	Incerteza	-	-	Fuzzy AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i>)*
Rezaei e Ortt (2013b)	Classificação	Qualificação e incerteza	-	-	<i>Fuzzy rule-based</i> (inferência fuzzy)**
Osiro et al. (2014)	Classificação	Incerteza e categorização	-	-	Inferência fuzzy **
Lima Junior e Carpinetti (2016)	Classificação	Incerteza e categorização	-	-	Fuzzy TOPSIS* e categorização usando <i>two-dimensional grid</i>

(*) O resultado é a ordenação das melhores alternativas; (**) O resultado é a categorização das alternativas em categorias pré-definidas; (***) O resultado é a escolha de uma ou poucas alternativas.

Fonte: Elaborada pela autora.

Após a fase de qualificação de fornecedores, é preciso realizar a seleção final. Quando um modelo de categorização é devidamente aplicado, pode-se alocar a demanda para o fornecedor que melhor atenda aos requisitos da empresa. Porém, quando há múltiplas fontes de fornecimento, a empresa compradora pode optar pela escolha de mais de um fornecedor. Neste cenário, as decisões relativas à compra devem considerar também a determinação das quantidades a serem alocadas entre os fornecedores selecionados (SETAK; SHARIFI; ALIMOHAMMADIAN, 2012; WEBER; CURRENT, 1993), de modo a dividir a demanda total entre eles (SETAK; SHARIFI; ALIMOHAMMADIAN, 2012) da melhor forma possível. Este tipo de decisão é comumente verificada em situações em que: (1) um único fornecedor não é capaz de atender a demanda total (AISSAOUI; HAOUARI; HASSINI, 2007; SCOTT et al., 2015); (2) quando as estratégias de aquisições visam evitar a dependência de uma única fonte para se proteger da escassez ou para estimular a concorrência constante entre os fornecedores (AISSAOUI; HAOUARI; HASSINI, 2007); e (3) quando a seleção de fornecedores envolve um problema de mistura que requer pedidos de vários fornecedores para que o material de cada um seja misturado para assim criar o produto final (SCOTT et al., 2015).

A gestão de compras possui três grandes decisões que estão relacionadas com o problema de seleção de fornecedores, sendo elas: qual produto comprar; em que quantidade/de qual fornecedor; e em quais períodos (AISSAOUI; HAOUARI; HASSINI, 2007; SETAK; SHARIFI; ALIMOHAMMADIAN, 2012). Baseada nestes diferentes tipos de decisões, a Figura 13 traz uma segmentação dos modelos de seleção de fornecedores encontrados na literatura a partir da revisão de Setak, Sharifi e Alimohammadian (2012). De acordo com tal segmentação, além da opção de uma ou várias fontes de abastecimento com alocação de

pedidos, os modelos propostos na literatura podem considerar a compra de um item ou de um conjunto deles, com pedidos que podem ser realizados em um período único ou com agendamento em múltiplos períodos. Neste contexto, os modelos baseados na compra vários produtos em um único pedido (multi-produto) podem apresentar vantagens em situações em que o fornecedor oferece desconto no volume total de vendas, independentemente do *mix* de produtos (AISSAOUI; HAOUARI; HASSINI, 2007). De maneira similar, os modelos multi-período podem contemplar a possibilidade de explorar economias de escala no processo, além de oferecer a oportunidade de mudar de fornecedor de um produto de um período para o outro (REZAEI; DAVOODI, 2008).

Figura 13 - Segmentação dos modelos de seleção de fornecedores.

Fonte: Setak, Sharifi e Alimohammadian (2012).

Diante destes diferentes cenários e decisões, o uso de abordagens, métodos e técnicas multicritério são verificados na literatura de seleção de fornecedores. Quando há a alocação de pedido entre múltiplos fornecedores, abordagens de programação matemática têm sido frequentemente empregadas (FORS; HARRAZ; ABOUALI, 2011; SANAYEI et al., 2008) com o objetivo de determinar as melhores soluções a partir da formulação de funções objetivos e restrições (NAZARI-SHIRKOUHI et al., 2013). Tais abordagens incluem programação linear (GHODSYPOUR; O'BRIEN, 1998), programação multiobjetivo (FORS; HARRAZ; ABOUALI, 2011; HOSSEININASAB; AHMADI, 2015; WEBER; CURRENT, 1993), programação inteira ou programação inteira mista (CHAUDHRY; FORST; ZYDIK, 1993; GHODSYPOUR; O'BRIEN, 2001; HONG et al., 2005; TALLURI, 2002; TSAI; WANG, 2010; ZHANG; ZHANG, 2011), entre outras. Além disso, modelos híbridos também são verificados na literatura (SANAYEI et al., 2008), como os que são apresentados na pesquisa de

Sanayei et al. (2008), Rezaei e Davoodi (2008), Demirtas e Üstün (2008), Kirytopoulos et al. (2010), Erdem e Göçen (2012), Azadnia, Saman e Wong (2015), Songhori et al. (2011).

Abordagens baseadas na teoria dos conjuntos *fuzzy* são empregadas quando a incerteza tem natureza não probabilística (ESTRELLA et al., 2014; MARTÍNEZ; HERRERA, 2012), pois oferecem ferramentas para modelar e gerir tal incerteza por meio de variáveis linguísticas (ZADEH, 1975). Dentre tais abordagens, pode-se citar as pesquisas de Nazari-Shirkouhi et al. (2013), Lin (2009), Singh (2014), Ayhan e Kilic (2015), Özgen et al. (2008), Hatefi e Razmi (2013), Razmi, Songhori e Khakbaz (2009) e Araz, Ozfirat e Ozkarahan (2007).

Ao contrário dos modelos baseados em lógica *fuzzy*, os modelos de programação estocástica apresentam uma estrutura voltada para modelagem de problemas de otimização com incerteza estocástica, isto é, quando distribuições de probabilidade regem os dados que são conhecidos ou podem ser estimados (CHAI; LIU; NGAI, 2013). É o caso, por exemplo, do modelo de Liao e Rittscher (2007), de Scott et al. (2015), Hammami, Temponi e Frein (2014) e Zhang e Zhang (2011).

Diante destes diferentes trabalhos verificados na literatura, o Quadro 6 apresenta as principais abordagens para o problema de seleção e avaliação de fornecedores envolvendo a alocação de pedido, caracterizando tais pesquisas de acordo com o problema abordado, tipo de incerteza e técnicas utilizadas.

A alocação de pedidos também envolve o uso de vários critérios que tem relação com os objetivos e restrições do processo. Tomando como base as pesquisas de Ayhan e Kilic (2015), Demirtas e Üstün (2008), Erdem e Göen (2012), Fors, Harraz e Abouali (2011), Kirytopoulos et al. (2010), Lin (2009), Nazari-Shirkouhi et al. (2013), Özgen et al. (2008), Sanayei et al. (2008), Scott et al. (2015), Singh (2014), Songhori et al. (2011), Tsai e Wang (2010) e Zhang e Zhang (2011), pode-se destacar como principais critérios utilizados a demanda do período, a capacidade do fornecedor, o orçamento da empresa, o custo, o nível de defeituosos, as limitações de orçamento, o lote mínimo de compra, o tempo de entrega, entre outros.

Diante destes critérios e restrições, para nivelar ou manter o desempenho dos fornecedores dentro de um nível adequado, após a seleção e alocação do pedido, a empresa pode avaliar cada fornecedor identificando as possíveis falhas e melhorias, para propor solução que favoreçam a criação de uma base de suprimentos competente. Deste modo, a próxima seção abordará as estratégias e benefícios da avaliação de fornecedores com foco no desenvolvimento de suas capacidades.

Quadro 6 - Caracterização das abordagens de seleção, avaliação de fornecedores e alocação de pedido.

Autores	Problema de decisão	Tipo de Incerteza	Técnicas propostas
Weber e Current (1993)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Determinística	Programação linear multiobjetivo (MOLP) para seleção de fornecedores e alocação de pedidos.
Chaudhry, Forst e Zydiak (1993)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Determinística	Programação linear inteira mista para seleção e alocação de pedido.
Ghodsypour e O'Brien (1998)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Por imprecisão ou indeterminação	AHP para selecionar fornecedores; programação linear (LP) para alocação de pedidos.
Ghodsypour e O'Brien (2001)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Determinística	Programação não-linear inteira mista para seleção e alocação de pedido.
Talluri (2002)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Determinística	Programação inteira mista para selecionar fornecedores e alocar pedidos, considerando quatro situações de compra diferentes.
Hong et al. (2005)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Determinística	Programação inteira mista para selecionar fornecedores e alocar pedidos.
Araz, Ozfirat e Ozkarahan (2007)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Por imprecisão ou indeterminação	PROMETHEE para pré-seleção de fornecedores e programação por metas em ambiente <i>fuzzy</i> (<i>fuzzy goal programming</i> - FGP) para seleção final dos fornecedores e alocação do pedido.
Liao e Rittscher (2007)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Estocástica	Programação estocástica multiobjetivo para seleção e alocação de pedidos, com resolução a partir do uso de algoritmo genético (AG).
Özgen et al. (2008)	Avaliação de fornecedores e alocação de pedidos	Por imprecisão ou indeterminação	AHP para a avaliação de fornecedores e programação linear multiobjetivo em ambiente <i>fuzzy</i> (<i>multi-objective possibilistic linear programming</i> - MOPLP) para alocação de pedidos.
Sanayei et al. (2008)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Por imprecisão ou indeterminação	MAUT (<i>Multi-attribute Utility Theory</i>) para a seleção de fornecedores e programação linear (LP) para alocação de pedidos.
Rezaei e Davoodi (2008)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Determinística	Programação não-linear inteira mista multiobjetivo para seleção de fornecedores e alocação de pedido, com resolução a partir do uso de algoritmo genético (AG).
Demirtas e Üstün (2008)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Por imprecisão ou indeterminação	ANP para seleção de fornecedores e programação linear inteira mista multiobjetivo (MOMILP) para a alocação de pedido.
Lin (2009)	Avaliação de fornecedores e alocação de pedidos	Por imprecisão ou indeterminação	<i>Fuzzy</i> ANP para avaliação de fornecedores e programação linear multiobjetivo para alocação de pedido.
Razmi, Songhori e Khakbaz (2009)	Avaliação de fornecedores e alocação de pedidos	Por imprecisão ou indeterminação	<i>Fuzzy</i> TOPSIS para avaliação de fornecedores e programação linear mista multiobjetivo com objetivos e restrições <i>fuzzy</i> para a alocação de pedido.
Tsai e Wang (2010)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Determinística	Programação linear inteira multiobjetivo para seleção de fornecedores e alocação de pedido.
Kirytopoulos et al. (2010)	Avaliação de fornecedores e alocação de pedidos	Por imprecisão ou indeterminação	ANP para avaliação de fornecedores e programação multiobjetivo para alocação de pedido.

Quadro 6 - Caracterização das abordagens de seleção, avaliação de fornecedores e alocação de pedido (continuação).

Autores	Problema de decisão	Tipo de Incerteza	Técnicas propostas
Fors et al. (2011)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Determinística	Cálculo da distância euclidiana em relação ao valor da solução ideal, para a seleção de fornecedores e programação linear multiobjetivo (MOLP) para a alocação de pedido
Songhori et al. (2011)	Seleção, avaliação de fornecedores e alocação de pedido	Por imprecisão ou indeterminação	DEA para seleção e avaliação de fornecedores e programação linear inteira multiobjetivo para alocação de pedidos.
Zhang e Zhang (2011)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Estocástica	Programação estocástica inteira mista para seleção de fornecedores e alocação de pedido.
Erdem e Göçen (2012)	Avaliação de fornecedores e alocação de pedidos	Por imprecisão ou indeterminação	AHP para avaliação de fornecedores e programação por metas (GP) para alocação do pedido.
Nazari-Shirkouhi et al. (2013)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Por imprecisão ou indeterminação	Modelo de duas fases baseado em programação linear multiobjetivo <i>fuzzy</i> (FMOLP) para a seleção e alocação de pedido.
Hatefi e Razmi (2013)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Por imprecisão ou indeterminação	AIDEA (<i>Augmented Imprecise Data Envelopment Analysis</i>) para seleção de fornecedores e programação inteira mista multiobjetivo, com objetivos e restrições <i>fuzzy</i> , para a alocação de pedido
Hammami, Temponi e Frein (2014)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Estocástica	Programação estocástica inteira mista para seleção de fornecedores e alocação de pedidos.
Singh (2014)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Por imprecisão ou indeterminação	<i>fuzzy</i> TOPSIS para seleção de fornecedores e programação linear inteira mista para a alocação de pedidos.
Hosseininiasab e Ahmadi (2015)	Seleção de fornecedores para portfólio e alocação de pedido	Determinística	Programação linear multiobjetivo (MOLP) para seleção de fornecedores e distribuição da demanda entre eles.
Scott et al. (2015)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Estocástica	AHP-QFD para selecionar fornecedores, traduzindo os requisitos dos <i>stakeholders</i> ^b em uma lista ponderada de critérios avaliados; programação estocástica para alocar pedidos.
Azadnia, Saman e Wong (2015)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Por imprecisão ou indeterminação	<i>Fuzzy</i> AHP para ponderar os critérios e subcritérios de seleção de fornecedores e programação inteira multiobjetivo para alocação do pedido.
Ayhan e Kilic (2015)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Por imprecisão ou indeterminação	<i>Fuzzy</i> AHP para ponderar os critérios de seleção de fornecedores e programação linear inteira mista para seleção e alocação do pedido.
Lee, Cho e Seog (2015)	Seleção de fornecedores e alocação de pedido	Por imprecisão ou indeterminação	<i>fuzzy</i> TOPSIS e <i>fuzzy</i> AHP para seleção de fornecedores e alocação sem uso de técnicas (alocação uniforme entre os fornecedores ou alocação da maior parte da demanda para para o melhor fornecedor e a demanda restante para os demais)

Fonte: Elaborado pela autora.

^bSão as partes interessadas, tais como os clientes, os colaboradores, os acionistas, a comunidade, entre outros.

2.4 AVALIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE FORNECEDORES

Na literatura, o termo desenvolvimento de fornecedores foi usado pela primeira vez por Leenders (1966)⁴ para explicar o empenho dos fabricantes em aumentar o número de fornecedores viáveis e em melhorar os seus respectivos desempenhos (CHAVHAN; MAHAJAN; SARANG, 2012; SILLANPÄÄ; SHAHZAD; SILLANPÄÄ, 2015). Posteriormente outras pesquisas foram ampliando a discussão a respeito (SILLANPÄÄ; SHAHZAD; SILLANPÄÄ, 2015). Trata-se de uma atividade estratégica que tem como propósito a atualização do nível de desempenho para criar e manter uma rede de fornecedores competentes e que possuam grande influência sobre as vantagens competitivas da empresa compradora (CHAVHAN; MAHAJAN; SARANG, 2012; REZAEI; WANG; TAVASSZY, 2015). Se na seleção de fornecedores o objetivo é obter uma classificação para os potenciais fornecedores, a avaliação voltada ao desenvolvimento tem como foco a comparação do desempenho individual com os níveis desejados (OSIRO; LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2014). Assim, o desenvolvimento de fornecedores pode ser definido como qualquer esforço para aumentar o desempenho e/ou as capacidades do fornecedor visando o atendimento das necessidades de abastecimento da empresa compradora (GOVINDAN; KANNAN; HAQ, 2010a; KRAUSE, 1999; KRAUSE; ELLRAM, 1997; KRAUSE; SCANNELL; CALANTONE, 2000) e a transferência de competências do cliente para o fornecedor (SILLANPÄÄ; SHAHZAD; SILLANPÄÄ, 2015).

Empresas que iniciam os esforços para o desenvolvimento de fornecedores precisam se engajar em conjunto com o fornecedor e investir no relacionamento (WAGNER; KRAUSE, 2009). Deste modo, as organizações têm sido incentivadas a desenvolver parcerias com seus fornecedores (FYNES; VOSS; DE BÚRCA, 2005) e após a criação do relacionamento, os compradores precisam oferecer a estrutura para manter uma relação razoável com melhores fornecedores, ao passo que os fornecedores precisam ser proativos, mantendo o foco nos interesses mútuos e nos processos de desenvolvimento de compradores (SILLANPÄÄ; SHAHZAD; SILLANPÄÄ, 2015).

No entanto, nem sempre o envolvimento na construção da parceria é buscado pelas empresas compradores. Neste contexto, existem vários tipos de práticas de desenvolvimento de fornecedores (TRENT; MONCZKA, 2010), em diversos níveis de envolvimento, e elas podem incluir a avaliação de fornecedor, *feedback* sobre o desempenho, educação e formação pessoal, recompensas e reconhecimento, envolvimento na engenharia e investimento direto de capital

⁴ Leenders, M.R. Supplier development, **Journal of Purchasing**, Vol. 2, No. 4, pp.47–62, 1966.

(KRAUSE; ELLRAM, 1997). Krause, Handfield e Scannell (1998) ressaltaram que o desenvolvimento de fornecedores pode refletir objetivos diferentes, pois algumas empresas o empregam como uma ferramenta estratégica, enquanto outros usam desenvolvimento de fornecedores de forma reativa, como um processo de reparação para corrigir deficiências óbvias. O Quadro 7 evidencia as principais diferenças das duas abordagens.

Neste sentido, o desenvolvimento reativo ocorre quando o fornecedor ameaça a capacidade da empresa compradora de oferecer um produto ou serviço competitivo aos seus próprios clientes, enquanto o desenvolvimento estratégico de fornecedores envolve alocação de recursos visando à obtenção de vantagem competitiva (KRAUSE; HANDFIELD; SCANNELL, 1998). Assim, enquanto o desenvolvimento reativo tem como foco as melhorias de curto prazo, o desenvolvimento estratégico se direciona a melhoria contínua da base de fornecimento e a obtenção de vantagens de longo prazo.

Quadro 7 - Diferenças entre desenvolvimento de fornecedores de forma reativa e estratégica.

Fatores	Desenvolvimento Reativo	Desenvolvimento Estratégico
Questão primária	Ocorreu um problema com o desempenho do fornecedor. O que é necessário fazer para corrigi-lo?	Foram dedicados recursos para desenvolver a base de fornecimento. Onde alocá-los para obter o maior benefício?
Objetivos primários	Correção das deficiências do fornecedor e melhorias de curto prazo	Melhoria contínua da base de fornecimento e vantagens competitivas de longo prazo.
Unidade de análise	Fornecedor isolado Projeto de desenvolvimento de fornecedor	Base de fornecimento Programa de desenvolvimento de fornecedores
Processo de seleção/priorização	Autoseleção, por meio do desempenho ou deficiências.	Análise de portfólio

Fonte: Adaptado de Krause, Handfield e Scannell (1998).

Ahmed e Hendry (2012) argumentam que na literatura existente há uma lacuna de conhecimento para entender as motivações dos fornecedores em participar de programas de desenvolvimento e como os compradores podem influenciá-los. Nesta direção, a pesquisa de Rezaei, Wang e Tavasszy (2015) oferece um caminho a seguir a partir da identificação de diferentes estratégias de desenvolvimento de fornecedores (Quadro 8).

De acordo com Quadro 8, as estratégias de desenvolvimento de fornecedores propostas por Rezaei, Wang e Tavasszy (2015), são divididas em estratégias de melhoria da disposição, estratégias de melhoria da capacidade e a combinação de ambas.

Quadro 8 - Estratégias de desenvolvimento de fornecedores

	Estratégia	Implicações
Estratégias para melhoria da disposição do fornecedor (Relacionamento)	Comunicação bidirecional	Possibilita a colaboração e a discussão de interesses comuns.
	Ação conjunta	Coalizão rentável para trazer habilidades e recursos complementares para a aliança.
	Visitação de plantas de fornecedores	Possibilita a melhoria da comunicação e conhecimento sobre a cultura e o negócio do outro.
	Compromisso de longo prazo	Permite o estabelecimento da confiança e proporciona maior estabilidade do negócio entre ambas as partes.
	Grande porcentagem de compra nas vendas anuais do fornecedor	Faz da empresa compradora um importante cliente, aumentando a atratividade econômica da empresa compradora, e por consequência favorecendo o interesse no engajamento da melhoria do relacionamento.
	Construção da confiança	Proporciona maior estabilidade nos negócios com o fornecedor e é o melhor caminho para lidar com os riscos de oportunismo e incertezas.
Estratégias para melhoria da capacidade	Pressão competitiva	Criada a partir do uso de múltiplos fornecedores que competem entre si, de modo que tal estratégia os pressiona a se manterem competitivos em termos de qualidade, entrega e outros critérios importantes para a empresa.
	Ênfase em outros fatores além do preço	Gera motivação aos fornecedores para desenvolver outras capacidades.
	Aumentar as expectativas sobre o desempenho do fornecedor	O aumento das expectativas faz com que os fornecedores sejam encorajados a melhorar continuamente suas capacidades.
Estratégias para melhoria conjunta da capacidade e do relacionamento	Avaliação e <i>feedback</i> aos fornecedores	Promove a avaliação frequente dos fornecedores e por meio do <i>feedback</i> gera a comunicação para um maior esclarecimento sobre as expectativas direcionadas à melhoria.
	Investimento financeiro e físico	Pode promover aumento das capacidades de produção e inovação, além de criar fortes incentivos para a colaboração mútua.
	Transferência de conhecimento	Possui uma relação positiva com a melhoria das capacidades do fornecedor, sendo considerado um investimento transacional específico voltado para os recursos humanos.
	Incentivos aos fornecedores	Promove o incentivo para a melhoria do fornecedor a partir da consideração de aumento dos volumes, compartilhamento de economias de custo, futuros negócios e recompensa por melhoria na performance.

Fonte: Rezaei, Wang e Tavasszy (2015).

As estratégias de melhoria de disposição são aquelas que são direcionadas ao relacionamento com o fornecedor e que tem o potencial de estimular a criação de parceria, confiança, ação conjunta e colaboração. De acordo com Rezaei, Wang e Tavasszy (2015), a disposição de um fornecedor de se envolver em um relacionamento com um comprador também serve a um propósito importante, que deve ser levado em consideração. As estratégias para melhoria da capacidade estão focadas apenas na melhoria do desempenho do fornecedor que é incentivada a partir da pressão competitiva, ênfase em capacidades que vão além do preço, e aumento das expectativas. Por fim, as estratégias de melhoria conjunta da capacidade e do

relacionamento, combinam as estratégias anteriores por meio da transferência de conhecimento ao fornecedor, avaliação e *feedback*, incentivos e investimentos físicos e financeiros.

Para Terpend et al. (2008), as pesquisas futuras devem se concentrar mais no potencial de práticas e esforços mútuos para mediar, moderar e entender o efeito direto do relacionamento na extração de valor. As pesquisas de desenvolvimento de fornecedores têm reforçado a necessidade do fortalecimento do desenvolvimento estratégico e não apenas reativo, que também considere o relacionamento com o fornecedor. Neste caso, é preciso criar programas de desenvolvimento que envolvam um conjunto sistemático de ações a serem tomadas, mantendo a comunicação com os fornecedores e ações adequadas de melhoria. No entanto, sem a avaliação contínua do desempenho do fornecedor, torna-se difícil acionar ações de melhoria, quando necessárias. Neste contexto, destaca-se a importância do processo de avaliação e categorização de fornecedores, com o objetivo de entender em quais dimensões de desempenho existem oportunidades de melhoria.

Os programas de desenvolvimento de fornecedores têm por objetivo reduzir falhas, por meio de mudanças imediatas nas operações, e buscar o aumento da capacidade dos fornecedores (CHAVHAN; MAHAJAN; SARANG, 2012). Os processos pertencentes aos programas de desenvolvimento de fornecedores destinam-se à transferência ou ao estímulo das capacidades de curto prazo e ganhos de longo prazo que vão desde competências básicas até a melhoria contínua do desempenho e do processo, da habilidade inovação de produtos e da colaboração (ARROYO-LÓPEZ; HOLMEN; DE BOER, 2012; WAGNER; KRAUSE, 2009). Assim, estes programas evoluíram para envolver esforços conjuntos no sentido de melhorar as posições competitivas do comprador e fornecedor, ou da cadeia de suprimentos (BAI; SARKIS, 2011).

Este capítulo apresentou uma revisão teórica focada nos processos decisórios da gestão de fornecedores. Deste modo, foi possível identificar as principais características das abordagens propostas na literatura e técnicas empregadas. A próxima seção apresenta uma análise e sintetização do cenário de gestão de fornecedores e dos processos decisórios abordados nesta revisão.

2.5 ANÁLISE CRÍTICA DA REVISÃO DE CONTEXTUALIZAÇÃO

As organizações têm sido cada vez mais influenciadas pela concorrência internacional, pelas exigências dos clientes, pelo rápido desenvolvimento tecnológico e por ciclos de vida dos produtos mais curtos (CHEN, 2011; DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; KRAUSE, 1999; KRAUSE; HANDFIELD; SCANNELL, 1998; SIMIĆ et al., 2016). Se no passado os

clientes não tinham outra opção senão a de comprar os produtos disponíveis no mercado, o aumento da concorrência ampliou as possibilidades de compra para uma maior variedade de produtos (BEIKKHAKHIAN et al., 2015). Além disso, nas últimas décadas, o mercado consumidor se tornou mais exigente e seletivo, e os clientes passaram a buscar produtos de qualidade, com melhores preços e elevado nível de serviço.

Neste cenário, para competir de forma eficaz e sobreviver no mercado global, as empresas devem manter e construir relações com uma rede competente de fornecedores e extrair o máximo valor destes relacionamentos (AHMED; HENDRY, 2012). Muitos dos fatores que afetam a satisfação do cliente podem estar relacionados com o fornecedor, pois as empresas estão organizadas em cadeias de suprimentos e dependem delas para a aquisição de matéria-prima, itens, componentes ou serviços, cujos quais não podem produzir ou realizar internamente. Assim, a gestão da cadeia de suprimentos, em especial dos fornecedores, despertou a atenção das empresas que almejavam melhorias e a obtenção de benefícios em diversos âmbitos da cadeia. Para tirar proveito das oportunidades de melhorar processos de negócios, acadêmicos e profissionais têm chegado à conclusão de que as empresas devem trabalhar em conjunto com os seus fornecedores, visando à melhoria do desempenho total da cadeia.

Sabe-se que a gestão de fornecedores inclui os processos decisórios de qualificação, seleção, alocação de pedido, avaliação e desenvolvimento de fornecedores e, nas últimas décadas, é possível encontrar na literatura inúmeros trabalhos dedicados a tais temas, em especial à seleção de fornecedores. Entretanto, cada um destes processos apresenta características e abordagens diferentes, e poucos estudos propõem a integração e sistematização de processos da gestão de fornecedores.

No que tange a seleção de fornecedores, algumas revisões importantes como as de Ho, Xu e Dey (2010), Ware, Singh e Banwet (2012), Setak, Sharifi e Alimohammadian (2012), Chai, Liu e Ngai (2013), Simic et al. (2016) e Wetzstein et al. (2016) tornaram evidente o uso de uma variedade de técnicas de apoio à tomada de decisão, tais como: AHP, ANP, CBR, TOPSIS, MAUT, ELECTRE, PROMETHEE, teoria dos conjuntos *fuzzy*, *fuzzy* AHP, *fuzzy* ANP, *fuzzy* TOPSIS, *fuzzy*-QFD, *fuzzy* PROMETHEE, VIKOR, modelos de programação matemática, especialmente programação linear, programação multiobjetivo, programação linear inteira mista, GP e DEA, além de muitas abordagens híbridas que usam conceitos da teoria dos conjuntos *fuzzy* e modelos que combinam técnicas multicritério com programação matemática. E embora muitas pesquisas defendam o uso de uma determinada técnica de tomada

de decisão, seria muito difícil criar o consenso de qual são as melhores opções, pois todas as técnicas envolvem vantagens e limitações em sua aplicação (vide Quadro 4).

Sobre os critérios mais utilizados na seleção e avaliação de fornecedores, embora se verifique uma frequência maior de alguns critérios como tempo de entrega, qualidade ou melhoria da qualidade, preço ou custo, capacidade técnica e tecnológica, entre outros (conforme Quadro 2), é importante que a formulação destes critérios, em situações reais, leve em consideração os requisitos, objetivos e estratégias da empresa. O desenvolvimento de modelos apropriados depende das características que envolvem cada cenário de decisão, tais como, natureza dos critérios (qualitativa ou quantitativa), tipo de incerteza (determinística, estocástica, por imprecisão/hesitação ou por falta de informações), número de critérios, número de fornecedores, número de tomadores de decisão e os tipos de regras mais adequadas (compensatórias ou não compensatórias). Deste modo, espera-se que pesquisas futuras estejam mais focadas na caracterização do cenário em que a seleção de fornecedores se insere, para que as técnicas mais adequadas sejam utilizadas de acordo com as características do problema.

Com relação à alocação de pedido, a maioria dos modelos tem o objetivo de otimizar um ou mais fatores, caracterizando-se como modelos de programação matemática. Em alguns casos, estes modelos de programação matemática são combinados com modelos multicritério ou teoria dos conjuntos *fuzzy* para lidar com as variáveis qualitativas. Entretanto, não há muitos estudos que avaliam a adequação de técnicas de alocação de pedido. Embora não seja um processo abordado na proposição de técnicas desta tese, o estudo destes modelos poderia oferecer contribuições para a literatura por proporcionar uma análise de contexto.

Sobre a avaliação de fornecedores, verificou-se na literatura que este processo tem sido considerado em duas situações: a avaliação do desempenho do fornecedor em determinados critérios para a seleção da(s) melhor(es) alternativa(s); e a avaliação de fornecedores para a identificação de possíveis falhas e/ou oportunidades de melhorias que serão tratadas nos programas desenvolvimento de fornecedores. Entretanto, não há muitas pesquisas que tornem o processo de avaliação interligado com os demais processos que envolvem os fornecedores, em especial a categorização obtida na avaliação das alternativas. Neste contexto, não basta medir e avaliar o desempenho dos fornecedores, pois é fundamental tornar as informações de avaliação úteis aos demais processos da gestão de fornecedores, apontando deficiências óbvias que devem ser tratadas.

O último processo abordado na revisão de literatura foi o desenvolvimento de fornecedores. Neste âmbito, avalia-se que existem diversas pesquisas que abordam estratégias de desenvolvimento de fornecedores. Entretanto a operacionalização do processo, por meio do

uso de técnicas de categorização e da criação de ações de desenvolvimento vinculadas a estas categorias, ainda é pouco frequente na literatura. Supõe-se que isso ocorra porque não há muitos artigos que integrem os processos decisórios gestão de fornecedores, de modo que, as abordagens ainda têm apresentado um formato estático, para apenas um ciclo de decisão, conforme a pesquisa realizada nas bases de dados indicou.

Além disso, destaca-se que os artigos que apresentaram abordagens integradas de gestão de fornecedores (AMIN; RAZMI, 2009; ARAZ; OZKARAHAN, 2007; PARK et al., 2010) não consideram a qualificação de fornecedores como um processo decisório. No entanto, a qualificação pode ser muito importante para identificar os fornecedores que apresentam os níveis mínimos de desempenho.

Desta forma, há uma lacuna de pesquisa a ser explorada, relacionada à integração dos processos decisórios de gestão de fornecedores e ao emprego de técnicas de decisão adequadas aos diferentes processos. Diante destas diferentes situações de decisão, para compreender o cenário em que se insere cada um destes processos, o Quadro 9 apresenta as principais características, critérios, variáveis e parâmetros neles presentes, elencando também as diferentes técnicas apontadas na literatura.

Como já verificado na revisão do capítulo anterior, a literatura de seleção e avaliação de fornecedores apresenta a proposição de um vasto conjunto de técnicas para lidar com os múltiplos critérios envolvidos. Embora alguns artigos defendam o uso de algumas técnicas específicas, devido ao grande número de possibilidades, pode ser um equívoco eleger uma técnica como sendo melhor que as demais sem uma avaliação prévia. O Quadro 4, expôs que há um conjunto de vantagens e desvantagens relacionadas às principais técnicas de apoio à tomada de decisão que são empregadas na seleção e avaliação de fornecedores e o Quadro 9 destaca os processos decisórios em que tais técnicas são frequentemente empregadas.

A partir do Quadro 9, verificamos que as características dos processos decisórios podem colaborar com a escolha de técnicas adequadas. Além dessas características, De Boer, Wegen e Telgen (1998) destacaram que o número de critérios e de decisores, as situações de decisões, a inter-relação das decisões devem ser consideradas no modelo decisório. Deste modo, parece bastante coerente realizar uma análise das características de cada aplicação para auxiliar na escolha das técnicas ou métodos que poderão oferecer maior benefício.

Quadro 9 - Características dos processos de decisão abordados nesta pesquisa.

Processo de decisão	Etapa	Objetivos	Tomadores de decisão	Natureza das variáveis	Natureza da incerteza	Tipo de escala	Regras de decisão	Técnicas sugeridas na literatura
Seleção de fornecedores	Elicitação para definição de tomadores de decisão, dos critérios e dos pesos	Definir os parâmetros do problema	Um ou vários	Qualitativas e quantitativas	Apresenta imprecisão e indeterminação devido aos julgamentos subjetivos e à discordância no processo de elicitação.	Linguística ou numérica.	Não se aplica	Nem todos os autores usam técnicas de decisão para a definição e ponderação de critérios e tomadores de decisão. Entretanto, dentre as técnicas sugeridas na literatura, destacam-se: AHP, <i>fuzzy</i> AHP, QFD, AHP-QFD e <i>fuzzy</i> -QFD, Delphi, <i>fuzzy</i> Delphi, votação, consenso, entre outros.
	Qualificação	Categorização das alternativas	Um ou vários	Qualitativas e quantitativas	Apresenta imprecisão e indeterminação devido aos julgamentos subjetivos e a ausência de informação (dados históricos).	Linguística ou numérica.	Não compensatórias (níveis mínimos de desempenho)	TOPSIS, Fuzzy TOPSIS, group-AHP, TOPSIS e entropia, curva ABC, Sistemas de Inferência Fuzzy, ELECTRE e FLOWSORT, <i>Radial Basis Function Artificial Neural Networks</i> , métodos baseados em <i>clusters</i> e programação multiobjetivo.
	Seleção final	Categorização ou ordenação	Um ou vários	Qualitativas e quantitativas	Apresenta imprecisão e indeterminação devido aos julgamentos subjetivos e a ausência de informação (dados históricos).	Linguística ou numérica.	Compensatórias ou não compensatórias	Técnicas MCDM (AHP ANP, ELECTRE, PROMETHEE, TOPSIS, VIKOR, entre outras); Técnicas de inteligência artificial (algoritmo genético, redes neurais, inferência <i>fuzzy</i> , colônia de formigas, entre outras); Abordagens integradas com lógica <i>fuzzy</i> (<i>fuzzy</i> -AHP, <i>fuzzy</i> -ANP, <i>fuzzy</i> -ELECTRE, <i>fuzzy</i> -PROMETHEE, <i>fuzzy</i> -TOPSIS, <i>fuzzy</i> -VIKOR, <i>fuzzy</i> 2-tuple TOPSIS, <i>fuzzy</i> -DEA, entre outros).

Processo de decisão	Etapa	Objetivos	Tomadores de decisão	Natureza das variáveis	Natureza da incerteza	Tipo de escala	Regras de decisão	Técnicas sugeridas na literatura
Avaliação de fornecedores	Avaliação do desempenho de fornecedores para seleção	Categorização ou ordenação	Um ou vários	Qualitativas e quantitativas	Apresenta imprecisão e indeterminação devido aos julgamentos subjetivos.	Linguística ou numérica.	Não compensatórias (níveis mínimos de desempenho)	As mesmas técnicas utilizadas na seleção de fornecedores.
	Categorização de fornecedores para acionar o desenvolvimento, quando necessário.	Categorização	Um ou vários	Qualitativas e quantitativas	Apresenta imprecisão e indeterminação devido aos julgamentos subjetivos.	Linguística ou numérica.	Não compensatórias (níveis de desempenho mínimos em cada critério)	Geralmente os autores usam as mesmas técnicas de seleção de fornecedores e categorizam pela ordenação, o que é um equívoco óbvio. No entanto, algumas técnicas de categorização como o SMAA-TRI, ELECTRE TRI e o PROMSORT podem ser encontradas na literatura.
Alocação de pedido	Distribuição do pedido entre os fornecedores	Otimização	Um ou vários	Geralmente quantitativa, todavia podem-se considerar variáveis qualitativas da avaliação de fornecedores.	Determinística, por ou imprecisão estocástica.	Linguística ou numérica	Podem ser não compensatórias, se as restrições contemplarem o desempenho mínimo em determinados critérios para solução ótima.	Programação linear, programação inteira mista, programação linear multiobjetivo, programação estocástica, programação por metas, programação linear com parâmetros <i>fuzzy</i> , entre outras.

Num contexto geral, para a qualificação seleção e avaliação, as técnicas MCDM são mais utilizadas para modelar os diferentes critérios que precisam ser considerados. No entanto, ainda há poucas aplicações que utilizem métodos ou técnicas de categorização. Quando há muita imprecisão os métodos baseados em teoria dos conjuntos *fuzzy* tem sido amplamente utilizados e podem ser mais adequados por considerar a inclusão parcial em um ou mais conjuntos (por exemplo, um critério pode estar incluso tanto no conjunto médio como no alto). No entanto, os benefícios individuais de cada método *fuzzy* dependem da técnica associada a ele, seja ela o DEA, o TOPSIS, o AHP, o ANP, e tantas outras verificadas na literatura.

Diante destas questões abordadas, das oportunidades de pesquisa e da importância do tema, o o capítulo apresentou a contextualização de gestão de fornecedores. Além disso, um modelo conceitual que integra os processos de decisão por meio da avaliação contínua e categorização dos fornecedores foi sugerido. O próximo capítulo apresentará a revisão necessária para a compreensão dos métodos de apoio à tomada de decisão multicritério, que darão suporte para a proposição de métodos realizada nos capítulos seguintes.

3 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Este capítulo aborda aspectos gerais relativos à tomada de decisão multicritério, mantendo, contudo, o foco nos métodos e técnicas de interesse desta pesquisa. Deste modo, buscou-se melhor caracterizar tais técnicas para que os procedimentos propostos nos capítulos seguintes possam ser devidamente compreendidos.

3.1 MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Alguns fatores contribuem para o aumento da complexidade das decisões, tais como a consideração de múltiplos objetivos, a dificuldade em identificar boas alternativas, a incerteza, as compensações entre critérios, entre outros (KEENEY, 1982). Neste cenário, abordagens multicritério podem ajudar os tomadores de decisões a escolherem as melhores alternativas diante da ambiguidade, incerteza e um grande número de opções (ROY, 1990). Um modelo de tomada de decisão multicritério é caracterizado por uma situação em que o tomador de decisão deve escolher uma ou mais alternativas a partir da avaliação de dois ou mais critérios (DYER et al., 1992; KORHONEN; MOSKOWITZ; WALLENIOUS, 1992).

A partir de 1980, abordagens multicritério deixaram de tratar apenas de fundamentos teóricos e passaram a focar na aplicação de métodos computacionais para dar suporte à tomada de decisão (DYER et al., 1992). Os problemas MCDM (*Multi-criteria Decision Making*) possuem natureza diversa e, por este motivo, uma variedade de técnicas tm sido propostas para oferecer soluções (MARDANI; JUSOH; ZAVADSKAS, 2015). Nas últimas décadas, aplicações de métodos de tomada de decisão multicritério (MCDM/A – *Multicriteria Decision Making/Aiding*) tiveram um crescimento significativo na literatura (VELASQUEZ; HESTER, 2013).

Almeida et al. (2015) divide os métodos de tomada de decisão em três categorias, sendo elas: (1) métodos aditivos determinísticos ou probabilísticos; (2) métodos de sobreclassificação; (3) outros métodos, incluindo programação matemática, métodos baseados em nos conjuntos *Fuzzy* ou *Rough Sets*, e métodos de negociação e tomada de decisão em grupo. Tais métodos auxiliam os tomadores de decisão a analisar situações complexas para escolher uma solução satisfatória, diante de um conjunto de critérios que podem ser conflitantes entre si (CHAI; LIU; NGAI, 2013; OSIRO; LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2014; ŽAK; FIEREK; KRUSZYŃSKI, 2014). No entanto, embora na literatura recente se verifique um número considerável de

diferentes abordagens, modelos e técnicas, segundo Almeida et al. (2015), não há muitos estudos que colaborem com a escolha adequada de métodos de tomada de decisão multicritério. Roy e Slowinski (2013) propuseram um conjunto de questões para guiar o processo de escolha dos métodos. De acordo com Roy e Slowinski (2013) o tipo de resultado produzido é uma característica que distingue vários métodos de apoio à tomada de decisão. Baseado nos tipos de resultados, citados por Roy e Slowinski (2013), os métodos de tomada de decisão podem ser divididos entre: métodos de escolha, ordenação e categorização. Métodos de escolha buscam obter a melhor solução ou menor número possível de soluções que justifiquem a eliminação das demais. Os métodos de ordenação proporcionam um *ranking* das alternativas. Métodos de categorização proporcionam a classificação das alternativas dentro de categorias de desempenho e, idealmente, deveriam apresentar limites de desempenho (níveis mínimos) bem definidos para cada um dos critérios.

A literatura sobre métodos e técnicas de tomada de decisão é bastante vasta. Entretanto, no processo de construção de modelos de tomada de decisão, o foco principal é encontrar um grau de aproximação que seja bom o suficiente para tornar o modelo útil, sem perder a simplicidade (ALMEIDA et al., 2015). Deste modo, para a escolha de métodos e técnicas mais adequados, é necessário avaliar o contexto do problema e qual a relevância de se adicionar complexidade ao processo.

Nos processos de gestão de fornecedores, que são de interesse desta tese, muitos fatores subjetivos e objetivos precisam ser considerados (TAHRIRI et al., 2014). Por envolverem incertezas relativas aos fatores subjetivos e imprecisos, técnicas de tomada de decisão multicritério baseadas nos conjuntos *fuzzy* têm sido consideradas muito úteis para a seleção de fornecedores (RENGANATH; SURESH, 2016). Na fase de qualificação, é importante que não ocorra compensação entre os critérios, para se certificar que o fornecedor tenha um nível mínimo de desempenho em todos os critérios (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a). Deste modo, a qualificação e a avaliação de fornecedores estão muito mais relacionadas com os problemas de categorização do que de ordenação (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a). No entanto, na literatura de gestão de fornecedores, o uso de técnicas de ordenação é bastante frequente. Deste modo, modelos de tomada de decisão na gestão de fornecedores, com o uso de métodos e técnicas multicritério, requerem o uso de técnicas que sejam não compensatórias, que lidem com a incerteza e que possibilitem a categorização das alternativas. As próximas seções apresentam um método de tomada de decisão para categorização e contextualizam a tomada de decisão em grupo,

apresentando duas técnicas que tiveram um rápido desenvolvimento na literatura recente e que serão empregadas no método de tomada de decisão proposto por esta pesquisa.

3.1.1 ELECTRE TRI

Os métodos da família ELECTRE (*ELimination Et Choix Tradicional la Réalité* - Eliminação e Escolha Expressando a Realidade) tiveram origem por volta de 1965 (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2016) e têm sido amplamente utilizados em diversos problemas que envolvem a tomada de decisão multicritério (FIGUEIRA et al., 2013). A família ELECTRE inclui vários métodos que podem ser utilizados para as três principais problemáticas definidas por Roy e Slowinski (2013), dos quais se pode destacar: ELECTRE I, ELECTRE Iv e ELECTRE IS para escolha; ELECTRE II e ELECTRE III para ordenação; e ELECTRE TRI-B (originalmente chamado de ELECTRE TRI) e ELECTRE TRI-C para a categorização (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2016).

O ELECTRE TRI (ou ELECTRE TRI-B) tem sido aplicado em diferentes problemas de categorização das alternativas e trata da designação das alternativas para classes predefinidas e ordenadas (CERTA et al., 2017; DIAS; CLÍMACO, 2000; FIGUEIRA et al., 2011, 2013; FONTANA; CAVALCANTE, 2013; ISHIZAKA; NEMERY, 2013; MOUSSEAU; FIGUEIRA; NAUX, 2001; MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000; SZAJUBOK; MOTA; ALMEIDA, 2006). Dentre suas principais características, pode-se destacar que: o método não permite a compensação entre os critérios; lida com escalas heterogênicas sem a necessidade de normalização; e possibilita a utilização de critérios qualitativos (FIGUEIRA et al., 2013; GUARNIERI, 2014). Tais características tornam o uso do método bastante interessante para o problema de avaliação de fornecedores.

Para classificar as alternativas com o uso do ELECTRE TRI, as categorias ordenadas são definidas com limites inferiores e superiores que são ajustados para cada critério considerado, conforme se pode observar na Figura 14.

Figura 14 - Definição de categorias usando perfis de limite.

Fonte: Mousseau, Figueira e Naux (2001) e Mousseau, Slowinski e Zielniewicz (2000)

Na Figura 14, para cada critério $C_j (j = 1, 2, \dots, n)$, a categoria CT_{h+1} é limitada por um limite inferior b_h e um limite superior b_{h+1} . A designação de uma alternativa a para uma categoria CT_{h+1} resulta da comparação de das alternativas a com os perfis $b_h (h = 1, 2, \dots, p)$, que definem os limites de cada categoria (FONTANA; NEPOMUCENO, 2017; MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000). Deste modo, com o uso do ELECTRE TRI se constrói uma relação de sobreclassificação S , a partir da validação ou não da afirmação de que aSb_h (e b_hSa), que significa que “ a é pelo menos tão bom quanto b_h ” (MOUSSEAU; FIGUEIRA; NAUX, 2001; MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000). Para validar ou invalidar a afirmação de que aSb_h e b_hSa , o ELECTRE utiliza um parâmetro conhecido como índice de credibilidade ($\sigma(a, b_h)$ e $\sigma(b_h, a)$). Para o cálculo do índice de credibilidade, outros parâmetros precisam ser definidos ou calculados, sendo eles o peso w_j dos critérios, a avaliação do desempenho nos critérios $g_j(a) \forall a (a = \{1, 2, \dots, A\})$, os limiares de preferência $p_j(b_h)$, indiferença $q_j(b_h)$ e o veto $v_j(b_h)$ (CERTA et al., 2017). O limiar de preferência $p_j(b_h)$ especifica a maior diferença $g_j(a) - g_j(b_h)$ que se mantém a preferência de a em relação a b_h no critério g_j ; o limiar de indiferença $q_j(b_h)$ representa a menor diferença $g_j(a) - g_j(b_h)$ em que se mantem a indiferença entre a e b_h no critério g_j ; e o limiar veto $v_j(b_h)$ representa a menor diferença $g_j(b_h) - g_j(a)$ que anula completamente a afirmação de que aSb_h (CERTA et al., 2017; MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000). Para definir

o grau de credibilidade, seguem-se os seguintes passos (MOUSSEAU; FIGUEIRA; NAUX, 2001):

1. Calcular os índices de concordância parcial $c_j(a, b_h) \forall j \in F$, por meio da Equação (1).

$$c_j(a, b_h) = \begin{cases} 0, & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) \geq p_j(b_h) \\ 1, & \text{se } (b_h) - g_j(a) \leq q_j(b_h) \\ \frac{p_j(b_h) + g_j(a) - g_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)}, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (1)$$

2. Calcular o índice de concordância global $c(a, b_h)$ por meio da Equação (2).

$$C(a, b_h) = \frac{\sum_{j=1}^n w_j \times c_j(a, b_h)}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (2)$$

3. Calcular o índice de discordância $d_j(a, b_h) \forall j \in F$, por meio da Equação (3).

$$d_j(a, b_h) = \begin{cases} 0, & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) \leq p_j(b_h) \\ 1, & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) > v_j(b_h) \\ \frac{g_j(b_h) - g_j(a) - p_j(b_h)}{v_j(b_h) - p_j(b_h)}, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (3)$$

4. Calcular o índice de credibilidade $\sigma(a, b_h)$ da relação de sobreclassificação, por meio da Equação (4)

$$\sigma(a, b_h) = c(a, b_h) \times \prod_{j \in F} \frac{1 - d_j(a, b_h)}{1 - c(a, b_h)} \quad (4)$$

$$\text{Onde } F = \{j \in F : d_j(a, b_h) > c(a, b_h)\}$$

Encontrado o grau de credibilidade, é necessário então introduzir um nível de corte λ (com $\lambda \in [0.5, 1]$) (FONTANA; NEPOMUCENO, 2017) para identificar as relações de sobreclassificação ou superação. O nível de corte λ indica o menor grau de credibilidade $\sigma(a, b_h)$ que permite afirmar que a alternativa supera o limite de uma categoria. A Figura 15 ilustra os procedimentos de comparação utilizados. Os valores de $\sigma(a, b_h)$, $\sigma(b_h, a)$ e λ determinam a situação de preferência entre a e b_h a partir das seguintes comparações (MOUSSEAU; FIGUEIRA; NAUX, 2001):

- a) Se $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda$, tem-se que aSb_h e b_hSa , então a é indiferente a b_h (aIb_h);
- b) Se $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda$, tem-se que aSb_h e não b_hSa , então a é preferível a b_h (aSb_h);
- c) Se $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda$, tem-se que aSb_h e b_hSa , então b_h é preferível a a (b_hSa);
- d) Se $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda$, tem-se que aSb_h e não b_hSa , então a é incomparável a b_h (aRb_h). A Figura 15 ilustra estas comparações.

Figura 15 – Definição das relações de preferência S , I e R

Onde " R " representa a incomparabilidade, " I " indiferença e " $>$ " ou " $<$ " representa relações de superação (S).

Fonte: Certa et al. (2017).

Desta forma, para designar as alternativas a uma categoria, o método ELECTRE TRI utiliza dois passos, sendo eles: (1) Desenvolvimento de uma relação de superação S a partir da comparação entre cada alternativa e os limites das categorias; (2) Exploração da relação S para atribuir cada alternativa a uma categoria específica (CERTA et al., 2017; MOUSSEAU; FIGUEIRA; NAUX, 2001; MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000). O primeiro passo pode ser obtido a partir do cálculo do nível de credibilidade e da construção das relações de preferencia. Para o segundo passo, é preciso explorar as relações de sobreclassificação para atribuir as alternativas às classes predefinidas. Para tanto, dois procedimentos de atribuição podem ser aplicados, sendo eles o pessimista e o otimista (CERTA et al., 2017).

O procedimento pessimista consiste em comparar cada alternativa sucessivamente com os limites b_i , sendo $i = p, p - 1, \dots, 0$, de modo que, b_h sendo a primeira fronteira encontrada

tal que aSb_h , deve-se atribuir a alternativa na categoria C_{h+1} (CERTA et al., 2017; MOUSSEAU; FIGUEIRA; NAUX, 2001; MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000). Quando se usa tal procedimento com $\lambda = 1$, a designação de uma alternativa à categoria C_h ocorrerá somente se $g_j(a)$ for igual ou maior que $g_j(b_h)$ para cada critério (MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000).

O procedimento otimista compara a alternativa sucessivamente com as fronteiras b_i , sendo $i = 1, 2, \dots, p + 1$, de modo que, b_h sendo o primeiro limite encontrado tal que $b_h > a$, deve-se atribuir a alternativa na categoria C_h (CERTA et al., 2017; MOUSSEAU; FIGUEIRA; NAUX, 2001; MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000). Quando se usa tal procedimento com $\lambda = 1$, uma alternativa a poderá ser atribuída à categoria C_h somente quando $g_j(b_h)$ excede $g_j(a)$ em pelo menos um critério (MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000).

Embora o ELECTRE TRI seja um método bastante utilizado para a categorização de fornecedores, sabe-se que ele não é capaz de lidar com a tomada de decisão em grupo sem o uso de algum outro método ou técnica que possa agregar as opiniões dos tomadores de decisão. As próximas seções abordarão a tomada de decisão em grupo, com foco nas representações linguísticas, conjuntos e técnicas de interesse desta tese.

3.1.2 Teoria dos conjuntos *Fuzzy*

No mundo real, os problemas de tomada de decisão geralmente são incertos, devido à falta de informação ou à incerteza proveniente da informação subjetiva (HERRERA; MARTÍNEZ, 2001; MARDANI; JUSOH; ZAVADSKAS, 2015). Neste cenário, a teoria dos conjuntos *fuzzy* descrita por Zadeh (ZADEH, 1965) oferece um caminho natural para o mapeamento das relações existentes entre um *conjunto fuzzy* e seus subconjuntos (NGUYEN, 1978), auxiliando na modelagem de problemas que envolvem informações qualitativas (WANG, 2010) e que não são quantificáveis por natureza (HERRERA; MARTÍNEZ, 2001). Medidas baseadas em *fuzzy* podem representar um conceito imprecisamente conhecido (embora bem definido) ou um conceito que é vagamente percebido, como no caso de uma variável linguística (MORETTI; ÖZTÜRK; TSOUKIÀS, 2016). Um conjunto *fuzzy* é uma classe de objetos caracterizada por uma função de pertinência por meio da qual se atribui o grau de inclusão dos objetos (ZADEH, 1965). Diferentemente da teoria clássica, em lógica *fuzzy* os objetos podem estar parcialmente incluídos em um ou mais conjuntos, simultaneamente. Com vista a estes benefícios, ao longo dos anos, inúmeros métodos foram propostos na literatura,

baseado na teoria dos conjuntos *fuzzy* (MARDANI; JUSOH; ZAVADSKAS, 2015). A próxima seção apresenta as definições básicas e conceitos que dão base para os métodos baseados na teoria dos conjuntos *fuzzy*.

3.2.1.1 Principais Definições e Conceitos

Definição (BELLMAN; ZADEH, 1970; ZADEH, 1965): Seja X o universo de discurso e x um elemento de X . Um conjunto A em X é caracterizado por uma função pertinência $\mu_A(x)$ que associa cada ponto x em X a um valor real no intervalo $[0,1]$ que representa o grau de inclusão de x em A . Deste modo, $\mu_A(x)$ pode assumir qualquer valor real, dentro do intervalo $[0,1]$, sendo que, se $\mu_A(x) = 0$, x não pertence ao conjunto A , entretanto, se $\mu_A(x) = 1$, x está totalmente incluso no conjunto A . Assim, têm-se $\forall x \in X, A = \{(x, \mu_A(x))\}$. A função pertinência $\mu_A(x)$ não representa uma função de probabilidade, pois o conceito de conjuntos *fuzzy* é totalmente não estatístico por natureza (ZADEH, 1965).

As funções de pertinência mais simples e eficientes são as triangulares, trapezoidais e gaussianas (CHEN; PHAM, 2000). Nestas funções, o grau de pertencimento apresenta um comportamento similar a um triângulo, um trapézio e a curva de Gauss, respectivamente. Dentre as mais utilizadas, destaca-se as funções de pertinência triangulares que representa todo $x_i \in X$ é dada pela Equação (5).

$$\mu_A(x_i) = \begin{cases} 0, & \text{if } x_i \leq a \\ \frac{x_i - a}{m - a}, & \text{if } x_i \in [a, m] \\ \frac{b - x_i}{b - m}, & \text{if } x_i \in [m, b] \\ 0, & \text{if } x_i \geq b \end{cases} \quad (5)$$

Em que a, m e b são vértices de um número *fuzzy* triangular, em que a representa o vértice inferior, m o vértice intermediário e b o vértice superior, conforme Figura 16.

Figura 16 - Número *fuzzy* triangular.

Bellman, Zadeh (1970) e Zadeh (1965) definiram as seguintes propriedades e operações matemáticas que se aplicam a todos os conjuntos *fuzzy*:

- a) Normalidade: Um conjunto *fuzzy* é normal, se e somente se, existir ao menos um elemento com $\mu_A(x) = 1$.
- b) Igualdade: Dois conjuntos *fuzzy* A e B são iguais, se e somente se, $\forall x \in X$, $f_A(x) = f_B(x)$.
- c) Complemento: O conjunto complementar de A , denotado A' , é definido por $f_{A'} = 1 - f_A$.
- d) Convexidade: Um conjunto *fuzzy* A é dito convexo, se e somente se, $\forall x_1$ e $x_2 \in X$ e $\forall \lambda \in [0,1]$, $f_A(x)[\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2] \geq \text{Min}[f_A(x_1), f_A(x_2)]$.
- e) Interseção e União: A interseção e a união entre dois conjuntos *fuzzy* A e B é obtida por meio das respectivas operações: $A \cap B = \text{Min}(\mu_A(x), \mu_B(x))$, $\forall x \in X$ e $A \cup B = \text{Max}(\mu_A(x), \mu_B(x))$, $\forall x \in X$.
- f) Seja $A = (a_1, b_1, c_1)$ e $B = (a_2, b_2, c_2)$ dois números *fuzzy* triangulares. Para $a_1 \geq 0$ e $a_2 \geq 0$, as operações algébricas de adição, multiplicação, subtração, divisão, inverso, multiplicação e divisão por uma constante, são dados e pela Equação (6) a (12), respectivamente, como se segue:

$$A + B = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \quad (6)$$

$$A \times B = (a_1 \times a_2, b_1 \times b_2, c_1 \times c_2) \quad (7)$$

$$A - B = (a_1 - c_2, b_1 - b_2, a_1 - c_2) \quad (8)$$

$$A \div B = (a_1 \div c_2, b_1 \div b_2, a_1 \div c_2) \quad (9)$$

$$A^{-1} = \left(\frac{1}{a_1}, \frac{1}{b_1}, \frac{1}{c_1}\right) \quad (10)$$

$$A \times k = (a_1 \times k, b_1 \times k, c_1 \times k) \quad (11)$$

$$\frac{A}{k} = \left(\frac{a_1}{k}, \frac{b_1}{k}, \frac{c_1}{k}\right) \quad (12)$$

Em problemas de tomada de decisão multicritério, os valores de desempenho em cada critério e seus respectivos pesos, normalmente, são caracterizados por números *fuzzy*, isto é, por

um conjunto *fuzzy* convexo, definido por um determinado intervalo de números reais, cujo valor de pertinência está entre 0 e 1 (ASHTIANI et al., 2009). Nas próximas seções serão apresentados alguns métodos de tomada de decisão em grupo que são extensões da teoria dos conjuntos *fuzzy* e que serão aplicados nesta pesquisa.

3.2 BREVE CONTEXTO DA TOMADA DE DECISÃO EM GRUPO

Os sistemas de apoio à decisão de grupo se tornaram uma área de pesquisa popular a partir da década de 1980 (KORHONEN; MOSKOWITZ; WALLENIUS, 1992). Isso ocorreu, pois, as decisões se tornaram ainda mais desafiadoras quando passaram a ser realizadas conjuntamente ou negociadas por muitos tomadores de decisão, cada uma com seus próprios pontos de vista e preferências (ALMEIDA; WACHOWICZ, 2017).

Na literatura há duas vertentes quando se considera que um grupo deve participar de uma decisão: a tomada de decisão em grupo e a negociação (ALMEIDA, 2012; KILGOUR; CHEN; HIPEL, 2010). Ambas representam um campo acadêmico e profissional que tem como objetivo auxiliar os indivíduos dos grupos a interagir e colaborar para chegar a uma decisão coletiva (KILGOUR; CHEN; HIPEL, 2010).

A tomada de decisão em grupo (GDM – *Group Decision Making*) consiste em um processo onde há dois ou mais especialistas, com preferências e conhecimento diferentes, envolvidos no julgamento de algumas alternativas para se obter uma decisão que represente uma solução coletiva (MATA; CHICLANA, 2005; RODRÍGUEZ; MARTÍNEZ; HERRERA, 2013; WANG; XU, 2016; ŽAK; FIEREK; KRUSZYŃSKI, 2014). Na negociação, dois ou mais tomadores de decisão estão buscando atingir seus objetivos por meio de um acordo que possa levar em consideração interesses comuns e pontos de vista diferentes (ALMEIDA, 2012; KILGOUR; CHEN; HIPEL, 2010). A principal diferença entre elas é que na tomada de decisão do grupo os tomadores de decisão devem fazer uma escolha assumindo alguma responsabilidade; na negociação, os tomadores de decisão podem fazer uma escolha coletiva ou podem não ter nenhuma escolha (KILGOUR; CHEN; HIPEL, 2010). De um modo geral, abordagens voltadas para a negociação buscam determinado grau de concordância entre os tomadores de decisão, enquanto as técnicas de tomada de decisão em grupo buscam alcançar a melhor solução de acordo com os julgamentos obtidos (GARCÍA et al., 2012).

A literature apresenta diversos artigos que lidam com a tomada de decisão em grupo e negociação, incluindo abordagens de agregação e consenso (ALENCAR; ALMEIDA, 2008;

COSTA et al., 2003; LEYVA-LÓPEZ; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 2003; MACHARIS; BRANS, 1998; MORAIS; DE ALMEIDA, 2012; PARREIRAS; EKEL; MORAIS, 2012) votação (HADI-VENCHEH; NIAZI-MOTLAGH, 2011; LIU; HAI, 2005), teoria dos jogos (LEONETI, 2016), *intuitionistic fuzzy sets* (BORAN et al., 2009; IZADIKHAH, 2012; KHALEIE; FASANGHARI, 2012; LIU, 2013; WANG; XU, 2016; WEI; ZHAO; LIN, 2010; YU, 2012, 2013a; ZENG, 2013), *hesitant fuzzy* (DARABI; HEYDARI, 2016; GITINAVARD; MOUSAVI; VAHDANI, 2016; KAHRAMAN; OZTAYSI; ONAR, 2016b; RODRÍGUEZ; MARTÍNEZ; HERRERA, 2013; WANG; XU, 2016; XIA; XU; CHEN, 2013; YU; ZHANG; XU, 2013) *fuzzy 2-tuple* (BALEŽENTIS; BALEŽENTIS, 2011; CHEN; BEN-ARIEH, 2006; RAO et al., 2016; WANG, 2010; WEI; ZHAO, 2012), *interval type-2 fuzzy sets* (LIU; LIU; QIN, 2018; QIN; LIU; PEDRYCZ, 2017a, 2017b), entre outros. Outras técnicas clássicas que também pode apoiar o processo de tomada de decisão em grupo são o *brainstorming*, *nominal group technique*, método Delphi e a votação (KILGOUR; CHEN; HIPEL, 2010).

Quando se aplicam técnicas e métodos, a tomada de decisão em grupo requer a agregação ponderada de todas as decisões individuais para obter uma única decisão coletiva (IZADIKHAH, 2012) e envolve dois procedimentos principais, sendo eles a avaliação individual das alternativas por cada um dos tomadores de decisão e a atribuição de pesos para cada critério avaliado (YUE, 2013). Entretanto, combinar a tomada de decisão multicritério com a tomada de decisão em grupo pode tornar o problema complexo, especialmente quando o objetivo é alcançar decisões de qualidade, de forma coletiva e transparente (DE MORAIS BEZERRA; MELO; COSTA, 2014).

Somada à complexidade da tomada de decisão multicritério com a decisão em grupo, os julgamentos dos tomadores de decisão podem ser imprecisos, com informações não quantificáveis ou incompletas (YUE, 2014). Para lidar com esse tipo de problema, generalizações dos conjuntos *fuzzy* têm sido propostas para lidar com a tomada de decisão em grupo (AI; YANG; ZHANG, 2014). Técnicas baseadas em conjuntos *fuzzy* estão entre as ferramentas mais aceitas para lidar com incertezas subjetivas (WANG; XU, 2016) e nos últimos anos, várias ferramentas fuzzy foram sugeridas e representam ótimas opções para apoiar o processo de tomada de decisão (MARDANI; JUSOH; ZAVADSKAS, 2015). Dentre as técnicas sugeridas na literatura relativa à tomada de decisão em grupo, também se destacam pesquisas que utilizam técnicas baseadas nos conjuntos *fuzzy*, em especial nas representações linguísticas *Hesitant Fuzzy* e *Intuitionistic Fuzzy*. O uso destas representações linguísticas tem se tornado crescente devido à capacidade delas em lidar com incertezas, subjetividade, hesitação e agregação de julgamentos. As próximas seções apresentarão as definições destas

duas técnicas, assim como as definições do *fuzzy* Delphi, que também é um método bastante utilizado em tomada de decisão em grupo.

3.2.2 *Hesitant Fuzzy e Triangular Hesitant Fuzzy*

A representação linguística *Hesitant Fuzzy (HF)* foi proposta por Torra (2010) e se tornou bastante aplicada ao problema da seleção de fornecedores devido à sua capacidade de lidar com incerteza e agregação de julgamentos de múltiplos tomadores de decisão (CHAI; LIU; NGAI, 2013; KAHRAMAN; OZTAYSI; ONAR, 2016b; ZHANG; WEI, 2013). Além de permitir que os tomadores de decisão hesitem na avaliação das alternativas, esta representação linguística possui operadores específicos para agregação de avaliações de vários tomadores de decisão (RODRIGUEZ *et al.*, 2013). Em um conjunto *fuzzy* tradicional, um elemento é avaliado usando um termo linguístico, porém, quando há discordância ou hesitação na escolha deste termo, os conjuntos *fuzzy* tradicionais apresentam algumas limitações (KAHRAMAN; OZTAYSI; ONAR, 2016b; YU; ZHANG; XU, 2013). Um conjunto *fuzzy hesitant* (HFS, *Hesitant Fuzzy Sets*) é uma generalização dos conjuntos *fuzzy* de Zadeh (1965), sendo caracterizado pela associação de um elemento a um conjunto com vários possíveis termos linguísticos (YU; ZHANG; XU, 2013).

Seja X um conjunto de referência, um conjunto HFS $\tilde{E}$ é definido em X em termos de uma função h que, quando aplicada a X , retorna um subconjunto com valores em $[0, 1]$ (TORRA, 2010; YU; ZHANG; XU, 2013). Matematicamente, é representado por (KAHRAMAN; OZTAYSI; ONAR, 2016b; TORRA, 2010; YU; ZHANG; XU, 2013):

$$\tilde{E} = \{ \langle x, \tilde{h}_{\tilde{E}}(x) \mid x \in X \rangle \} \quad (13)$$

Em que $\tilde{h}_{\tilde{E}}(x)$ representa o elemento *hesitant fuzzy* (HFE, *Hesitant Fuzzy Element*) que corresponde a um subconjunto finito de valores em $[0, 1]$ do elemento x em X (TORRA, 2010). Um HFS é um conjunto de HFEs e por meio dos HFS os tomadores de decisão são capazes de expressar seus julgamentos a partir de um ou mais termos linguísticos HFLTS (*Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets*) (RODRIGUEZ; MARTINEZ; HERRERA, 2012). Além dos termos linguísticos, expressões linguísticas podem ser utilizadas. Por exemplo, uma expressão linguística para um julgamento pode ser do tipo menor que médio, maior que alto ou entre baixo e alto. Contudo, tais expressões que são fornecidas pelos especialistas devem ser transformadas em HFLTS (RODRIGUEZ; MARTINEZ; HERRERA, 2012). Essas expressões linguísticas ativam diferentes termos linguísticos, como ilustrado na Figura 17.

Figura 17 - Exemplos de expressões linguísticas e HFLTS ativados.

Seja $M = \{\mu_1, \dots, \mu_N\}$ um conjunto de N funções de pertinência. Então, um conjunto HFS associado com M , isto é h_M , é definido como na Equação (14). Essa definição permite representar a saída de sistemas baseados em regras fuzzy, em termos de conjuntos HFS (TORRA, 2010).

$$h_M(x) = \bigcup_{\mu \in M} \{\mu(x)\} \quad (14)$$

Seja h , h_1 e h_2 três HFEs, Torra (2010) definiu algumas operações que podem ser descritas pela Equação (15) a (21). (XIA; XU, 2011a).

$$h^c = (\cup_{\gamma \in h} \{1 - \gamma\}) \quad (15)$$

$$h_1 \cup h_2 = (\cup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \max\{\gamma_1, \gamma_2\}) \quad (16)$$

$$h_1 \cap h_2 = (\cap_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \min\{\gamma_1, \gamma_2\}) \quad (17)$$

$$h^\lambda = (\cup_{\gamma \in h} \{\gamma^\lambda\}) \quad (18)$$

$$\lambda h = (\cup_{\gamma \in h} \{1 - (1 - \gamma)^\lambda\}) \quad (19)$$

$$h_1 \oplus h_2 = (\cup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \{\gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_1 \gamma_2\}) \quad (20)$$

$$h_1 \otimes h_2 = \cup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \{\gamma_1 \gamma_2\} \quad (21)$$

Torra (2010) apresentou todas as definições, propriedades e operações básicas que evidenciam a consistência matemática dos conjuntos HFS. Baseados nas definições propostas por Torra (2010), Xia e Xu (2011) definiram algumas operações para obter a agregação das preferências coletivas usando *hesitant fuzzy*. Contudo, um dos problemas verificados nos operadores do *hesitant fuzzy* está no uso de um único vértice, o vértice central, para representar o valor *crisp*⁵ do termo linguístico. Deste modo, quando são usados termos das extremidades, a agregação tende a ser tendenciosa para o respectivo termo. A partir da observação dessas desvantagens do tradicional HFS, Yu (2013) propôs o uma extensão, conhecido como *Triangular Fuzzy Hesitant Fuzzy Sets* (TFHFS), que utiliza todos os vértices dos termos linguísticos para representa-los. Neste método, a função $\tilde{f}_{\tilde{E}}(x)$ é baseada em valores *fuzzy* triangulares. Seja $\tilde{E}$ um conjunto HFS, tal que $\tilde{E} = \{\langle x, \tilde{f}_{\tilde{E}}(x) \rangle | x \in X\}$. Seja também $\tilde{f}_{\tilde{E}}(x)$ um conjunto de números triangulares *fuzzy* que expressa grau de inclusão do elemento $x \in X$ para o conjunto $\tilde{E}$. O elemento *triangular fuzzy hesitant* (TFHFE, *triangular fuzzy hesitant element*) é representado como:

$$\tilde{f}_{\tilde{E}}(x_i) = \{(\tilde{\xi}^L, \tilde{\xi}^M, \tilde{\xi}^U) | \tilde{\xi} \in \tilde{f}_{\tilde{E}}(x_i)\} \quad (22)$$

Em que $\tilde{\xi}$ é um número *triangular fuzzy* (TFN, *Triangular Fuzzy Numbers*), $\tilde{\xi}^L, \tilde{\xi}^M$ e $\tilde{\xi}^U$ são, respectivamente, os valores inferior, médio e superior do TFN. Baseado nos operadores propostos por Xia e Xu (2011), Yu (2013) propôs alguns operadores de agregação para o TFHFEs. Um destes operadores é o *Triangular Fuzzy Hesitant Weighted Averaging* (TFHFWA), utilizado nesta pesquisa. Seja $\tilde{f}_j (j = 1, 2, \dots, n)$ uma coleção de TFHFEs com $w_j \in [0, 1]$ e $\sum_{j=1}^n w_j = 1$. O operador TFHFWA é dado pela Equação (23).

⁵ Valor *crisp*: Refere-se ao valor numérico de uma variável linguística.

$$\begin{aligned}
TFHFWA(\tilde{f}_1, \tilde{f}_2, \dots, \tilde{f}_n) &= \bigoplus_{j=1}^n (w_j \tilde{f}_j) = \\
&= \{(1 - \prod_{j=1}^n (1 - \xi^L)^{w_j}), 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \xi^M)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \xi^U)^{w_j}\} \quad (23) \\
&|\xi_1 \in \tilde{f}_1, \xi_2 \in \tilde{f}_2, \dots, \xi_n \in \tilde{f}_n\},
\end{aligned}$$

Em que $w_j = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ é o vetor que representa o peso tal que $w_j > 0$. Outro o operador importante é o *Triangular Fuzzy Hesitant Fuzzy Weighted Geometric* (TFHFWG), que também é baseado nos operadores propostos por Xia e Xu (2011), e é definido na Equação (24):

$$\begin{aligned}
TFHFWG(\tilde{f}_1, \tilde{f}_2, \dots, \tilde{f}_n) &= \bigoplus_{j=1}^n (w_j \tilde{f}_j) = \\
&= \{(\prod_{j=1}^n (\xi^L)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (\xi^M)^{w_j}, \prod_{j=1}^n (\xi^U)^{w_j}) | \xi_1 \in \tilde{f}_1, \xi_2 \in \tilde{f}_2, \dots, \xi_n \in \tilde{f}_n\} \quad (24)
\end{aligned}$$

Além dos operadores TFHFWA e TFHFWG, uma série de outros operadores também foram propostos por Yu (2013) e podem ser verificados em sua pesquisa. Para a defuzzificação do número *triangular fuzzy hesitant*, Yu (2013) utiliza a Equação (25) proposta por Lee e Li (1988).

$$\tilde{f}_j = \frac{l_j + (m_j * 2) + u_j}{4} \quad (25)$$

Em que l_j é o valor do menor vértice resultante da agregação, m_j é o vértice central e u_j representa o valor do vértice superior, com $(j = 1, 2, \dots, n)$.

3.2.3 Intuitionistic Fuzzy

Os conjuntos *Intuitionistic Fuzzy* (IFS, *Intuitionistic Fuzzy Sets*) são uma extensão da teoria dos conjuntos *fuzzy* proposta por Zadeh (1965) e foram introduzidos por Atanassov (1986). IFS são adequados para lidar com informações vagas, pois oferecem funções para medir o grau de precisão nos graus de pertinência de cada alternativa em relação a um conjunto de critérios (BALI; GÜMÜŞ; DAĞDEVIREN, 2010). Diferentemente dos conjuntos *fuzzy* tradicionais, IFS apresentam funções de pertencimento (ou pertinência), de não pertencimento e um grau de hesitação, o que permite descrever o caráter subjetivo dos dados de forma mais abrangente (IZADIKHAH, 2012; MONTAJABIHA, 2016).

Seja X o universo de discurso, um conjunto *Intuitionistic Fuzzy* (IFS) A pode ser representado de acordo com a Equação (26), onde $\mu_A(x) \in [0, 1]$ representa o grau de pertencimento, $\nu_A(x) \in [0, 1]$ o grau de não pertencimento do elemento x , tal que, $0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1, \forall x \in X$ (ATANASSOV, 1986; MONTAJABIHA, 2016; XU, 2007; YUE, 2014).

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle | x \in X \} \quad (26)$$

Cada IFS apresenta um grau de hesitação (ou incerteza) associada ao grau de pertencimento do elemento que é denominado $\pi_A(x)$ e pode ser obtido pela Equação (27) (MONTAJABIHA, 2016; XU, 2010; YUE, 2014).

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x) \quad (27)$$

Por conveniência, os números intuicionistas podem ser representados como $\alpha = (\mu_\alpha, \nu_\alpha)$, onde $\mu_\alpha \in [0, 1]$, $\nu_\alpha \in [0, 1]$, e $\mu_\alpha + \nu_\alpha \leq 1$ (XU, 2007, 2010). Seja $\alpha = (\mu_\alpha, \nu_\alpha)$ e $\beta = (\mu_\beta, \nu_\beta)$ valores de números pertencentes a um conjunto *intuitionistic fuzzy*, para que operações sejam realizadas entre tais valores, Atanassov (1986) e De, Biswas e Roy (2000) propuseram as operações evidenciadas nas Equações (28) a (31).

$$\lambda\alpha = (1 - (1 - \mu_\alpha)^\lambda, \nu_\alpha^\lambda), \lambda > 0 \quad (28)$$

$$\alpha^\lambda = (\mu_\alpha^\lambda, 1 - (1 - \nu_\alpha)^\lambda), \lambda > 0 \quad (29)$$

$$\alpha \oplus \beta = (\mu_\alpha + \mu_\beta - \mu_\alpha \cdot \mu_\beta, \nu_\alpha \cdot \nu_\beta) \quad (30)$$

$$\alpha \otimes \beta = (\mu_\alpha \cdot \mu_\beta, \nu_\alpha + \nu_\beta - \nu_\alpha \cdot \nu_\beta) \quad (31)$$

Para que os conjuntos *intuitionistic fuzzy* pudessem ser aplicados na tomada de decisão em grupo, Xu (2007) propôs alguns operadores de agregação. Seja $r_{ij} = (\mu_{A_i}(x_j), \nu_{A_i}(x_j), \pi_{A_i}(x_j))$ a avaliação de um tomador de decisão $DM_k (k = 1, 2, \dots, d)$ de uma alternativa $A_i = (i = 1, 2, \dots, m)$ nos critérios $C_j (j = 1, 2, \dots, n)$. A expressão que representa um dos operadores propostos por Xu (2007), o *Intuitionistic Fuzzy Weighted Averaging (IFWA)*, é evidenciada na Equação (32).

$$r_{ij} = IFWA_{\delta_{jk}}(r_{ij}^{(1)}, r_{ij}^{(2)}, \dots, r_{ij}^{(d)}) = [1 - \prod_{k=1}^d (1 - \mu_j^{(k)})^{\delta_{jk}^{(k)}}, \prod_{k=1}^d (\nu_j^{(k)})^{\delta_{jk}^{(k)}}, \prod_{k=1}^d (1 - \mu_j^{(k)})^{\delta_{jk}^{(k)}} - \prod_{k=1}^d (\nu_j^{(k)})^{\delta_{jk}^{(k)}}] \quad (32)$$

Em que $\delta_j^{(k)}$ representa o peso do tomador de decisão, para cada critério j , que pode ser obtido através da Equação (33), onde $\sum_{k=1}^t \delta_j^{(k)} = 1$ (BALI; GÜMÜŞ; DAĞDEVİREN, 2010).

$$\delta_{jk} = \frac{\mu_j^{(k)} / (\mu_j^{(k)} + \nu_j^{(k)})}{\sum_{k=1}^l (\mu_j^{(k)} / (\mu_j^{(k)} + \nu_j^{(k)}))} \quad (33)$$

De forma similar, quando os pesos dos critérios não são valores fixos, para a obtenção dos mesmos, podem-se usar os operadores de agregação propostos por Xu (2007). A Equação (34) exemplifica a aplicação do operador de agregação IFWA.

$$w_j = IFWA_{\delta jk}(w_j^{(1)}, w_j^{(2)}, \dots, w_j^{(d)}) = [1 - \prod_{k=1}^d (1 - \mu_j^{(k)})^{\delta j^{(k)}}, \prod_{k=1}^d (v_j^{(k)})^{\delta j^{(k)}}, \prod_{k=1}^d (1 - \mu_j^{(k)})^{\delta j^{(k)}} - \prod_{k=1}^d (v_j^{(k)})^{\delta j^{(k)}}] \quad (34)$$

Em que $w_j = (\mu_{A_i}(x_j), \nu_{A_i}(x_j), \pi_{A_i}(x_j))$ pertence a um conjunto *intuitionistic fuzzy*. Outros operadores de agregação podem ser encontrados na pesquisa de Xu (2007).

3.2.4 Fuzzy Delphi

O *Fuzzy Delphi* foi apresentado por Kaufmann e Gupta (1988) e desenvolvido por Ishikawa et al. (1993). Trata-se de um método derivado da combinação entre o Delphi proposto por Dalkey e Helmer (1963) e a teoria dos conjuntos *fuzzy* de Zadeh (1965) (TAHRIRI et al., 2014). A proposta de combinar as duas abordagens tinha por objetivo melhorar os resultados (CHANG; WANG, 2006), lidar com problemas como a baixa convergência quanto às opiniões dos especialistas e reduzir o tempo e custo de execução (STEFANO; CASAROTTO FILHO; DUARTE, 2014; TAHRIRI et al., 2014). Além disso, de acordo com Ishikawa et al. (1993), alguns pontos do método tradicional precisavam de revisão para garantir que estrutura qualitativa das respostas pudesse ser adequadamente analisada e para tornar a pesquisa menos dispendiosa devido às várias repetições necessárias.

Trata-se de uma técnica de comunicação estruturada, originalmente desenvolvida como um método iterativo, que depende de um painel de especialistas (ROY; GARAI, 2012). Para aplicação do método, um questionário é dado para cada tomador de decisão que deve determinar os possíveis critérios de avaliação e o grau de importância de cada critério de avaliação (SULTANA; AHMED; AZEEM, 2015). Para a execução do método, quatro passos são realizados, sendo eles (CHEN; WANG, 2010; KUO; CHEN, 2008; LIN, 2013; STEFANO; CASAROTTO FILHO; DUARTE, 2014; WANG; DURUGBO, 2013):

Passo 1: Um painel de especialistas deve ser organizado para a aplicação dos questionários, de modo que possam expressar suas opiniões sobre o grau de importância de cada critério pertencentes a um conjunto S . O resultado desta avaliação é denominado como $R_{ik}, i \in S$, para todo critério i avaliado por todo especialista k .

Passo 2: Deve-se organizar os dados coletados a partir de um questionário e determinar os números *fuzzy* triangular em um índice $O_i = (L_i, M_i, U_i)$ para cada critério i , onde L_i representa o menor valor de avaliação, M_i é obtido a partir do cálculo da média geométrica das avaliações e U_i é dado pela maior avaliação realizada pelos especialistas, conforme a Equação (35) a (37).

$$L_i = \min(R_{ik}) \quad (35)$$

$$M_i = (R_{i1} \times R_{i2} \times \dots \times R_{ik})^{\frac{1}{k}} \quad (36)$$

$$U_i = \max(R_{ik}) \quad (37)$$

Passo 3: Obtidos os números *fuzzy* triangulares, a defuzzificação baseada no Centro de Área (COA) é utilizado para calcular o valor de desempenho G_i , conforme Equação (38). Se necessário, novos números triangulares são gerados e suas médias são calculadas, até se aproximarem razoavelmente.

$$G_i = \frac{(U_i - L_i) + (M_i - L_i)}{3} + L_i \quad (38)$$

Passo 4: Analisar e filtrar os critérios de avaliação, por meio da definição de um limite α tal que, se $G_i \geq \alpha$, a alternativa é selecionada; se $G_i < \alpha$, a alternativa é eliminada.

4 PROPOSTA DE MODELO DE TOMADA DE DECISÃO

Este capítulo apresenta o modelo proposto para tomada de decisão que busca considerar os processos de qualificação, seleção e avaliação para o desenvolvimento de fornecedores. O modelo é baseado em um conjunto de etapas que vão desde a definição dos parâmetros e coleta das informações até a agregação e categorização das alternativas. Para isso, dois métodos serão propostos com o objetivo de considerar, simultaneamente, os requisitos da decisão descritos na seção a seguir.

4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO PROBLEMA E PROCEDIMENTOS DOS MÉTODOS

O procedimento de tomada de decisão aqui descrito tem por objetivo a proposição de técnicas que possam ser adequadas para a qualificação (pré-seleção), seleção e avaliação de fornecedores. Deste modo, para a aplicação do modelo e suas respectivas técnicas, considerou-se a necessidade de contemplar as seguintes características:

- a) Uso de avaliação linguística para o grau de importância dos tomadores de decisão e dos critérios e para avaliação do desempenho das alternativas;
- b) Uso de métodos não compensatórios, para evitar que o desempenho ruim em um critério fosse ofuscado pelo bom desempenho em outro(s);
- c) Uso de técnicas de categorização de fornecedores, para garantir níveis mínimos de desempenho em cada categoria;
- d) Uso de técnicas que pudessem considerar a hesitação;
- e) Uso de métodos de tomada de decisão em grupo para obtenção da opinião coletiva.

Como se pode observar nos capítulos anteriores, na literatura não foram encontrados técnicas ou métodos que modelassem todas essas características. Diante deste cenário, destaca-se que a proposta deste modelo tem por objetivo acrescentar uma nova perspectiva à literatura para que situações que exigem a consideração dessas características possam ser adequadamente modeladas. Sabe-se que cada problema de tomada de decisão reúne um conjunto de características próprias. Desta forma, a proposição de técnicas que possam lidar com diferentes situações contribui não só com a literatura de apoio à tomada de decisão, mas também oferecem uma alternativa para aplicações reais destes métodos.

Duas proposições de técnicas serão sugeridas no capítulo para lidar com as características, gerando dois modelos de tomada de decisão. Em ambas as proposições o procedimento do modelo pode ser dividido em cinco passos, conforme Figura 18.

Figura 18 - Procedimento do modelo de tomada de decisão.

Fonte: Elaborada pela autora.

Todas as atividades do primeiro passo serão realizadas a partir da aplicação do método *Fuzzy Delphi*, para a eliciação das preferências, combinado com operadores de agregação de duas representações linguísticas, para o cálculo dos pesos dos tomadores de decisão, sendo elas: o *Hesitant Fuzzy* ou o *Intuitionistic Fuzzy*. A escolha do *fuzzy Delphi* para a eliciação das preferências se justifica por se tratar de uma técnica estruturada, que busca coletar os dados para determinar e calcular os possíveis critérios de avaliação e o grau de importância de cada um deles. Dentre os benefícios do *fuzzy Delphi*, destaca-se que, apesar de se tratar de uma técnica que envolve operações matemáticas, não desconsidera a busca pela concordância dos tomadores de decisão diante dos resultados obtidos. Além disso, o segundo benefício encontrado foi a facilidade em utilizar os operadores de agregação das duas representações linguísticas utilizadas, *Triangular Hesitant Fuzzy* e *Intuitionistic Fuzzy*, para agregar os julgamentos obtidos.

Na eliciação de preferências, obtém-se os critérios e os pesos dos tomadores de decisão. Tais tomadores de decisão devem avaliar o grau de importância dos critérios e o desempenho das alternativas. No passo seguinte, os julgamentos serão agregados, com o uso de operadores de agregação adequados ao tipo de hesitação, para que finalmente os fornecedores sejam classificados utilizando um método de categorização. Em ambas as proposições, utilizou-se o ELECTRE TRI para a categorização das alternativas. Esta escolha se justifica por se tratar de um método de categorização adequado para aplicações em problemas de categorização das

alternativas em classes predefinidas e ordenadas, que não autoriza a compensação entre os critérios (não compensatório).

A primeira proposição de método, tem por objetivo modelar a incerteza e a hesitação nos julgamentos dos tomadores de decisão. Deste modo, sugere a aplicação do *Fuzzy Delphi* combinada com a representação linguística *Triangular Hesitant Fuzzy* para a elicitación dos pesos dos tomadores de decisão, seguida da agregação dos julgamentos com o uso de operadores de agregação do *Triangular Hesitant Fuzzy* e o ELECTRE TRI, para a categorização das alternativas. A representação linguística *Triangular Hesitant Fuzzy* foi selecionada, pois permite que o tomador de decisão use expressões linguísticas que englobam um ou mais termos linguísticos.

A segunda proposição tinha por finalidade oferecer uma alternativa para a modelagem da incerteza e hesitação na parametrização do grau de pertencimento das variáveis linguísticas. Assim, utiliza a técnica *Fuzzy Delphi* para elicitación dos dados de entrada, desta vez combinada com a representação linguística *Intuitionistic Fuzzy* para a elicitación de pesos. Operadores do *Intuitionistic Fuzzy* também são aplicados para a agregação dos julgamentos dos tomadores de decisão que serão utilizados no ELECTRE TRI para a categorização das alternativas. As próximas seções apresentam o detalhamento das duas propostas.

4.2 FUZZY DELPHI, TRIANGULAR HESITANT FUZZY E ELECTRE TRI

Esta abordagem de decisão de grupo proposta para a categorização de fornecedores compreende três etapas mais significativas, sendo elas: a elicitación dos pesos dos tomadores de decisão, agregação de julgamentos individuais e categorização de alternativas. Deste modo, para a aplicação do método proposto, cinco passos devem ser realizados. A Figura 19 evidencia as etapas e os passos do método.

Vale destacar que, embora esta proposição use as definições matemáticas de *Triangular Hesitant Fuzzy*, incluindo seus operadores de agregação, o método proposto sugere modificações em relação à agregação usual, que tem como objetivo ordenar as alternativas. Além disso, o método permite o uso de diferentes pesos para os tomadores de decisão em cada critério, além da elicitación de pesos de cada critério, que não é verificado em qualquer artigo que aplique *Hesitant Fuzzy Sets*. A combinação de *Fuzzy Delphi* e *Hesitant Fuzzy* também não é verificada na literatura e baseou-se em aplicações similares de *Fuzzy Delphi* com *Intuitionistic Fuzzy Sets*, proposta nas pesquisas de Bali, Gumus e Dagdeviren (2010), Garai e Roy (2013) e Roy e Garai (2012).

Figura 19 - Abordagem proposta para agregação dos julgamentos individuais e categorização de fornecedores baseada em *Triangular Hesitant Fuzzy Sets*.

4.2.1 Passo 1 - Entradas

O primeiro passo se refere às entradas do modelo de tomada de decisão. Desta forma, baseados nos procedimentos propostos por Bali, Gumus e Dagdeviren (2010), Garai e Roy (2013) e Roy e Garai (2012), os especialistas deverão decidir quais os possíveis tomadores de decisão, quais os possíveis critérios e o peso dos tomadores de decisão. Para isto, deve-se realizar as seguintes atividades:

- Definir o problema de tomada de decisão: Identificar quais fornecedores serão avaliados e para quais itens;
- Determinar quais são os possíveis tomadores de decisão;
- Determinar quais critérios devem ser considerados, de acordo com estes tomadores de decisão;
- Votação para seleção de critérios: Dentre os critérios inicialmente citados, determinar aqueles que são mais adequados para avaliar o desempenho dos fornecedores;

- e) Votação para a seleção dos tomadores de decisão: Dentre o grupo inicial selecionado, determinar quais seriam os tomadores de decisão mais adequados para avaliar os critérios selecionados;
- f) Avaliação dos tomadores de decisão: Todos os participantes devem atribuir termos linguísticos para avaliar o grau de importância dos tomadores de decisão mais votados, em cada um dos critérios selecionados. Após cada votação, os tomadores de decisão podem discordar dos resultados e iniciar uma nova iteração.

Seja i o índice dos fornecedores, tal que $A_i = (i = 1, 2, \dots, m)$ representa a matriz de avaliação dos m fornecedores selecionados para serem avaliados pelos tomadores de decisão. Seja também k o índice dos tomadores de decisão, tal que $DM_k (k = 1, 2, \dots, d)$ representa o conjunto de d tomadores de decisão mais votados. Considere que j represente o índice dos critérios e $C_j (j = 1, 2, \dots, n)$ o conjunto de n critérios mais votados por todos os participantes. Os termos linguísticos que podem ser usados para avaliação dos pesos dos tomadores de decisão são exemplificados na Figura 20. Destaca-se que todas as exemplificações apresentam os mesmos termos linguísticos utilizados nesta tese, porém outros termos poderiam ser utilizados.

Figura 20 - Termos linguísticos para a avaliação dos pesos dos critérios e dos tomadores de decisão.

Após a definição dos n critérios e d dos tomadores de decisão, deve-se calcular o peso agregado w_{jk} de cada tomador de decisão k em cada critério j , utilizando a Equação (39).

$$w_{jk} = \frac{L_{jk} + (M_{jk} * 2) + U_{jk}}{(4)} \quad (39)$$

Em que L_{jk} representam as avaliações do vértice inferior do número triangular gerado pelos termos linguísticos utilizados, M_{jk} as avaliações do vértice intermediário e U_{jk} as avaliações do vértice superior, que são calculados de acordo com a Equação (40) a (42).

$$L_j = (1 - \prod_{k=1}^d (1 - L_{jk})^{n_c}) \quad (40)$$

$$M_j = (1 - \prod_{k=1}^d (1 - M_{jk})^{n_c}) \quad (41)$$

$$U_j = (1 - \prod_{k=1}^d (1 - U_{jk})^{n_c}) \quad (42)$$

Em que n_c representa o número de votos obtidos para cada variável linguística, dividido pelo número total de votos. Após o calculo de w_{jk} , deve-se normalizar os valores pela soma conforme a Equação (43).

$$w_{jk \text{ norm.}} = \frac{w_{jk}}{\sum_{j=1}^n w_{jk}} \quad (43)$$

No passo 1, deve-se também definir os parâmetros utilizados no ELECTRE TRI, o que inclui as categorias CT_{h+1} , os perfis $b_h (h = 1, 2, \dots, p)$, o nível de corte λ e os limiares de preferencia, $p_j(b_h)$, indiferença, $q_j(b_h)$ e o veto, $v_j(b_h)$. Esses parâmetros podem ser definidos em conjunto com os tomadores de decisão e ajustados pelo especialista.

4.2.2 Passo 2 - Julgamentos

Após a elicitación, cada tomador de decisão DM_k deverá avaliar a importância dos critérios C_j e o desempenho das alternativas A_i usando termos linguísticos como os exemplificados na Figura 20, para os pesos, e na Figura 21, para a avaliação das alternativas.

Figura 21 - Termos linguísticos para a avaliação do desempenho das alternativas.

Além disso, expressões linguísticas da representação *Hesitant Fuzzy* também podem ser utilizadas, permitindo que os tomadores de decisão hesitem em suas avaliações. A Tabela 1 exemplifica tais expressões, evidenciando quais os termos linguísticos são ativados por elas, assim como os vértices correspondentes.

Tabela 1 - Expressões linguísticas para a avaliação dos pesos e do desempenho das alternativas.

Possíveis expressões linguísticas para avaliação dos pesos	Possíveis expressões linguísticas para avaliação das alternativas	Exemplo de aplicação	Conjunto de termos hesitantes	Vértices
Nada importante	Muito Baixo	Avaliação específica sem hesitação	NI ou MB	(0.0, 0.0, 0.25)
Pouco Importante	Baixo		PI ou B	(0.0, 0.25, 0.5)
Média importância	Médio		M	(0.25, 0.5, 0.75)
Importante	Alto		I ou A	(0.5, 0.75, 1.0)
Muito importante	Muito Alto	“Igual ou menor que...” ou “pelo menos ...”	MI ou MA	(0.75, 1, 1)
“Igual ou menor que...” ou “pelo menos ...”	“Igual ou menor que...” ou “pelo menos ...”		NI, PI, M	(0.0, 0.0, 0.25)
			MB, B, M	(0.0, 0.25, 0.5)
				(0.25, 0.5, 0.75)
“Igual ou maior que...” ou “no máximo ...”	“Igual ou maior que...” ou “no máximo ...”	“Igual ou maior que importante” ou “igual ou maior que alto”	I, MI	(0.5, 0.75, 1.0)
			A, MA	(0.75, 1, 1)
				(0.0, 0.25, 0.5)
				(0.25, 0.5, 0.75)
“Entre ... e ...”	“Entre ... e ...”	“Entre pouco importante e importante” ou “entre baixo e alto”	PI, M, I B, M, A	(0.5, 0.75, 1.0)

Desta forma, obtêm-se uma matriz que representa os julgamentos dos pesos dos critérios $\tilde{f}_{w_{jk}} \in [0,1]$, conforme Equação (44).

$$\begin{matrix}
 & DM_1 & DM_2 & \dots & DM_d \\
 \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1d} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2d} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nd} \end{pmatrix}
 \end{matrix} \quad (44)$$

Além disso, obtêm-se um conjunto de m matrizes individuais $\tilde{f}_{A_{ijk}}$ ($j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, d$) que representam a avaliação das alternativas $A_i = (i = 1, 2, \dots, m)$ por cada tomador de decisão k , conforme a Equação (45).

$$A_i = \begin{matrix} & DM_1 & DM_2 & \dots & DM_d \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} \tilde{f}_{A_{i11}} & \tilde{f}_{A_{i12}} & \dots & \tilde{f}_{A_{i1d}} \\ \tilde{f}_{A_{i21}} & \tilde{f}_{A_{i22}} & \dots & \tilde{f}_{A_{i2d}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{f}_{A_{in1}} & \tilde{f}_{A_{in2}} & \dots & \tilde{f}_{A_{ind}} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (45)$$

4.2.3 Passo 3 - Agregação dos julgamentos

A agregação dos julgamentos dos tomadores de decisão resultará em um vetor e uma matriz. O vetor obtido é resultado da agregação dos pesos dos critérios, que será realizado com o uso do operador de agregação *Triangular Fuzzy Hesitant Fuzzy Weighted Average Operator*, $TFHFWA_{C_j}$, Equação (46), para cada critério C_j , $j = 1, \dots, n$, onde w_{jk} representa os pesos dos decisores, obtido no passo 1 pela Equação (43), e $\tilde{f}_{w_{jk}}$ representa os elementos hesitantes que são evidenciados na Equação (45).

$$\begin{aligned} TFHFWA_{C_j} (\tilde{f}_{w_{j1}}, \tilde{f}_{w_{j2}}, \dots, \tilde{f}_{w_{jd}}) &= \bigoplus_{k=1}^d (w_k \tilde{f}_{w_{jk}}) \\ &= \{ (1 - \prod_{k=1}^d (1 - \xi^L)^{w_k}), 1 - \prod_{k=1}^d (1 - \xi^M)^{w_k}, \\ &\quad 1 - \prod_{k=1}^d (1 - \xi^U)^{w_k} \} | \xi_1 \in \tilde{f}_{w_1}, \xi_2 \in \tilde{f}_{w_2}, \dots, \xi_n \in \tilde{f}_{w_n} \end{aligned} \quad (46)$$

Os resultados dessa agregação são defuzzificados usando a Equação (25) e normalizados pela soma, de modo similar à Equação (43), para se obter o vetor W_{C_j} ($j = 1, 2, \dots, n$), tal que $\sum_1^n W_{C_j} = 1$.

Para a agregação dos julgamentos da avaliação das m alternativas A_i , utiliza-se também o operador de agregação *Triangular Fuzzy Hesitant Fuzzy Weighted Average Operator*, $TFHFWA_{A_i}$, indicado na Equação (47) onde w_{jk} representa os pesos dos decisores, obtido no passo 1 pela Equação (43), e $\tilde{f}_{A_{ijk}}$ representa os elementos hesitantes que são evidenciados na matriz de avaliação das alternativas da Equação (45).

$$\begin{aligned}
TFHFWA_{A_i}(\tilde{f}_{A_{ij_1}}, \tilde{f}_{A_{ij_2}}, \dots, \tilde{f}_{A_{ij_d}}) &= \bigoplus_{k=1}^d (w_{jk} \tilde{f}_{A_{ijk}}) \\
&= \{(1 - \prod_{k=1}^d (1 - \tilde{\xi}^L)^{w_{jk}}, 1 - \prod_{k=1}^d (1 - \tilde{\xi}^M)^{w_{jk}}, \\
&\quad 1 - \prod_{k=1}^d (1 - \tilde{\xi}^U)^{w_{jk}}) | \tilde{\xi}_1 \in \tilde{f}_{A_{ij_1}}, \tilde{\xi}_2 \in \tilde{f}_{A_{ij_2}}, \dots, \tilde{\xi}_n \in \tilde{f}_{A_{ijn}}\}
\end{aligned} \tag{47}$$

Os resultados da agregação da avaliação das alternativas são defuzzificados usando a Equação (25) e normalizados pela soma, de forma similar à Equação (43), resultando em uma matriz única com os critérios C_j na coluna e as alternativas A_i nas linhas. Os resultados da agregação da avaliação das alternativas, em conjunto com o vetor $W_{C_j} (j = 1, 2, \dots, n)$, são usados como entradas para a categorização realizada com o uso do ELECTRE TRI, que será descrito no próximo passo.

4.2.4 Passo 4 - Aplicação do ELECTRE TRI

Seja $g_j(a)$ a avaliação da alternativa A no critério C_j , obtida por meio do procedimento de agregação do passo anterior, de acordo com a Equação (47). Na aplicação do ELECTRE TRI, antes de identificar as relações de preferência para os procedimentos de categorização das alternativas, é necessário calcular o índice de concordância parcial e global, $c_j(a, b_h)$ e $c(a, b_h)$, ($j = 1, 2, \dots, n$), conforme Equação (1) e Equação (2), o índice de discordância, $d_j(a, b_h)$, $j = 1, 2, \dots, n$, conforme Equação (3), para finalmente obter o índice de credibilidade $\sigma(a, b_h)$, calculado como na Equação (4). O cálculo destes índices requer o uso de valor do limite b_h para o critério C_j , $g_j(b_h)$, definido no passo 1, e dos limiares de concordância e discordância $p_j(b_h)$ e $q_j(b_h)$, respectivamente, para cada critério C_j e limite b_h , também definidos no passo 1. A partir dos valores obtidos para a concordância parcial, $c_j(a, b_h)$, para o índice de discordância, $d_j(a, b_h)$ e para o índice de credibilidade $\sigma(a, b_h)$, é possível estabelecer as relações de preferência entre alternativas e perfis de cada categoria, conforme ilustrado na Figura 15.

4.2.5 Passo 5 - Categorização das alternativas

Estabelecidas as relações de preferência entre as alternativas e os perfis das categorias, os procedimentos de categorização otimista e pessimista do ELECTRE TRI são aplicados,

conforme descrito na seção 3.1.1. Os tomadores de decisão devem então avaliar o resultado final da categorização considerando os resultados obtidos, além das relações de preferência, indiferença e incomparabilidade.

4.3 FUZZY DELPHI, INTUITIONISTIC FUZZY E ELECTRE TRI

Da mesma forma que a abordagem de decisão de grupo proposta para a categorização de fornecedores na seção 4.2, as três etapas mais significativas são a elicitación dos pesos dos tomadores de decisão, agregação de julgamentos individuais e categorização de alternativas. Os passos para a aplicação dos métodos também são semelhantes, tendo apenas como diferença o uso do *Intuitionistic Fuzzy* conforme ilustrado na Figura 22.

Destaca-se aqui que combinação de *Fuzzy Delphi* com o *Intuitionistic Fuzzy* é baseado nas pesquisas de Bali, Gumus e Dagdeviren (2010), Garai e Roy (2013) e Roy e Garai (2012).

Figura 22 - Abordagem proposta para agregação dos julgamentos individuais e categorização de fornecedores baseada em *Intuitionistic Fuzzy Sets*.

4.3.1 Passo 1 - Entradas

O primeiro passo, assim como na proposição de método da seção 4.2.1, se refere às entradas do modelo de tomada de decisão. Os especialistas deverão definir quais os possíveis tomadores de decisão, quais os possíveis critérios e o peso dos tomadores de decisão. Para isto, aplica-se o *Fuzzy Delphi*, baseados nos procedimentos propostos por Bali, Gumus e Dagdeviren (2010), Garai e Roy (2013) e Roy e Garai (2012). Desta forma, os tomadores de decisão devem realizar uma votação para seleção de critérios, a seleção dos tomadores de decisão e para avaliação da importância dos tomadores de decisão. Caso haja discordância com os resultados, após cada votação, os tomadores de decisão podem se manifestar para iniciar uma nova iteração.

Seja i o índice dos fornecedores, tal que $A_i = (i = 1, 2, \dots, m)$ representa a matriz de avaliação dos m fornecedores selecionados para serem avaliados pelos tomadores de decisão. Seja também k o índice dos tomadores de decisão, tal que $DM_k (k = 1, 2, \dots, d)$ representa o conjunto de d tomadores de decisão mais votados. Considere que j representa o índice dos critérios e $C_j (j = 1, 2, \dots, n)$ o conjunto de n critérios mais votados por todos os participantes. Os termos linguísticos que podem ser usados para avaliação dos pesos dos tomadores de decisão são exemplificados na Tabela 2.

Tabela 2 - Termos linguísticos para a avaliação dos pesos dos critérios e dos tomadores de decisão

Termos Linguísticos	Números <i>Intuitionistic Fuzzy</i> (IFN)		
	μ	ν	π
Muito importante (MI)	0,9	0,1	0
Importante (I)	0,75	0,2	0,05
Média Importância (M)	0,5	0,45	0,05
Pouco Importante (PI)	0,35	0,6	0,05
Nada Importante (NI)	0,1	0,9	0

Após a definição dos n critérios e d dos tomadores de decisão, deve-se calcular o peso agregado δ_{jk} de cada tomador de decisão k em cada critério j , utilizando a Equação (48).

$$\delta_{jk} = \frac{\mu_j^{(k)} / (\mu_j^{(k)} + \nu_j^{(k)})}{\sum_{k=1}^l (\mu_j^{(k)} / (\mu_j^{(k)} + \nu_j^{(k)}))} \quad (48)$$

Assim como no procedimento anterior, no passo 1, deve-se também definir os parâmetros utilizados no ELECTRE TRI, o que inclui as categorias CT_{h+1} , os perfis $b_h (h = 1, 2, \dots, p)$, o nível de corte λ e os limiares de preferencia, $p_j(b_h)$, indiferença, $q_j(b_h)$ e o veto,

$v_j(b_h)$. Esses parâmetros podem definidos de acordo com a opinião dos tomadores de decisão e ajustados pelo especialista.

4.3.2 Passo 2 - Julgamentos

No passo 2, cada tomador de decisão DM_k deverá avaliar a importância dos critérios C_j e o desempenho das alternativas A_i usando termos linguísticos como os exemplificados Figura 17 para avaliação dos pesos dos critérios, e Tabela 3 para a avaliação das alternativas.

Desta forma, obtêm-se uma matriz que representa os julgamentos dos pesos dos critérios $w_{jk} \in [0,1]$, conforme Equação (49).

$$\begin{matrix} & DM_1 & DM_2 & \dots & DM_d \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1d} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2d} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nd} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (49)$$

Tabela 3 - Termos linguísticos para a avaliação do desempenho das alternativas..

Termos Linguísticos	Números <i>Intuitionistic Fuzzy</i> (IFN)		
	μ	ν	π
Muito alto (MA)	0,9	0,1	0
Alto (A)	0,75	0,2	0,05
Médio (M)	0,5	0,45	0,05
Baixo (B)	0,35	0,6	0,05
Muito baixo (MB)	0,1	0,9	0

Além disso, obtêm-se um conjunto de m matrizes individuais $r_{A_{ijk}}$ ($j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, d$) que representam a avaliação das alternativas $A_i = (i = 1, 2, \dots, m)$ por cada tomador de decisão k , conforme a Equação (50).

$$r_{A_{ijk}} = \begin{matrix} & DM_1 & DM_2 & \dots & DM_d \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} r_{A_{i11}} & r_{A_{i12}} & \dots & r_{A_{i1d}} \\ r_{A_{i21}} & r_{A_{i22}} & \dots & r_{A_{i2d}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{A_{in1}} & r_{A_{in2}} & \dots & r_{A_{ind}} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (50)$$

4.3.3 Passo 3 - Agregação dos julgamentos

Assim como no método anterior, a agregação dos julgamentos dos tomadores de decisão resultará em um vetor e uma matriz. O vetor obtido é resultado da agregação dos pesos dos

critérios, que será realizado com o uso do operador de agregação *Intuitionistic Fuzzy Weighted Average IFWA*_{C_j}, usando a Equação (51), para cada critério C_j, j = 1, ..., n, onde w_{jk} representa os pesos dos decisores, obtido no passo 1, e w_{jk} representa os elementos hesitantes que são evidenciados na Equação (49).

$$w_j = IFWA_{\delta_{jk}}(w_j^{(1)}, w_j^{(2)}, ..., w_j^{(d)}) = [1 - \prod_{k=1}^d (1 - \mu_j^{(k)})^{\delta_j^{(k)}}, \prod_{k=1}^d (v_j^{(k)})^{\delta_j^{(k)}}, \prod_{k=1}^d (1 - \mu_j^{(k)})^{\delta_j^{(k)}} - \prod_{k=1}^d (v_j^{(k)})^{\delta_j^{(k)}}] \quad (51)$$

Onde $\delta_j^{(k)}$ representa o peso do tomador de decisão, para cada critério j, que pode ser obtido no passo anterior. Os resultados dessa agregação são defuzzificados e normalizados pela soma, de forma similar à Equação (43), para se obter o vetor W_{C_j} (j = 1, 2, ..., n), tal que $\sum_1^n W_{C_j} = 1$.

Para a agregação dos julgamentos da avaliação das m alternativas A_i, utiliza-se também o operador de agregação *Intuitionistic Fuzzy Weighted Average Operator, IFWA*_{A_i}, indicado na Equação (52), onde r_{A_ijk} representa os elementos hesitantes que são evidenciados na Equação (51) de avaliação das alternativas.

$$r_{ij} = IFWA_{\delta_{jk}}(r_{A_{ij}}^{(1)}, r_{A_{ij}}^{(2)}, ..., r_{A_{ij}}^{(d)}) = [1 - \prod_{k=1}^d (1 - \mu_j^{(k)})^{\delta_j^{(k)}}, \prod_{k=1}^d (v_j^{(k)})^{\delta_j^{(k)}}, \prod_{k=1}^d (1 - \mu_j^{(k)})^{\delta_j^{(k)}} - \prod_{k=1}^d (v_j^{(k)})^{\delta_j^{(k)}}] \quad (52)$$

Os resultados da agregação da avaliação das alternativas são defuzzificados e normalizados pela soma, de forma similar à Equação (43), resultando em uma matriz única com os critérios C_j na coluna e as alternativas A_i nas linhas. Os resultados da agregação da avaliação das alternativas, em conjunto com o vetor W_{C_j} (j = 1, 2, ..., n) de pesos, são usados como entradas para a categorização realizada com o uso do ELECTRE TRI, que será descrito no próximo passo.

4.3.4 Passo 4 - Aplicação do ELECTRE TRI

Seja g_j(a) a avaliação da alternativa A no critério C_j, obtida por meio do procedimento de agregação do passo anterior, com a Equação (52). Na aplicação do ELECTRE TRI, para definir quais são as relações de preferência para os procedimentos de categorização das alternativas, é necessário calcular o índice de concordância parcial c_j(a, b_h), índice de

concordância global $c(a, b_h)$, e o índice de discordância $d_j(a, b_h)$, $j = 1, 2, \dots, n$, usando a Equação (1), Equação (2) e Equação 3, respectivamente. A partir destes índices, pode-se calcular o índice de credibilidade $\sigma(a, b_h)$, calculado como na Equação (4). O cálculo destes índices requer o uso de valor do limite b_h para o critério C_j , $g_j(b_h)$, definido no passo 1, e dos limiares de concordância e discordância $p_j(b_h)$ e $q_j(b_h)$, respectivamente, para cada critério C_j e limite b_h , também definidos no passo 1. A partir dos valores obtidos para a concordância parcial, $c_j(a, b_h)$, para o índice de discordância, $d_j(a, b_h)$ e para o índice de credibilidade $\sigma(a, b_h)$, é possível estabelecer as relações de preferência entre alternativas e perfis de cada categoria, conforme ilustrado na Figura 15.

4.3.5 Passo 5 - Categorização das alternativas

Estabelecidas as relações de preferência entre as alternativas e os perfis das categorias, os procedimentos de categorização otimista e pessimista do ELECTRE TRI são aplicados, conforme descrito na seção 3.1.1. Os tomadores de decisão devem então avaliar o resultado final da categorização considerando os resultados obtidos, além das relações de preferência, indiferença e incomparabilidade.

5 APLICAÇÃO EM CASOS ILUSTRATIVOS

Este capítulo apresenta as simulações realizadas a partir da coleta de dados em duas organizações. O objetivo destas aplicações foi utilizar dados reais para exemplificação do modelo, reduzindo assim o viés do pesquisador na simulação dos dados. Deste forma, é importante ressaltar que não foi objetivo desta pesquisa implementar o modelo nas empresas em questão.

5.1 EMPRESA A

A Empresa A atua na fabricação e distribuição de produtos veterinários para bovinos, equinos, aves, suínos e pets. Para auxiliar na caracterização da gestão de fornecedores e na coleta de dados para a simulação do processo de tomada de decisão, uma reunião foi realizada com os gerentes de Suprimentos, além de um especialista e um analista de Planejamento e Controle de Suprimentos.

De acordo com os dados fornecidos, a empresa lida com a gestão de fornecedores para produtos diretos (50%) e produtos indiretos (50%) e se subdivide em duas unidades de negócio na área farmacêutica. Em termos de fornecimento, além da compra direta de fornecedores nacionais, a empresa trabalha também importação, terceirização e subcontratação. Dentre as estratégias particulares, destacam-se: (1) Qualificar no mínimo dois fornecedores por insumo; (2) Consolidar cargas importadas.

Para melhor gerir os fornecedores, revisam periodicamente o *lead time* e analisam o risco de não fornecimento de itens críticos. Consideram como fatores críticos de suprimentos, as seguintes questões: monitoramento do preço de mercado; impacto da matéria prima na estratégia do produto; controle da variação de preço; monitoramento do risco de fornecimento. Como direcionadores de orçamentos, consideram as seguintes características:

- a) Cenários de mercado (risco econômico, de regulamentações e ambiental);
- b) Análise histórica de preço de insumos (sazonalidade, tendências e riscos);
- c) Inteligência de mercado em compras (preço e participação do mercado);
- d) *Cost drivers* (mudanças de preço devido aos desdobramentos da cadeia de produção de insumos);
- e) *Cotações (negociações de preço)*.

Recentemente a empresa adquiriu um módulo do SAP conhecido como SAP Ariba. Trata-se de uma ferramenta que busca a conexão entre as empresas para negociações comerciais de forma colaborativa (*sourcing* colaborativo). Promove uma integração digital entre compradores e fornecedores, pois propicia aos fornecedores o acesso direto ao ERP do comprador. A empresa adquiriu o módulo de SIPM (*Supplier Information and Performance Management*). Porém está usando somente para coleta de dados. O interesse no projeto de pesquisa tem esse intuito de obter ideias que colaborem com o desenvolvimento da gestão de desempenho do fornecedor.

Sobre a seleção e gestão de fornecedores, a empresa informou que ela é realizada pelas áreas de *Supply Chain*, Qualidade e P&D. Para selecionar um fornecedor, três aspectos são considerados: especificação técnica do produto, análise de preço e envio e teste de amostra.

Atualmente, a seleção de fornecedores está muito mais pautada na análise da qualidade e de requisitos da amostra. Além disso, após a avaliação da qualidade, a empresa decide se pretende ou não fazer uma auditoria. Deste modo, conclui-se que a empresa ainda não apresenta um modelo estruturado capaz de contemplar os requisitos das diversas áreas funcionais.

Embora o fornecedor seja avaliado para a seleção, nenhuma frequência de avaliação é estabelecida, de modo que, tal avaliação pode ficar obsoleta se este fornecedor não for requisitado após um tempo. Para lidar com isto e manter ao menos dois fornecedores para itens estratégicos e críticos, eles gostariam de comprar de todos os fornecedores do portfólio. Porém, atualmente o preço inviabiliza esta estratégia, pois a divisão de cota afeta a negociação por preço que é obtida pelo ganho em escala.

Para coletar os dados utilizados na aplicação do modelo proposta, utilizou-se um roteiro e uma ficha de avaliação, disponível no Apêndice A – Roteiro de visita e coleta de dados e no Apêndice B - Simulação do processo de tomada de decisão. A próxima seção explicará aplicação dos passos descritos no roteiro.

5.1.1 Dados coletados para a aplicação do modelo de apoio à tomada de decisão

No passo 1, foi solicitado aos participantes que selecionassem fornecedores que pudessem ser avaliados, com a recomendação de que fossem no máximo seis alternativas e que todos os tomadores de decisão avaliassem a mesma alternativa. Para que tivessem sigilo dos dados, recomendou-se que usassem siglas para representar cada fornecedor. Seguindo as recomendações, a empresa optou por avaliar seis fornecedores, denominados como: MEN1, MEN2, MEN3, MEN4, MEN5 e MEN6.

No passo 2, os participantes deveriam definir os tomadores de decisão e os critérios a serem avaliados. Como o acesso à empresa era restrito a apenas algumas pessoas e o objetivo da aplicação não é implementar o modelo de tomada de decisão, o passo 1 e passo 2 foram simplificados para a coleta de dados. Deste modo, não houve votação para este passo, uma vez que a Empresa A optou por designar alguns funcionários para este fim e eles por sua vez, preferiram definir os critérios baseados nas atividades atuais de seleção. Deste modo, os participantes optaram por avaliar seis setores, sendo eles: Pesquisa e desenvolvimento (PDI), Controle de qualidade (CQ), Garantia de qualidade (GQ), *Supply* Diretoria, *Supply* Gerencia e *Supply* Compras. De acordo com as avaliações, três tomadores de decisão foram selecionados, sendo dois do setor de compras (*Supply* Compras) e um gerente de suprimentos (*Supply* Gerencia). Tais tomadores de decisão definiram seis critérios pelos quais os fornecedores poderiam ser avaliados, sendo eles: C_1 : Preço; C_2 : Qualidade; C_3 : Saúde Financeira; C_4 : *Lead time*; C_5 : Condição de pagamento; C_6 : Frete.

No passo 3, os participantes decidiram atribuir o grau de importância dos tomadores de decisão por setor, deste modo, os dois participantes do setor de compras terão pesos iguais em suas avaliações. As avaliações foram realizadas usando os seguintes termos linguísticos: Não importante (NI), pouco importante (PI), média importância (M), importante (I), muito importante (MI) e são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4 - Importância de cada tomador de decisão em cada critério avaliado (Empresa A).

	Importância dos tomadores de decisão					
	Gerente de suprimentos (GS)		Compras 1 (COM1)		Compras 2 (COM2)	
Crítérios	<i>Supply Gerência</i>	<i>Supply Compras</i>	<i>Supply Gerência</i>	<i>Supply Compras</i>	<i>Supply Gerência</i>	<i>Supply Compras</i>
Preço	MI	MI	MI	MI	MI	MI
Qualidade	MI	MI	I	I	MI	MI
Saúde financeira	I	I	I	I	I	I
<i>Lead time</i>	I	I	I	I	I	I
Condição de pagamento	I	I	MI	MI	MI	MI
Frete	M	M	I	I	I	MI

Fonte: Coleta de dados na Empresa A

No passo 4, os três tomadores de decisão foram instruídos a avaliar o grau de importância de cada critério, usando os termos linguísticos: Não importante (NI), pouco importante (PI), média importância (M), importante (I), muito importante (MI). Os dados são apresentados como o peso W na Tabela 5.

Por fim, no passo 5, os três tomadores de decisão realizaram a avaliação do desempenho de cada fornecedor em cada critério, usando os termos linguísticos: Muito baixo (MB), baixo (B), médio (M), alto (A), muito alto (MA). Essas informações são expostas na Tabela 5, onde C_1 : Preço; C_2 : Qualidade; C_3 : Saúde Financeira; C_4 : Lead time; C_5 : Condição de pagamento; C_6 : Frete. A avaliação do desempenho das alternativas também é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Avaliação da importância dos critérios e do desempenho do fornecedor (Empresa A).

	Gerente de suprimentos (GS)						Compras 1 (COM1)						Compras 2 (COM2)					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
W (peso)	MI	MI	I	I	M	M	MI	MI	M	I	I	I	MI	MI	MI	MI	I	I
MEN1	MA	A	MA	B	A	M	B	MA	MA	M	A	A	A	MA	MA	M	M	MB
MEN2	M	M	MA	A	A	A	B	A	MA	M	MA	A	M	MA	MA	M	M	MB
MEN3	A	MA	MA	M	A	A	A	MA	MA	MA	A	A	M	A	MA	B	M	MA
MEN4	MA	MA	MA	M	B	MA	B	M	MA	A	A	M	B	MA	MA	B	M	MA
MEN5	MA	B	M	B	M	M	A	A	MA	A	MA	M	MB	B	B	M	M	MA
MEN6	MA	MA	MA	B	A	B	B	A	MA	B	M	M	A	MA	MA	M	M	MA

Fonte: Coleta de dados na Empresa A.

5.1.2 Aplicação dos métodos de tomada de decisão

A partir dos dados coletados, os passos descritos na seção 4.2.1 e 4.3.2 foram aplicados usando ambos os modelos. Deste modo, no passo 1, obteve-se o pesos dos tomadores de decisão, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Peso dos tomadores de decisão (Empresa A).

Critérios	<i>Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI</i>			<i>Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI</i>		
	Tomadores de Decisão			Tomadores de Decisão		
	GS	COM 1	COM 2	GS	COM 1	COM 2
C_1 : Preço	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333
C_2 : Qualidade	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333
C_3 : Saúde financeira	0,333	0,333	0,333	0,32	0,36	0,32
C_4 : Lead time	0,333	0,333	0,333	0,32	0,36	0,32
C_5 : Condição de pagamento	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333
C_6 : Frete	0,34	0,333	0,333	0,333	0,333	0,333

No passo 1, também são definidos os parâmetros que serão usados no passo 4 e 5. Foram definidas três categorias, sendo elas CT_1 : Fornecedor *premium*; CT_2 : Fornecedor bom, CT_3 : Fornecedor de risco. A Tabela 7 apresenta os valores definidos os perfis destas categorias (b_1 e b_2), assim como os limiares de preferência (p), indiferença (q) e o veto (v). É importante destacar que, como os parâmetros não foram elicitados em conjunto com os tomadores de decisão, utilizou os valores das avaliações maiores, menores e intermediárias para definir os limites dos perfis. Para garantir a consistência da categorização, seguindo os princípios de Mousseau, Slowinski e Zielniewicz (2000), o valor de corte escolhido será $\lambda = 1$, para garantir que o desempenho de uma alternativa em cada critério é pelo menos igual ao perfil inferior da categoria em que a alternativa foi atribuída no procedimento pessimista.

Tabela 7 - Parâmetros de entrada para o ELECTRE TRI (Empresa A).

	Preço	Qualidade	Saúde financeira	Lead time	Condição de pagamento	Frete
Perfil (b_1)	0,7	0,7	0,75	0,6	0,6	0,75
Perfil (b_2)	0,6	0,8	0,6	0,5	0,5	0,6
p	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
q	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
v	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

A partir dos resultados da Tabela 6 e Tabela 7, pode-se então realizar os próximos passos. Os passos 2 e 3 correspondem à agregação dos julgamentos tanto do peso dos critérios, como da avaliação dos desempenho das alternativas. Os resultados da aplicação destes passos são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultado da agregação dos julgamentos (Empresa A).

	<i>Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI</i>						<i>Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI</i>					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
W (peso)	0,19	0,19	0,18	0,18	0,14	0,14	0,19	0,19	0,16	0,17	0,14	0,14
MEN1	0,88	0,92	0,94	0,43	0,70	0,57	0,747	0,864	0,900	0,456	0,685	0,517
MEN2	0,51	0,89	0,94	0,68	0,89	0,65	0,454	0,768	0,900	0,599	0,768	0,816
MEN3	0,70	0,92	0,94	0,86	0,70	0,90	0,685	0,864	0,900	0,697	0,685	0,816
MEN4	0,84	0,91	0,94	0,59	0,59	0,91	0,708	0,829	0,900	0,577	0,577	0,829
MEN5	0,88	0,54	0,86	0,59	0,87	0,87	0,718	0,527	0,674	0,577	0,721	0,708
MEN6	0,88	0,92	0,94	0,35	0,64	0,86	0,747	0,864	0,900	0,402	0,599	0,681

A partir dos resultados da agregação (Tabela 8), pode-se aplicar o passo 4 e 5 para encontrar as relações de preferência e categorizar as alternativas. As relações de preferência são mostradas na Tabela 9.

Tabela 9 - Relações de preferência (Empresa A).

	<i>Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI</i>		<i>Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI</i>	
	b_1	b_2	b_1	b_2
MEN1	aRbh	aRbh	aRbh	aRbh
MEN2	aRbh	aRbh	aRbh	aRbh
MEN3	aSbh	aSbh	aSbh	aRbh
MEN4	aSbh	aSbh	aRbh	aSbh
MEN5	aRbh	aRbh	aRbh	aRbh
MEN6	aRbh	aRbh	aRbh	aRbh

Estabelecidas as relações de preferência entre as alternativas e os perfis das categorias, pode-se finalmente ordenar as alternativas. Os resultados da ordenação são evidenciados na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultado da categorização das alternativas (Empresa A).

	<i>Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI</i>		<i>Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI</i>	
	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista
MEN1	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3
MEN2	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3
MEN3	CT_1	CT_1	CT_1	CT_1
MEN4	CT_1	CT_1	CT_1	CT_2
MEN5	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3
MEN6	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3

5.1.3 Análise dos resultados (Empresa A)

Analisando os resultados da categorização, na Tabela 10, alguns pontos chamam a atenção. O primeiro deles é o fato de que o procedimento otimista, de ambos os métodos, gerou resultados consideravelmente diferentes em relação à categorização do procedimento pessimista. No procedimento otimista, todas as alternativas foram classificadas como CT_1 . Contudo, ao se observar os valores obtidos na agregação dos julgamentos, nota-se que a maioria das alternativas apresentam alguns critérios que não superam o limite b_1 . Na Tabela 8 podemos destacar alguns destes critérios, tais como: C_4 da alternativa MEN1; C_1 da alternativa MEN2; C_2 e C_4 da alternativa MEN5; e C_4 da alternativa MEN6. Essa diferença na categorização

ocorreu devido à incomparabilidade entre as alternativas e o limite b_1 . Os valores de agregação mostram que a maioria dos critérios, relativos a estas alternativas, superam o limite b_1 , enquanto um ou dois critérios apresentam desempenho inferior ao limite. Quando há muitas relações de incomparabilidade, o procedimento otimista se mostra ineficiente para a categorização, pois não havendo evidências de que o perfil supera o desempenho da alternativa, a alternativa é designada à categoria superior, independente se há ou não evidências de que ela supera o limite do perfil. Deste modo, recomenda-se o uso do procedimento pessimista, porque garante que, quando $\lambda = 1$, a designação de uma alternativa a categoria C_h ocorrerá se e somente se $g_j(a)$ for igual ou maior que $g_j(b_h)$ para todo critério avaliado (MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000).

Outro ponto a se destacar é que o resultado da categorização obtida por ambos os métodos são bastante similares, exceto no caso do fornecedor MEN4, que foi categorizado em CT_1 , no método que combina *Fuzzy Delphi*, *Triangular Hesitant Fuzzy* e Electre TRI, e em CT_2 na combinação de *Fuzzy Delphi*, *Intuitionistic Fuzzy* e Electre TRI. Entretanto, ao se observar a Tabela 8, não é possível notar uma diferença significativa no resultado da agregação. Na prática, a alternativa MEN4 foi categorizada para CT_1 , no primeiro método, devido aos valores dos limiares de indiferença dos critérios C_4 e C_5 , ambos com $q = 0,02$. Se os valores dos limiares de indiferença fossem aumentados para $q = 0,03$, a categorização seria igual.

5.2 EMPRESA B

A empresa B pertence ao segmento de linha branca, atuando como fabricante de eletrodomésticos com presença no mercado internacional. Para a coleta de dados e caracterização dos processos da gestão de fornecedores, foram realizadas duas reuniões. Na primeira reunião estiveram presentes um diretor internacional de suprimentos e um engenheiro da qualidade, que realizaram a caracterização do processo de gestão de fornecedores. Na segunda reunião estiveram presentes um analista de logística e um supervisor da qualidade para auxiliar na simulação do processo de tomada de decisão.

Sobre a gestão de fornecedores, a empresa conta com processos bastante estruturados e com uma série de etapas pré-estabelecidas. De acordo com os entrevistados, o setor de compras é responsável pelo processo de pré-seleção de fornecedores e contratação, oferecendo uma lista de possíveis de fornecedores. Os setores de qualidade e logística atuam na avaliação das alternativas, tanto para a pré-seleção como para o acompanhamento do desempenho dos

fornecedores. Em geral, a Empresa B conta com uma base de fornecimento e para obter uma lista de possíveis fornecedores de um determinado item, o setor de compras envia uma solicitação de cotação RFQ (*request for quotation*). Algumas exigências iniciais são impostas aos fornecedores, sendo elas: ter todas as certificações exigidas pela empresa; e oferecer custos compatíveis e abertos, isto é, a Empresa A tem acesso aos custos de produção do item a ser comprado. Após o recebimento das cotações, a Empresa B realiza uma auditoria da qualidade e da logística do fornecedor, avaliando se a empresa cumpre todos os requisitos necessários. Dentre os requisitos avaliados, destacam-se: a capacidade produtiva e de armazenagem; avaliação do processo em geral; código de conduta; e avaliação financeira. Após a auditoria, o fornecedor é classificado em Q, A, B e C, sendo Q um fornecedor de primeira classe (*Top Class*), A um fornecedor com desempenho adequado, B um fornecedor que requer atenção e acompanhamento, e C um fornecedor crítico que oferece risco.

A categorização Q, A, B e C também é utilizada a no sistema de avaliação do desempenho dos fornecedores já selecionados. Contudo, o processo de avaliação do desempenho é realizado por meio do *Scorecard*. A excelência do fornecedor depende do bom desempenho em quatro dimensões (critérios) do *Scorecard*, sendo elas: qualidade, finanças, compras e logística. Para avaliá-los nestes quatro critérios, a empresa utiliza uma série de indicadores, tais como: DFP (ocorrências que geram mudança nas especificações), DAS (ocorrências que geram paradas na fábrica), excelência de serviço, número de ações corretivas (*Corrective Action Request*), liquidez, lucratividade, estrutura do capital, grau de dependência do fornecedor, termos de pagamento, integridade, divergências de entrega, saúde e segurança do trabalhador, entre outros. Deste modo, a Empresa B consegue gerir o risco associado a cada fornecedor, medindo e monitorando o seu desempenho para criar planos de mitigação dos riscos, quando necessário.

Para que a coleta de dados fosse realizada de modo a anteder os objetivos da investigação em campo, utilizou-se um roteiro e uma ficha de avaliação, disponível no Apêndice A – Roteiro de visita e coleta de dados e no Apêndice B - Simulação do processo de tomada de decisão. Como o acesso à empresa era restrito a apenas algumas pessoas e o objetivo da aplicação não é implementar o modelo de tomada de decisão, o passo 1 e passo 2 não foram aplicados, para simplificar a coleta de dados.

5.2.1 Dados coletados para a aplicação do modelo de apoio à tomada de decisão

No passo 1, os dois participantes foram instruídos a escolher fornecedores que pudessem ser avaliados. Algumas recomendações foram dadas, tais como: (1) Todos deveriam avaliar os

mesmos fornecedores; (2) Para que tivessem sigilo dos dados, recomendou-se que usassem siglas para representar cada fornecedor; e (3) Que usassem os mesmos critérios utilizados no BSC, para que julgassem os fornecedores a partir dos indicadores que já controlam. Desta forma, a empresa optou por avaliar seis fornecedores, denominados como: Plástico 1, Plástico 2, Plástico 3, Aramados, Usinagem 1 e Usinagem 2.

No passo 2, os tomadores de decisão deveriam definir os tomadores de decisão e os critérios a serem avaliados. Contudo, apenas duas pessoas puderam participar da simulação e ambos optaram por utilizar os critérios que já foram avaliados no BSC. Desta forma, assim como no caso anterior, o passo 1 e passo 2 foram simplificados para a coleta de dados e não houve votação para estes passos. Os tomadores de decisão selecionados pertenciam ao setor de logística e da qualidade. Os critérios pelos quais os fornecedores foram avaliados foram: C_1 :Finanças; C_2 : Qualidade; C_3 : Logística; C_4 : Compras.

No passo 3, houve uma peculiaridade nesta coleta de dados. A primeira avaliação foi realizada por ambos os tomadores de decisão, tomando como base os dados históricos do BSC, que contemplam a avaliação global dos fornecedores do ponto de vista de todas as áreas. A segunda avaliação, foi realizada por apenas um tomador de decisão e explicita o ponto de vista da logística em relação aos fornecedores avaliados. Tendo em vista tal circunstância, os dados coletados do sistema foram avaliados com grau de importância muito importante (MI).

Para a visão da logística, o participante do setor realizou a avaliação. Esses dados podem ser visualizados na Tabela 11.

Tabela 11 - Importância de cada tomador de decisão em cada critério avaliado (Empresa B).

	Importância dos tomadores de decisão	
	Scorecard (SC)	Logística (LOG)
Critérios		
C_1 : Finanças	MI	MI
C_2 : Qualidade	MI	I
C_3 : Logística	MI	MI
C_4 : Compras	MI	MI

Fonte: Coleta de dados na Empresa B

No passo 4, os três tomadores de decisão foram instruídos a avaliar o grau de importância de cada critério, usando os termos linguísticos: Não importante (NI), pouco importante (PI), média importância (M), importante (I), muito importante (MI).

Por fim, no passo 5, os três tomadores de decisão realizaram a avaliação do desempenho de cada fornecedor em cada critério, usando os termos linguísticos: Muito baixo (MB), baixo (B), médio (M), alto (A), muito alto (MA). Essas informações são expostas na Tabela 12, onde C_1 :Finanças; C_2 : Qualidade; C_3 : Logística; C_4 : Compras.

Tabela 12 - Avaliação da importância dos critérios e do desempenho do fornecedor (Empresa B).

	Scorecard (SC)				Logística (LOG)			
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4
W (peso)	MI	I	I	I	I	MI	MI	I
Plástico 1	M	B	MA	A	MA	A	A	M
Plástico 2	A	M	MA	A	M	A	A	M
Plástico 3	A	A	MA	A	MA	A	M	M
Aramados	A	A	MA	M	MA	A	M	M
Usinagem 1	A	A	MA	A	MA	A	A	A
Usinagem 2	M	M	MA	M	M	M	B	M

Fonte: Coleta de dados na Empresa B

5.2.2 Aplicação dos métodos de tomada de decisão

Utilizando os dados coletados na Empresa B, aplicou-se os passos descritos na seção 5.1.1 e 5.1.2, usando ambos os métodos. A Tabela 13 mostra os resultados do cálculo dos pesos dos tomadores de decisão, realizado no passo 1.

Tabela 13 - Peso dos tomadores de decisão (Empresa B).

Critérios	<i>Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI</i>		<i>Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI</i>	
	Tomadores de Decisão		Tomadores de Decisão	
	SC	LOG	SC	LOG
C_1: Finanças	0,50	0,50	0,50	0,50
C_2: Qualidade	0,56	0,44	0,53	0,47
C_3: Logística	0,50	0,50	0,50	0,50
C_4: Compras	0,50	0,50	0,53	0,47

Ainda no passo 1, são definidos os parâmetros que serão usados no passo 4 e 5. Assim como no caso da Empresa A, foram definidas três categorias, sendo elas CT_1 : Fornecedor *premium*; CT_2 : Fornecedor bom, CT_3 : Fornecedor de risco. A Tabela 14 apresenta os valores definidos para os perfis destas categorias (b_1 e b_2), assim como os limiares de preferência (p), indiferença (q) e o veto (v). Da mesma forma que a Empresa A, não houve tempo hábil para a elicitación dos parâmetros em conjunto com os tomadores de decisão. Assim, utilizou-se os valores das avaliações maiores, menores e intermediárias para definir os limites dos perfis. O valor de corte escolhido também foi $\lambda = 1$ para no caso da Empresa B, para garantir a consistência da categorização no procedimento pessimista.

Tabela 14 - Parâmetros de entrada para o ELECTRE TRI (Empresa B).

	C_1 : Finanças	C_2 : Qualidade	C_3 : Logística	C_4 : Compras
Perfil (b_1)	0,7	0,7	0,8	0,7
Perfil (b_2)	0,6	0,6	0,6	0,6
p	0,05	0,05	0,05	0,05
q	0,02	0,02	0,02	0,02
v	0,10	0,10	0,10	0,10

Após a elicitación dos dados e cálculos, evidenciados na Tabela 13 e Tabela 14, pode-se então realizar os próximos passos. Os passos 2 e 3 correspondem à agregação dos julgamentos tanto do peso dos critérios, como da avaliação dos desempenho das alternativas. Os resultados da aplicação destes passos são mostrados na Tabela 15.

Tabela 15 - Resultado da agregação dos julgamentos (Empresa B).

	<i>Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI</i>				<i>Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI</i>			
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4
W (peso)	0,26	0,26	0,26	0,22	0,257	0,256	0,257	0,229
Plástico 1	0,892	0,584	0,912	0,67	0,776	0,584	0,842	0,654
Plástico 2	0,670	0,659	0,912	0,67	0,646	0,638	0,842	0,654
Plástico 3	0,912	0,750	0,892	0,67	0,842	0,750	0,776	0,654
Aramados	0,912	0,750	0,892	0,50	0,842	0,750	0,776	0,500
Usinagem 1	0,912	0,750	0,912	0,75	0,842	0,750	0,842	0,750
Usinagem 2	0,562	0,500	0,875	0,50	0,500	0,500	0,745	0,500

A partir dos resultados da agregação da Tabela 15, aplicou-se o passo 4 e 5 para encontrar as relações de preferência e categorizar as alternativas. As relações de preferência são mostradas na Tabela 16.

Tabela 16 - Relações de preferência (Empresa B).

	<i>Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI</i>		<i>Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI</i>	
	b_1	b_2	b_1	b_2
Plástico 1	aRbh	aSbh	aRbh	aSbh
Plástico 2	aRbh	aSbh	aRbh	aSbh
Plástico 3	aRbh	aSbh	aRbh	aSbh
Aramados	aRbh	aRbh	aRbh	aRbh
Usinagem 1	aSbh	aSbh	aSbh	aSbh
Usinagem 2	aRbh	aRbh	bhSa	aRbh

Estabelecidas as relações de preferência entre as alternativas e os perfis das categorias, pode-se finalmente categorizar as alternativas. Os resultados da categorização são evidenciados na Tabela 17.

Tabela 17 - Resultado da categorização das alternativas (Empresa B).

	<i>Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy</i> e Electre TRI		<i>Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy</i> e Electre TRI	
	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista
Plástico 1	CT_1	CT_2	CT_1	CT_2
Plástico 2	CT_1	CT_2	CT_1	CT_2
Plástico 3	CT_1	CT_2	CT_1	CT_2
Aramados	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3
Usinagem 1	CT_1	CT_1	CT_1	CT_1
Usinagem 2	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3

5.2.3 Análise dos resultados (Empresa B)

Ao se analisar os resultados obtidos na Tabela 17, percebe-se que, assim como no caso da Empresa A, o procedimento otimista, de ambos os métodos, gerou resultados consideravelmente diferentes em relação à categorização do procedimento pessimista. Ao contrário do procedimento pessimista, que quando $\lambda = 1$, garante que a designação de uma alternativa à categoria C_h ocorrerá se e somente se $g_j(a)$ for igual ou maior que $g_j(b_h)$ para todo critério avaliado (MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000), o procedimento otimista não consegue manter a consistência quando há muitas relações de incomparabilidade, se mostrando ineficiente. No procedimento otimista, todas as alternativas foram classificadas como CT_1 . Contudo, nota-se que a maioria das alternativas apresentam critérios que não superam o limite b_1 , como podemos observar nos critérios: C_4 da alternativa Plástico 1; C_4 da alternativa Plástico 2; C_4 da alternativa Plástico 3; C_4 da alternativa Aramados; C_1 , C_2 e C_4 da alternativa Usinagem 2. Esta última observação também poderia sugerir que a parametrização dos perfis relativos ao critério C_4 poderia ser diferente, uma vez que a maioria das alternativas não conseguem superá-los. No entanto, em uma aplicação real, cabe aos tomadores de decisão definirem explicitamente quais os desempenhos mínimos aceitáveis para que o fornecedor se enquadre em cada categoria.

Outro ponto a ser destacado é que não há qualquer diferença entre a categorização do método que combina Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI, em relação à combinação de Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI. Além disso, o resultado da

agregação dos julgamentos, tanto dos pesos dos critérios, como do desempenho das alternativas estão bastante coesos.

5.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS MÉTODOS DIANTE DA HESITAÇÃO

Nos casos anteriores duas combinações de métodos foram avaliadas a partir de dados coletados nas empresas A e B. Sabe-se que a principal vantagem da primeira proposição de método, que combina o *Fuzzy Delphi*, o *Triangular Hesitant Fuzzy* e o ELECTRE TRI, é a possibilidade de que os tomadores de decisão possam hesitar em suas avaliações. Contudo, este tipo de avaliação não poderia ser tratada pela segunda combinação de métodos, que aplica *Fuzzy Delphi*, *Intuitionistic Fuzzy* e ELECTRE TRI. Desta forma, os participantes não foram autorizados a hesitar em suas avaliações. A hesitação modelada pelos conjuntos *Intuitionistic Fuzzy* é realizada na parametrização da escala de avaliação e não na agregação de múltiplos termos linguísticos usados por um único tomador de decisão, como ocorre nos conjuntos baseados no *Triangular Hesitant Fuzzy*. Neste cenário, para avaliar se os resultados poderiam ser diferentes a partir da hesitação dos participantes, suponha que haja hesitação na avaliação dos tomadores de decisão. Para a empresa A, suponha que os tomadores de decisão hesitem nas alternativas MEN3, MEN4 e MEN6, conforme Tabela 18. Os próximos passos agora resultam da aplicação do método que combina *Fuzzy Delphi*, *Triangular Hesitant Fuzzy* e ELECTRE TRI para ambos os casos (passo 2, 3, 4 e 5). Na Tabela 20 são mostrados os resultados da agregação obtida a partir das avaliações da Tabela 18 (passos 2 e 3). Nesta avaliação, optou-se por não provocar a hesitação na avaliação dos pesos dos critérios e nos pesos dos tomadores de decisão.

Na empresa B, suponha que os tomadores de decisão estão hesitantes na avaliação das alternativas Plástico 2 e Usinagem 2, como evidenciado na Tabela 19. Deste modo, a partir do uso de mais de um termo linguístico por alguns tomadores de decisão em alguns critérios, espera-se avaliar se o resultado da categorização das alternativas poderia ser consideravelmente diferente. Os próximos passos agora resultam da aplicação do método que combina *Fuzzy Delphi*, *Triangular Hesitant Fuzzy* e ELECTRE TRI para ambos os casos (passo 2, 3, 4 e 5).

Tabela 18. Avaliação da importância dos critérios e do desempenho do fornecedor com hesitação (Empresa A).

	Gerente de suprimentos (GS)						Compras 1 (COM1)						Compras 2 (COM2)					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
W (peso)	MI	MI	I	I	M	M	MI	MI	M	I	I	I	MI	MI	MI	MI	I	I
MEN1	MA	A	MA	B	A	M	B	MA	MA	M	A	A	A	MA	MA	M	M	MB
MEN2	M	M	MA	A	A	A	B	A	MA	M	MA	A	M	MA	MA	M	M	MB
MEN3	A	Entre M e MA	MA	M	A	A	A	Entre A e MA	MA	Entre A e MA	A	A	M	A	MA	Entre B e M	M	MA
MEN4	MA	MA	MA	M	B	MA	B	M	MA	Entre M e A	A	M	B	MA	MA	Entre B e M	M	MA
MEN5	MA	B	M	B	M	M	A	A	MA	A	MA	M	MB	B	B	M	M	MA
MEN6	MA	MA	MA	Entre B e M	A	B	B	A	MA	B	M	M	A	MA	MA	M	M	MA

Fonte: Baseado na coleta de dados na Empresa A.

Tabela 19 - Avaliação da importância dos critérios e do desempenho do fornecedor com hesitação (Empresa B).

	Scorecard (SC)				Logística (LOG)			
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4
W (peso)	MI	I	I	I	I	MI	MI	I
Plástico 1	M	B	MA	A	MA	A	A	M
Plástico 2	A	M	Entre A e MA	A	M	A	A	Entre M e A
Plástico 3	A	A	MA	A	MA	A	M	M
Aramados	A	A	MA	M	MA	A	M	M
Usinagem 1	A	A	MA	A	MA	A	A	A
Usinagem 2	Entre M e A	Entre M e A	MA	Entre M e A	M	M	B	M

Fonte: Baseado na coleta de dados na Empresa B.

Tabela 20 - Resultado da agregação dos julgamentos com hesitação (Empresa A).

	<i>Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI</i>					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
W (peso)	0,19	0,19	0,18	0,18	0,14	0,14
MEN1	0,19	0,19	0,18	0,18	0,14	0,14
MEN2	0,88	0,92	0,94	0,43	0,70	0,57
MEN3	0,51	0,89	0,94	0,68	0,89	0,65
MEN4	0,70	0,84	0,94	0,75	0,67	0,90
MEN5	0,84	0,91	0,94	0,55	0,59	0,91
MEN6	0,88	0,54	0,86	0,59	0,87	0,87

Da mesma forma, na Tabela 21 são mostrados os resultados da agregação da Empresa B, a partir das avaliações da 19 (passos 2 e 3). Assim como no caso da Empresa A, a hesitação foi provocada somente na avaliação das alternativas para alguns critérios.

Tabela 21 - Resultado da agregação dos julgamentos com hesitação (Empresa B).

	<i>Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI</i>			
	C_1	C_2	C_3	C_4
W (peso)	0,26	0,26	0,26	0,22
Plástico 1	0,892	0,584	0,912	0,67
Plástico 2	0,670	0,659	0,912	0,67
Plástico 3	0,912	0,750	0,831	0,71
Aramados	0,912	0,750	0,892	0,50
Usinagem 1	0,912	0,750	0,912	0,75
Usinagem 2	0,585	0,591	0,875	0,585

A partir dos resultados obtidos na agregação, obtêm-se as categorizações apresentadas na Tabela 22 e Tabela 23, para a Empresa A e Empresa B, respectivamente.

No caso da Empresa A, ao se observar os resultados da categorização, nota-se claramente que a hesitação provocou modificações na categorização final das alternativas MEN4 e MEN6. No procedimento pessimista, a alternativa MEN4 caiu para a categoria CT_2 , enquanto a alternativa MEN6 subiu para a categoria CT_1 , como se pode avaliar na Tabela 10 e Tabela 23.

Tabela 22 - Resultado da categorização das alternativas com hesitação (Empresa A).

	Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI	
	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista
MEN1	CT_1	CT_3
MEN2	CT_1	CT_3
MEN3	CT_1	CT_1
MEN4	CT_1	CT_2
MEN5	CT_1	CT_3
MEN6	CT_1	CT_1

Da mesma forma que no caso anterior, nota-se que a hesitação no processo de avaliação das alternativas Plástico 2 e Usinagem 2, na Empresa B, também geraram diferenças no processo de categorização. A alternativa Plástico 3 subiu para a categoria CT_1 , enquanto a alternativa Usinagem 2 subiu para a categoria CT_2 . Isto pode ser verificado na Tabela 17 e Tabela 23.

Tabela 23 - Resultado da categorização das alternativas com hesitação (Empresa B).

	Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI	
	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista
Plástico 1	CT_1	CT_2
Plástico 2	CT_1	CT_2
Plástico 3	CT_1	CT_1
Aramados	CT_1	CT_3
Usinagem 1	CT_1	CT_1
Usinagem 2	CT_1	CT_2

Deste modo, a suposição da hesitação em ambos os casos, tornou evidente que ela pode alterar os resultados do processo de categorização das alternativas. Deste modo, destaca-se que, quando necessário, é importante utilizar um método possa lidar com a hesitação de forma adequada no processo de tomada de decisão.

5.4 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS MÉTODOS QUANTO AOS PARÂMETROS DO ELECTRE TRI

Para avaliar o efeito dos parâmetros do ELECTRE TRI na categorização final das alternativas, duas análises de sensibilidade foram conduzidas. A primeira delas, teve por objetivo avaliar o impacto do peso dos critérios na categorização, para compreender se a suposição de efeito não compensatório do método é verdadeira para os métodos propostos.

Considere que os pesos sejam alterados conforme evidenciados na Tabela 24 para a Empresa A. Por conveniência, o critério C_3 foi escolhido para ter o maior peso, pois todas as alternativas tiveram bom desempenho no mesmo, o que poderia acarretar compensação.

Tabela 24 - Resultado da agregação dos julgamentos da Empresa A com os pesos alterados.

	Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI						Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
W (peso)	0,1	0,2	0,3	0,1	0,15	0,15	0,1	0,2	0,3	0,1	0,15	0,15
MEN1	0,88	0,92	0,94	0,43	0,70	0,57	0,747	0,864	0,900	0,456	0,685	0,517
MEN2	0,51	0,89	0,94	0,68	0,89	0,65	0,454	0,768	0,900	0,599	0,768	0,816
MEN3	0,70	0,92	0,94	0,86	0,70	0,90	0,685	0,864	0,900	0,697	0,685	0,816
MEN4	0,84	0,91	0,94	0,59	0,59	0,91	0,708	0,829	0,900	0,577	0,577	0,829
MEN5	0,88	0,54	0,86	0,59	0,87	0,87	0,718	0,527	0,674	0,577	0,721	0,708
MEN6	0,88	0,92	0,94	0,35	0,64	0,86	0,747	0,864	0,900	0,402	0,599	0,681

Para a categorização, aplica-se então o passo 4 e 5, e os resultados da categorização podem ser observados na Tabela 25. Ao se comparar tais resultados com aqueles que são mostrados na Tabela 10, nota-se que não há qualquer alteração entre as categorias, reforçando o objetivo de não compensação dos métodos.

Tabela 25 - Resultado da categorização das alternativas com alteração dos pesos (Empresa A).

	Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI		Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI	
	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista
MEN1	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3
MEN2	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3
MEN3	CT_1	CT_1	CT_1	CT_1
MEN4	CT_1	CT_1	CT_1	CT_2
MEN5	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3
MEN6	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3

Procedendo-se da mesma forma com os dados coletados na Empresa B, optou-se por alterar os pesos, de modo que o critério C_3 , que apresenta melhor desempenho das alternativas, tivesse o maior peso, como mostrado na Tabela 26.

Tabela 26 - Resultado da agregação dos julgamentos da Empresa B com alteração de pesos.

	Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI				Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI			
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4
W (peso)	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2
Plástico 1	0,892	0,584	0,912	0,67	0,776	0,584	0,842	0,654
Plástico 2	0,670	0,659	0,912	0,67	0,646	0,638	0,842	0,654
Plástico 3	0,912	0,750	0,892	0,67	0,842	0,750	0,776	0,654
Aramados	0,912	0,750	0,892	0,50	0,842	0,750	0,776	0,500
Usinagem 1	0,912	0,750	0,912	0,75	0,842	0,750	0,842	0,750
Usinagem 2	0,562	0,500	0,875	0,50	0,500	0,500	0,745	0,500

Da mesma forma que no caso anterior, a alteração dos pesos não resultou em qualquer alteração nas categorias designadas às alternativas, como se pode observar na Tabela 17 e Tabela 27, evidenciando mais uma vez que ambos os métodos não permitem a compensação entre os critérios.

Tabela 27 - Resultado da categorização das alternativas com alteração dos pesos (Empresa B).

	Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI		Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI	
	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista
Plástico 1	CT_1	CT_2	CT_1	CT_2
Plástico 2	CT_1	CT_2	CT_1	CT_2
Plástico 3	CT_1	CT_2	CT_1	CT_2
Aramados	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3
Usinagem 1	CT_1	CT_1	CT_1	CT_1
Usinagem 2	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3

A segunda análise, refere-se à redução dos níveis de corte. Como foi dito anteriormente, quando $\lambda = 1$, a categorização com o procedimento pessimista se mantém mais rigorosa e consistente. Isso ocorre pois, as alternativas analisadas só serão alocadas para uma determinada categoria, se o desempenho em todos os critérios for pelo menos igual aos limites dos perfis b_h . Quando o nível de corte é reduzido, não se pode garantir que todos os critérios ultrapassaram os limites dos perfis b_h . Contudo, a tendência é que alternativas sejam designadas para as categorias em que estiveram mais próximas, aumentando a flexibilidade da categorização. Suponha que o nível de corte seja $\lambda = 0,8$. Aplicando este valor para ambos os casos, e utilizando ambos os métodos propostos, obtêm-se as categorizações explicitadas na Tabela 28 e Tabela 29, para a empresa A e B, respectivamente.

Tabela 28 - Resultado da categorização das alternativas com $\lambda = 0,8$ (Empresa A).

	Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI		Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI	
	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista
MEN1	CT_1	CT_2	CT_1	CT_2
MEN2	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3
MEN3	CT_1	CT_1	CT_1	CT_1
MEN4	CT_1	CT_1	CT_1	CT_1
MEN5	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3
MEN6	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3

No caso da Empresa A, nota-se que a alternativa MEN1 subiu para a categoria CT_2 em ambos os métodos, enquanto a alternativa MEN4 subiu para a categoria CT_1 utilizando o método que combina Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI. Para a alternativa MEN1, tal alteração ocorre porque a maioria dos critérios superam o limite do perfil b_2 , com exceção dos critérios C_4 e C_6 (ver Tabela 7 e Tabela 8). Na alternativa MEN4, é possível notar que os critérios C_4 e C_5 não superavam o perfil b_1 , mas encontravam-se bem próximo a ele (ver Tabela 7 e Tabela 8).

Observando os resultados obtidos para Empresa B (Tabela 29), nota-se que a alteração do nível de corte gerou mudança de categoria da alternativa Plástico 3 para CT_1 com o uso da combinação de métodos Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI. Contudo, com

o uso do Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI não houve qualquer alteração. Observando os resultados da agregação dos julgamentos, expostos na Tabela 15, e dos parâmetros estabelecidos na Tabela 14, nota-se a alternativa apresentou um desempenho em C_4 bem próximo ao perfil b_1 , usando o primeiro método. Porém, no caso da agregação do segundo método, o Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI, além de C_4 , o critério C_3 também apresenta desempenho um abaixo do valor do perfil b_1 . Por este motivo, a redução do nível de corte não foi suficiente para promover alteração de categorização com o segundo método.

Tabela 29 - Resultado da categorização das alternativas com $\lambda = 0,8$ (Empresa B).

	Fuzzy Delphi, Triangular Hesitant Fuzzy e Electre TRI		Fuzzy Delphi, Intuitionistic Fuzzy e Electre TRI	
	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista	Procedimento Otimista	Procedimento Pessimista
Plástico 1	CT_1	CT_2	CT_1	CT_2
Plástico 2	CT_1	CT_2	CT_1	CT_2
Plástico 3	CT_1	CT_1	CT_1	CT_2
Aramados	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3
Usinagem 1	CT_1	CT_1	CT_1	CT_1
Usinagem 2	CT_1	CT_3	CT_1	CT_3

Assim, diante dos resultados obtidos em ambos os casos, com a redução do nível de corte, percebe-se que a categorização das alternativas se torna mais flexível utilizando ambos os métodos. Entretanto, quando o objetivo é garantir que o desempenho mínimo seja obtido em todos os critérios, recomenda-se que o nível de corte seja mantido $\lambda = 1$.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Os modelos de decisão empregados na gestão de fornecedores devem considerar o número de critérios e de tomadores de decisão, as situações de decisões, a incerteza, a inter-relação das decisões e do tipo de regra de decisão a ser usada (DE BOER; WEGEN; TELGEN, 1998). Tais características colaboram com o uso de um modelo adequado que colabore com o processo de tomada de decisão.

Diante da revisão apresentada e da análise dos processos decisórios em gestão de fornecedores, verifica-se na literatura uma multiplicidade de artigos com o uso de diferentes abordagens para alocação de pedidos e seleção, avaliação para o desenvolvimento de fornecedores. Entretanto, ainda há poucas pesquisas que consideram a qualificação de fornecedores no processo de seleção. Além disso, nestas pesquisas, a maioria destes métodos ou técnicas tem por objetivo obter uma ordenação das alternativas. No entanto, a atividade de qualificação deve considerar o uso de técnicas ou métodos não compensatórios para a categorização.

Assim, diferentemente dos estudos anteriores que abordam a qualificação de fornecedores no processo de seleção (ARABZAD et al., 2013; ARAZ; OZKARAHAN, 2007; CAO et al., 2014; HALLIKAS et al., 2005; IRFAN; SHENGCHUN; XIAOFEI, 2011; KEFER et al., 2016; LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2016; LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013a; OMURCA, 2013; OSIRO; LIMA -JUNIOR; CARPINETTI, 2014; PATTNAIK, 2013; REZAEI; ORTT, 2013a, 2013b; SARKAR; MOHAPATRA, 2006; SEPULVEDA; DERPICH, 2015; WU; BARNES, 2011; YU; WONG, 2014, 2015), essa tese buscou contemplar simultaneamente os requisitos da tomada de decisão em grupo, considerando a incerteza e hesitação, usando técnicas não compensatórias que são adequadas para a categorização de fornecedores. Para isto, esta pesquisa propôs e testou dois modelos de decisão para categorização de fornecedores: o primeiro combina ELECTRE TRI e os conjuntos *Triangular Hesitant Fuzzy* para modelar situações em que os tomadores de decisão têm a oportunidade de hesitar em seus julgamentos; o segundo combina ELECTRE TRI e os conjuntos *Intuitionistic Fuzzy* para modelar situações em que a hesitação está implícita nos parâmetros. Nos dois casos, um método de elicitação de preferências sugerido foi baseado no uso do *Fuzzy Delphi* e os operadores de agregação relativos à representação linguística empregada (*Intuitionistic* ou *Hesitant Fuzzy*). Ambos os modelos consideram várias características importantes deste processo de decisão:

- a) A incerteza dos julgamentos devido à natureza qualitativa de alguns critérios ou devido à possível falta de informações completas e também devido à incerteza implícita nos julgamentos sobre a importância relativa dos critérios;
- b) A hesitação dos múltiplos decisores envolvidos na avaliação da importância dos critérios e desempenho das alternativas;
- c) A importância de um processo de decisão multicritério não compensatório para fins de categorização;
- d) Julgamentos como consequência da agregação de julgamentos por múltiplos tomadores de decisão.

Os casos ilustrativos mostraram resultados de categorização consistentes, especialmente usando o procedimento pessimista de atribuição ELECTRE TRI. O teste com pesos de critérios diferentes não mostrou alteração nos resultados da categorização, confirmando o efeito não compensatório do método ELECTRE TRI como já apontado por Figueira et al. (2013) e Guarnieri (2014). Os testes com dados intencionalmente modificados para forçar a hesitação de julgamentos entre os tomadores de decisão também levaram a resultados consistentes e evidenciaram que a hesitação nos julgamentos tem o potencial de alterar a categorização das alternativas. O teste também demonstrou que o nível de corte ELECTRE TRI causa o enfraquecimento das regras de categorização como demonstrado por outros estudos (CERTA et al., 2017; MOUSSEAU; SLOWINSKI, 1998; MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000), embora as mudanças nos parâmetros de limite ELECTRE TRI permitam uma flexibilidade adicional para o processo de categorização. A análise de sensibilidade desses parâmetros já foi realizada e discutida por outros estudos (CERTA et al., 2017; DIAS et al., 2002; LÓPEZ, 2005; MOUSSEAU; SLOWINSKI, 1998; MOUSSEAU; SLOWINSKI; ZIELNIEWICZ, 2000; THE; MOUSSEAU, 2002).

Para Velasquez e Hester (2013) uma nova tendência em relação ao uso do método MCDM é combinar dois ou mais métodos para compensar falhas em qualquer método particular. Nesta pesquisa, a combinação entre as técnicas teve por objetivo contemplar diversas características que seriam difíceis de modelar com um uso de uma técnica isolada. Desta forma, mudanças no processo de agregação foram propostas, para que as representações linguísticas pudessem oferecer entradas para o modelo de categorização.

Diante da revisão e discussão da literatura e dos resultados apresentados, conclui-se que esta pesquisa atingiu seus objetivos. Sendo ele, propor o uso de técnicas de tomada de decisão em grupo, considerando características adicionais como: a presença da incerteza e hesitação; uso de técnicas de categorização com regras não compensatórias; elicitação de pesos e critérios,

quando necessários para a estruturação do problema. Além disso, para explicar a relação entre os processos de decisão na gestão de fornecedores, um modelo conceitual foi proposto, considerando os processos decisórios de qualificação, seleção, e avaliação para o desenvolvimento de fornecedores.

Esta tese buscou preencher as lacunas e explorar as oportunidades de pesquisa apontadas pelas buscas sistemáticas, sendo elas:

- a) A consideração da etapa de qualificação na atividade de seleção de fornecedores;
- b) A utilização de técnicas ou métodos de categorização para a qualificação de fornecedores com regras não compensatórias;
- c) A tomada de decisão em grupo no processo de qualificação de fornecedores;
- d) A tomada de decisão em grupo para a categorização de alternativas, diante da incerteza e hesitação.
- e) Escassez de modelos que tratem da qualificação, seleção e avaliação de fornecedores para o desenvolvimento de forma integrada.
- f) O uso de métodos adequados de elicitação de preferências na seleção de fornecedores.

Diante das questões abordadas nesta tese e das propostas de técnicas de tomada de decisão, destaca-se como contribuições inéditas a consideração de um conjunto de características, que ainda não foram consideradas na literatura de forma simultânea nos processos de tomada de decisão em gestão de fornecedores. Além disso, também não foram verificadas na literatura de tomada de decisão em grupo abordagens de tomada de decisão que contemplassem a possibilidade de hesitação dos tomadores de decisão, na avaliação das alternativas, com o uso de um método de categorização não compensatório. Embora inúmeras pesquisas anteriores tenham explorado o uso de técnicas de tomada de decisão multicritérios na gestão de fornecedores, nenhum dos estudos propõe um modelo de decisão que aborda todas essas questões.

6.1 DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DE PESQUISA

No que se refere à realização desta pesquisa, algumas dificuldades e limitações foram encontradas, sendo elas:

- a) Dificuldade ao acesso às empresas: No que se refere possível implementação e coleta de dados, muitas empresas não apresentaram interesse na participação desta pesquisa, o que exigiu uma simplificação do processo de tomada de decisão. Nos casos ilustrativos,

o processo de elicitación foi realizado de forma bastante simplificada, para que não fosse demandado muito tempo para a coleta.

- b) Falta de profundidade nos casos: Por se tratar de visitas de curta duração nas empresas participantes, o observador não teve a oportunidade de confrontar com observações próprias com os julgamentos obtidos por meio de formulários. Em ambos os casos, os formulários foram preenchidos posteriormente e enviados ao pesquisador.

6.2 PROPOSTAS PARA PESQUISAS FUTURAS

Como propostas de pesquisa adicional, sugere-se que testes adicionais sejam realizados para avaliar o desempenho dos métodos propostos. Nestes testes, poderiam ser considerados cenários de elevada discordância entre os decisores e cenários de elevada concordância. Além disso, em testes adicionais outras técnicas de categorização, com regras não compensatórias, poderiam ser exploradas com o objetivo comparar seus resultados com a proposta apresentada neste estudo.

Outra sugestão para pesquisas futuras está relacionada ao uso de outros métodos de elicitación, para avaliar o resultado inicial obtido na definição das preferências dos decisores.

REFERÊNCIAS

- ABDOLSHAH, M. A Review of Quality Criteria Supporting Supplier Selection. **Journal of Quality and Reliability Engineering**, v. 2013, p. 1–9, 2013.
- AGARWAL, P. et al. A review of multi-criteria decision making techniques for supplier evaluation and selection. **International Journal of Industrial Engineering Computations**, v. 2, p. 801–810, 2011.
- AHMED, M.; HENDRY, L. Supplier Development Literature Review and Key Future Research Areas. **International Journal of Engineering and Technology Innovation**, v. 2, n. 1, p. 293–303, 2012.
- AI, F.-Y.; YANG, J.-Y.; ZHANG, P.-D. An approach to multiple attribute decision making problems based on hesitant fuzzy set. **Journal of Intelligent & Fuzzy Systems**, v. 27, n. 6, p. 2749–2755, 2014.
- AISSAOUI, N.; HAOUARI, M.; HASSINI, E. Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. **Computers and Operations Research**, v. 34, p. 3516–3540, 2007.
- AKDOGAN, A. A.; DEMIRTAS, O. Managerial Role in Strategic Supply Chain Management. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 150, p.1020-1029.
- AKMAN, G. Evaluating suppliers to include green supplier development programs via fuzzy c-means and VIKOR methods. **Computers & Industrial Engineering**, v. 86, p. 69–82, 2015.
- ALBINO, V.; CARBONARA, N.; GIANNOCARO, I. Supply chain cooperation in industrial districts: A simulation analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 177, n. 1, p. 261–280, 2007.
- ALENCAR, L. H.; ALMEIDA, A. T. DE. Multicriteria decision group model for the selection of suppliers. **Pesquisa Operacional**, v. 28, n. 2, p. 321–337, 2008.
- ALMEIDA, A. T. et al. **Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis**. [s.l.] Springer International Publishing Switzerland, 2015. v. 231
- ALMEIDA, A. T. et al. A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. **European Journal of Operational Research**, v. 250, n. 1, p. 179–191, 2016.
- ALMEIDA, A. T. et al. **Decisão em Grupo e Negociação: Métodos e Aplicações**. São Paulo: Editora Atlas, 2012.
- ALMEIDA, A. T.; WACHOWICZ, T. Preference Analysis and Decision Support in Negotiations and Group Decisions. **Group Decision and Negotiation**, v. 26, n. 4, p. 649–652, 2017.
- ALTINOZ, C.; KILDUFF, P.; WINCHESTER JUNIOR, S. C. Current issues and methods in supplier selection. **Journal of the Textile Institute**, v. 92, n. 2, p. 128–141, 2010.

- AMIN, S. H.; RAZMI, J. An integrated fuzzy model for supplier management: A case study of ISP selection and evaluation. **Expert Systems with Applications**, v. 36, p. 8639–8648, 2009.
- ARABZAD, S. M. et al. DEA and TOPSIS techniques for purchasing management: The case of aircraft manufacturing industry. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v. 14, n. 2, p. 242–260, 2013.
- ARAZ, C.; OZFIRAT, P. M.; OZKARAHAN, I. An integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management. **Computers and Operations Research**, v. 34, n. 12, p. 3738–3756, 2007.
- ARAZ, C.; OZKARAHAN, I. Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure. **International Journal of Production Economics**, v. 106, p. 585–606, 2007.
- ARROYO-LÓPEZ, P.; HOLMEN, E.; DE BOER, L. How do supplier development programs affect suppliers? **Business Process Management Journal**, v. 18, n. 4, p. 680–707, 2012.
- ARULDOSS, M. A Survey on Multi Criteria Decision Making Methods and Its Applications. **American Journal of Information Systems**, v. 1, n. 1, p. 31–43, 2013.
- ASADABADI, M. R. A hybrid QFD-based approach in addressing supplier selection problem in product improvement process. **International Journal of Industrial Engineering Computations**, v. 5, n. 4, p. 543–560, 2014.
- ASHTIANI, B. et al. Extension of fuzzy TOPSIS method based on interval-valued fuzzy sets. **Applied Soft Computing Journal**, v. 9, p. 457–461, 2009.
- ATANASSOV, K. T. Intuitionistic Fuzzy Set. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 20, p. 87–96, 1986.
- AYHAN, M. B.; KILIC, H. S. A two stage approach for supplier selection problem in multi-item/multi-supplier environment with quantity discounts. **Computers & Industrial Engineering**, v. 85, p. 1–12, 2015.
- AZADNIA, A. H.; SAMAN, M. Z. M.; WONG, K. Y. Sustainable supplier selection and order lot-sizing: an integrated multi-objective decision-making process. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 2, p. 383–408, 2015.
- BAGCHI, D. et al. **Incentive compatible green procurement using scoring rules**IEEE International Conference on Automation Science and Engineering. **Anais...**2013
- BAI, C.; SARKIS, J. Evaluating supplier development programs with a grey based rough set methodology. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 11, p. 13505–13517, 2011.
- BALEŽENTIS, A.; BALEŽENTIS, T. An innovative multi-criteria supplier selection based on two-tuple multimooora and hybrid data. **Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research**, v. 2, p. 1–20, 2011.
- BALI, Ö.; GÜMÜŞ, S.; DAĞDEVIREN, M. A Group MADM Method for Personnel Selection Problem Using Delphi Technique Based on Intuitionistic Fuzzy Sets. **Journal of Military and Information Science**, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2010.

- BAYRAK, M. Y.; ÇELEBI, N.; TAŞKIN, H. A fuzzy approach method for supplier selection. **Production Planning & Control**, v. 18, n. 1, p. 54–63, 2007.
- BEIKKHAKHIAN, Y. et al. The Application of ISM Model in Evaluating Agile Suppliers Selection Criteria and Ranking Suppliers Using Fuzzy TOPSIS-AHP Methods. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 15–16, p. 6224–6236, 2015.
- BELLMAN, R. E.; ZADEH, L. A. Decision-making in a fuzzy environment. **Management Science**, v. 17, n. 4, p. 141–165, 1970.
- BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002.
- BHUTTA, K. S.; HUQ, F. Supplier selection problem: a comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 7, n. 3, p. 126–135, 2002.
- BICHLER, M. et al. Compact bidding languages and supplier selection for markets with economies of scale and scope. **European Journal of Operational Research**, v. 214, n. 1, p. 67–77, 2011.
- BORAN, E. F. et al. A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. **Expert Systems With Applications**, v. 36, n. 8, p. 11363–11368, 2009.
- BRAGLIA, M.; PETRONI, A. A quality assurance-oriented methodology for handling trade-offs in supplier selection. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 30, p. 96–112, 2000.
- CAI, F. L.; LIAO, X.; WANG, K. L. An interactive sorting approach based on the assignment examples of multiple decision makers with different priorities. **Annals of Operations Research**, v. 197, n. 1, p. 87–108, 2012.
- ÇAKIR, S. Selecting appropriate ERP software using integrated fuzzy linguistic preference relations – fuzzy TOPSIS method. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v. 9, n. 3, p. 433–449, 2016.
- CAO, Y. et al. Supplier pre-selection for platform-based products: a multi-objective approach. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 1, p. 1–19, 2014.
- CASTRO, R. E. DE. **Otimização de estruturas com multi-objetivos via algoritmos genéticos**. [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.
- CELIK, E.; ERDOGAN, M.; GUMUS, A. T. An extended fuzzy TOPSIS-GRA method based on different separation measures for green logistics service provider selection. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 13, n. 5, p. 1377–1392, 2016.
- CERTA, A. et al. ELECTRE TRI-based approach to the failure modes classification on the basis of risk parameters: An alternative to the risk priority number. **Computers and Industrial Engineering**, v. 108, p. 100–110, 2017.

- CHAI, J.; LIU, J. N. K.; NGAI, E. W. T. Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 10, p. 3872–3885, 2013.
- CHAI, J.; NGAI, E. W. T. Multi-perspective strategic supplier selection in uncertain environments. **International Journal of Production Economics**, v. 166, p. 215–225, 2015.
- CHAI, J.; NGAI, E. W. T. Decision model for complex group argumentation. **Expert Systems With Applications**, v. 45, p. 223–233, 2016.
- CHAMODRAKAS, I.; BATIS, D.; MARTAKOS, D. Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 1, p. 490–498, 2010.
- CHANG, P. C.; WANG, Y. W. Fuzzy Delphi and back-propagation model for sales forecasting in PCB industry. **Expert Systems with Applications**, v. 30, n. 4, p. 715–726, 2006.
- CHAUDHRY, S. S.; FORST, F. G.; ZYDIAK, J. L. Vendor selection with price breaks. **European Journal of Operational Research**, v. 70, p. 52–66, 1993.
- CHAVHAN, R.; MAHAJAN, S. K.; SARANG, J. P. Supplier Development: Theories and Practices. **IOSR Journal of ...**, v. 3, n. 3, p. 37–51, 2012.
- CHEN, G.; PHAM, T. T. **Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy control systems**. [s.l.] CRC Press, 2000.
- CHEN, M.; WANG, S. The use of a hybrid fuzzy-Delphi-AHP approach to develop global business intelligence for information service firms. **Expert Systems With Applications**, v. 37, n. 11, p. 7394–7407, 2010.
- CHEN, W.; YANG, Z.; PAN, W. Port Strategic Alliance Partner Selection Using Grey Target Model Based on Error Propagation and Vertical Projection Distance. **Journal of Coastal Research: Special Issue 73 - Recent Developments of Port and Ocean Engineering**, v. 73, p. 797–805, 2015.
- CHEN, Y. J. Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain. **Information Sciences**, v. 181, n. 9, p. 1651–1670, 2011.
- CHEN, Y.; KILGOUR, D. M.; HIPEL, K. W. A Decision Rule Aggregation Approach to Multiple Criteria-Multiple Participant Sorting. **Group Decision and Negotiation**, v. 21, p. 727–745, 2012.
- CHEN, Z.; BEN-ARIEH, D. On the fusion of multi-granularity linguistic label sets in group decision making. **Computers and Industrial Engineering**, v. 51, n. 3, p. 526–541, 2006.
- CHOI, T. Y.; HARTLEY, J. L. An exploration of supplier selection practices across the supply chain. **Journal of Operations Management**, v. 14, p. 333, 1996.
- CHOU, S. Y.; CHANG, Y. H. A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach. **Expert Systems with Applications**, v. 34, p. 2241–2253, 2008.

CHOUDHARY, D.; SHANKAR, R. Joint decision of procurement lot-size, supplier selection, and carrier selection. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 19, n. 1, p. 16–26, 2013.

CHOY, K. L. et al. A knowledge-based supplier intelligence retrieval system for outsource manufacturing. **Knowledge-Based Systems**, v. 18, p. 1–17, 2005.

COSTA, J. P. et al. The AGAP system: A GDSS for project analysis and evaluation. **European Journal of Operational Research**, v. 145, n. 2, p. 287–303, 2003.

DALKEY, N.; HELMER, O. **An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Experts** Management Science, 1963.

DAMART, S.; DIAS, L. C.; MOUSSEAU, V. Supporting groups in sorting decisions: Methodology and use of a multi-criteria aggregation/disaggregation DSS. **Decision Support Systems**, v. 43, n. 4, p. 1464–1475, 2007.

DARABI, S.; HEYDARI, J. An Interval- Valued Hesitant Fuzzy Ranking Method based on Group Decision Analysis for Green Supplier Selection. **IFAC-PapersOnLine**, v. 49, n. 2, p. 12–17, 2016.

DE, S. K.; BISWAS, R.; ROY, A. R. Some operations on intuitionistic fuzzy sets. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 114, n. 3, p. 477–484, 2000.

DE BOER, L. **Design of a toolbox for supplier selection**. [s.l.] Operations research in support of purchasing, Ph.D. Thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands., 1998.

DE BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 7, p. 75–89, 2001.

DE BOER, L.; WEGEN, L. VAN DER; TELGEN, J. Outranking methods in support of supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 4, p. 109–118, 1998.

DE MORAIS BEZERRA, F.; MELO, P.; COSTA, J. P. Visual and Interactive Comparative Analysis of Individual Opinions: A Group Decision Support Tool. **Group Decision and Negotiation**, v. 23, n. 1, p. 101–125, 2014.

DEMIRTAS, E. A.; ÜSTÜN, Ö. An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation. **Omega**, v. 36, n. 1, p. 76–90, 2008.

DEMPSEY, W. A. Vendor selection and the buying process. **Industrial Marketing Management**, v. 7, p. 257–267, 1978.

DIAS, L. et al. An aggregation/disaggregation approach to obtain robust conclusions with ELECTRE TRI. **European Journal of Operational Research**, v. 138, n. 2, p. 332–348, 2002.

DIAS, L. C.; CLÍMACO, J. N. ELECTRE TRI for groups with imprecise information on parameter values. **Group Decision and Negotiation**, v. 9, n. 5, p. 355–377, 2000.

DICKSON, G. W. An analysis of vendor selection systems and decisions. **Journal of Purchasing**, v. 2, n. 1, p. 5–17, 1966.

DRAGINCIC, J.; VRANESEVIC, M. AHP-Based Group Decision Making Approach to Supplier Selection of Irrigation Equipment. **Water Resources**, v. 41, n. 6, p. 782–791, 2014.

DYER, J. S. et al. Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: The Next Ten Years. **Management Science**, v. 38, n. 5, p. 645–654, 1992.

ELLRAM, L. M. The supplier selection decision in strategic partnerships. **Journal of Purchasing and Materials Management**, v. 26, p. 8–14, 1990.

ERDEM, A. S.; GÖÇEN, E. Development of a decision support system for supplier evaluation and order allocation. **Expert Systems with Applications**, v. 39, p. 4927–4937, 2012.

ERTUĞRUL, İ.; KARAKAŞOĞLU, N. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 39, p. 783–795, 2008.

ESANGBEDO, M. O.; CHE, A. Grey weighted sum model for evaluating business environment in West Africa. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2016, n. Mcdm, 2016.

ESTRELLA, F. J. et al. FLINTSTONES: A fuzzy linguistic decision tools enhancement suite based on the 2-tuple linguistic model and extensions. **Information Sciences**, v. 280, p. 152–170, 2014.

FAN, G. et al. A hybrid fuzzy evaluation method for curtain grouting efficiency assessment based on an AHP method extended by D numbers. **Expert Systems with Applications**, v. 44, p. 289–303, 2016.

FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. Second Edi ed. New York: Springer, 2016. v. 233

FIGUEIRA, J. R. et al. Electre Tri-C, a multiple criteria decision aiding sorting model applied to assisted reproduction. **International Journal of Medical Informatics**, v. 80, n. 4, p. 262–273, 2011.

FIGUEIRA, J. R. et al. An Overview of ELECTRE Methods and their Recent Extensions. **Journal of Multi-criteria Decision Analysis**, v. 20, p. 65–85, 2013.

FIGUEIRA, J.; ROY, B. Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. **European Journal of Operational Research**, v. 139, n. 2, p. 317–326, 2002.

FONTANA, M. E.; CAVALCANTE, C. A. V. Electre tri method used to storage location assignment into categories. **Pesquisa Operacional**, v. 33, n. 2, p. 283–303, 2013.

FONTANA, M. E.; NEPOMUCENO, V. S. Multi-criteria approach for products classification and their storage location assignment. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 88, p. 3205–3216, 2017.

FORS, H. N.; HARRAZ, N. A.; ABOUALI, M. G. **Supplier Selection and order allocation in supply chain management** Proceedings of the 41st International Conference on Computers & Industrial Engineering. **Anais...** Los Angeles, Califórnia, Estados Unidos: 2011

FREJ, E. A. et al. A Multicriteria Decision Model for Supplier Selection in a Food Industry Based on FITradeoff Method. **Hindawi Mathematical Problems in Engineering**, v. 2017, p. 1–9, 2017.

FYNES, B.; VOSS, C.; DE BÚRCA, S. The impact of supply chain relationship quality on quality performance. **International Journal of Production Economics**, v. 96, n. 3, p. 339–354, 2005.

GABALLA, A. A. Minimum cost allocation of tenders. **Operational Research Quarterly**, v. 25, p. 389–398, 1974.

GANESH KUMAR, C.; NAMBIKIRAJAN, T. An Integrated Model for Supply Chain Management Components, Supply Chain Performance and Organizational Performance: Purification and Validation of a Measurement Instrument. **Journal of Contemporary Management Research**, v. 8, n. 2, p. 37–56, 2013.

GARAI, A.; ROY, T. K. WEIGHTED INTUITIONISTIC FUZZY DELPHI. **Journal of Global Research in Computer Science**, v. 4, n. 7, p. 38–42, 2013.

GARCÍA, T. J. M. et al. A consensus model for group decision making problems with linguistic interval fuzzy preference relations. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 11, p. 10022–10030, 2012.

GHODSYPOUR, S. H.; O'BRIEN, C. A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. **International Journal of Production Economics**, v. 56–57, p. 199–212, 1998.

GHODSYPOUR, S. H.; O'BRIEN, C. The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. **International Journal of Production Economics**, v. 73, n. 424, p. 15–27, 2001.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GITINAVARD, H.; MOUSAVI, S. M.; VAHDANI, B. Soft computing-based new interval-valued hesitant fuzzy multi-criteria group assessment method with last aggregation to industrial decision problems. **Soft Computing**, v. 1, p. 1–19, 2016.

GOLMOHAMMADI, D. et al. Supplier Selection Based on a Neural Network Model Using Genetic Algorithm. **IEEE Transactions on Neural Networks**, v. 20, n. 9, p. 1504–1519, 2009.

GONZÁLEZ, M. E.; QUESADA, G.; MONGE, C. A M. Determining the importance of the supplier selection process in manufacturing: a case study. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 34, p. 492–504, 2004.

GOVINDAN, K.; KANNAN, D.; HAQ, A. N. Analyzing supplier development criteria for an automobile industry. **Industrial Management & Data Systems**, v. 110, p. 43–62, 2010a.

GOVINDAN, K.; KANNAN, D.; HAQ, A. N. Analyzing supplier development criteria for an automobile industry. **Industrial Management and Data Systems**, v. 110, p. 43–62, 2010b.

GOVINDAN, K.; SIVAKUMAR, R. Green supplier selection and order allocation in a low-carbon paper industry: integrated multi-criteria heterogeneous decision-making and multi-

objective linear programming approaches. **Annals of Operations Research**, v. 238, n. 1–2, p. 243–276, 2016.

GU, L.; GAO, X.; WU, S. A synthetic method of partnership supplier qualification selection based on criteria classification. **Journal of University of Science and Technology Beijing**, v. 30, n. 11, p. 1322–1327, 2008.

GUARNIERI, P. Decision making regarding information sharing in collaborative relationships under an MCDA perspective. **International Journal of Management and Decision Making**, v. 13, n. 1, p. 77, 2014.

HADI-VENCHEH, A.; NIAZI-MOTLAGH, M. An improved voting analytic hierarchy process-data envelopment analysis methodology for suppliers selection. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 24, n. 3, p. 189–197, 2011.

HALLIKAS, J. et al. Risk-based classification of supplier relationships. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 11, n. 2–3, p. 72–82, 2005.

HAMMAMI, R.; TEMPONI, C.; FREIN, Y. A scenario-based stochastic model for supplier selection in global context with multiple buyers, currency fluctuation uncertainties, and price discounts. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 1, p. 159–170, 2014.

HATEFI, S. M.; RAZMI, J. An integrated methodology for supplier selection and order allocation in the presence of imprecise data. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 15, n. 1, p. 51–68, 2013.

HERRERA, F.; MARTÍNEZ, L. A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multigranular hierarchical linguistic contexts in multi-expert decision-making. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics**, v. 31, n. 2, p. 227–234, 2001.

HO, W.; XU, X.; DEY, P. K. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 202, n. 1, p. 16–24, 2010.

HONG, G. H. et al. An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship. **Expert Systems with Applications**, v. 28, n. 4, p. 629–639, 2005.

HOSSEININASAB, A.; AHMADI, A. Selecting a supplier portfolio with value, development, and risk consideration. **European Journal of Operational Research**, v. 245, n. 1, p. 146–156, 2015.

IRFAN, D.; SHENGCHUN, D.; XIAOFEI, X. Hybrid-LWM : A linear-model based hybrid clustering algorithm for supplier categorisation. **International Journal of Systems, Control and Communications**, v. 3, n. 3, p. 270–279, 2011.

ISHIKAWA, A. et al. The max–min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 55, n. 3, p. 241–253, 1993.

ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software**. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2013.

- IZADIKHAH, M. Group decision making process for supplier selection with TOPSIS method under interval-valued intuitionistic fuzzy numbers. **Advances in Fuzzy Systems**, v. 2012, 2012.
- JABEUR, K.; MARTEL, J.-M. An ordinal sorting method for group decision-making. **European Journal of Operational Research**, v. 180, p. 1272–1289, 2007.
- KADZIŃSKI, M.; GRECO, S.; SŁOWIŃSKI, R. Selection of a Representative Value Function for Robust Ordinal Regression in Group Decision Making. **Group Decision and Negotiation**, v. 22, p. 429–462, 2013.
- KAHRAMAN, C.; OZTAYSI, B.; ONAR, S. C. A Multicriteria Supplier Selection Model Using Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets. **Journal of Mult.-Valued Logic & Soft Computing**, v. 26, p. 315–333, 2016a.
- KAHRAMAN, C.; OZTAYSI, B.; ONAR, S. C. Multicriteria Supplier Selection Model Using Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets. **Journal of Multiple-valued Logic and Soft Computing**, v. 26, n. 3, p. 315–333, 2016b.
- KAR, A. K. Revisiting the supplier selection problem: An integrated approach for group decision support. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 6, p. 2762–2771, 2014.
- KARLSSON, C. (ED. . **Research Methods for Operations Management**. 1^a ed. New York and London: Routledge, 2009.
- KAUFMANN, A.; GUPTA, M. M. **Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science**. New York: Elsevier Science Inc., 1988.
- KEENEY, R. L. Feature Article Decision Analysis : An Overview. **Operations Research**, v. 30, n. 5, p. 803–838, 1982.
- KEFER, P. et al. Fuzzy multicriteria ABC supplier classification in global supply Chain. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2016, p. 5–10, 2016.
- KESUR, K. B. Advances in Genetic Algorithm Optimization of Traffic Signals. **Journal of Transportation Engineering**, v. 135, n. 4, p. 160, 2009.
- KHALEIE, S.; FASANGHARI, M. An intuitionistic fuzzy group decision making method using entropy and association coefficient. **Soft Computing**, v. 16, p. 1197–1211, 2012.
- KILGOUR, D. M.; CHEN, Y.; HIPEL, K. W. Multiple criteria approaches to group decision and negotiation. In: EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J. R.; GRECO, S. **Trends in multiple criteria decision analysis**. [s.l.] Springer, 2010. p. 317–338.
- KIRYTOPOULOS, K. et al. Multiple sourcing strategies and order allocation: an ANP-AUGMECON meta-model. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 15, p. 263–276, 2010.
- KOPPENHAGEN, N. et al. Designing a supply network artifact for data, process, and people integration. **Information Systems and e-Business Management**, v. 14, n. 3, p. 613–636, 2016.
- KORHONEN, P.; MOSKOWITZ, H.; WALLENIUS, J. Multiple criteria decision support - A

- review. **European Journal of Operational Research**, v. 63, n. 3, p. 361–375, 1992.
- KRALJIC, P. Purchasing must become supply management. **Harvard Business Review**, v. 61, n. 5, p. 109–117, 1983.
- KRAUSE, D. R. The antecedents of buying firms' efforts to improve suppliers. **Journal of Operations Management**, v. 17, n. 2, p. 205–224, 1999.
- KRAUSE, D. R.; ELLRAM, L. M. Critical elements of supplier development The buying-firm perspective. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 3, n. 1, p. 21–31, 1997.
- KRAUSE, D. R.; HANDFIELD, R. B.; SCANNELL, T. V. An empirical investigation of supplier development: reactive and strategic processes. **Journal of Operations Management**, v. 17, p. 39–58, 1998.
- KRAUSE, D. R.; HANDFIELD, R. B.; TYLER, B. B. The relationships between supplier development, commitment, social capital accumulation and performance improvement. **Journal of Operations Management**, v. 25, p. 528–545, 2007.
- KRAUSE, D. R.; SCANNELL, T. V.; CALANTONE, R. J. A Structural Analysis of the Effectiveness of Buying Firms' Strategies to Improve Supplier Performance. **Decision Sciences**, v. 31, n. 1, p. 33–55, 2000.
- KUMAR, S.; CLEMENS, A. C.; KELLER, E. W. Supplier management in a manufacturing environment: A strategically focussed performance scorecard. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 63, n. 1, p. 127–138, 2014.
- KUO, R. J.; WANG, Y. C.; TIEN, F. C. Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 12, p. 1161–1170, 2010.
- KUO, Y. F.; CHEN, P. C. Constructing performance appraisal indicators for mobility of the service industries using Fuzzy Delphi Method. **Expert Systems with Applications**, v. 35, n. 4, p. 1930–1939, 2008.
- LEE, E. S.; LI, R. J. Comparison of fuzzy numbers based on the probability measure of fuzzy events. **Computers and Mathematics with Applications**, v. 15, n. 10, p. 887–896, 1988.
- LEE, J.; CHO, H.; SEOG, Y. Assessing business impacts of agility criterion and order allocation strategy in multi-criteria supplier selection. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 3, p. 1136–1148, 2015.
- LEONETI, A. B. Utility Function for modeling Group Multicriteria Decision Making problems as games. **Operations Research Perspectives**, v. 3, p. 21–26, 2016.
- LEYVA-LÓPEZ, J. C.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, E. A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology. **European Journal of Operational Research**, v. 148, n. 1, p. 14–27, 2003.
- LI, K.; SHANG, Z. Research on the Shenzhou spacecraft supplier classification based on cluster analysis. **Binggong Xuebao/Acta Armamentarii**, v. 30, n. 1, p. 70–74, 2009.

- LI, C.; QI, Z.; FENG, X. A multi-risks group evaluation method for the informatization project under linguistic. **Journal of Intelligent & Fuzzy Systems**, v. 26, p. 1581–1592, 2014.
- LI, S. et al. The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance. **Omega**, v. 34, n. 2, p. 107–124, 2006.
- LI, S. T.; CHOU, W. C. Power planning in ICT infrastructure: A multi-criteria operational performance evaluation approach. **Omega (United Kingdom)**, v. 49, p. 134–148, 2014.
- LI, Y.; LIAO, X.; ZHAO, W. A rough set approach to knowledge discovery in analyzing competitive advantages of firms. **Annals of Operations Research**, v. 168, n. 1, p. 205–223, 2009.
- LIAO, Z.; RITTSCHER, J. A multi-objective supplier selection model under stochastic demand conditions. **Intern. Journal of Production Economics**, v. 105, p. 2006–2008, 2007.
- LIMA-JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. Combining SCOR® model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management. **International Journal of Production Economics**, v. 174, p. 128–141, 2016.
- LIMA JUNIOR, F. R.; CARVALHO, G. M. R.; CARPINETTI, L. C. R. Uma metodologia baseada no modelo SCOR® e em inferência fuzzy para apoiar a avaliação de desempenho de fornecedores. **Gestão & Produção**, v. 1, p. 1–20, 2016.
- LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. A fuzzy inference and categorization approach for supplier selection using compensatory and non-compensatory decision rules. **Applied Soft Computing Journal**, v. 13, n. 10, p. 4133–4147, 2013a.
- LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. **Gestão & Produção**, v. 20, p. 781–801, 2013b.
- LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade e desempenho de fornecedores. In: Otávio José de Oliveira. (Org.). Gestão da Produção e Operações.** 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- LIN, C. Application of fuzzy Delphi method (FDM) and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) to criteria weights for fashion design scheme evaluation. **International Journal of Clothing Science and Technology**, v. 25, n. 3, p. 171–183, 2013.
- LIN, R. H. An integrated FANP-MOLP for supplier evaluation and order allocation. **Applied Mathematical Modelling**, v. 33, n. 6, p. 2730–2736, 2009.
- LIU, F. H. F.; HAI, H. L. The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier. **International Journal of Production Economics**, v. 97, n. 3, p. 308–317, 2005.
- LIU, H.; JIANG, L.; MARTÍNEZ, L. A dynamic multi-criteria decision making model with bipolar linguistic term sets. **Expert Systems with Applications**, v. 95, p. 104–112, 2018.
- LIU, H.; RODRÍGUEZ, R. M. A fuzzy envelope for hesitant fuzzy linguistic term set and its application to multicriteria decision making. **Information Sciences**, v. 258, p. 220–238, 2014.

LIU, J.; LIAO, X.; YANG, J. A group decision-making approach based on evidential reasoning for multiple criteria sorting problem with uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 246, n. 3, p. 858–873, 2015.

LIU, K.; LIU, Y.; QIN, J. An integrated ANP-VIKOR methodology for sustainable supplier selection with interval type-2 fuzzy sets. **Granular Computing**, In Press, 2018.

LIU, P. Some generalized dependent aggregation operators with intuitionistic linguistic numbers and their application to group decision making. **Journal of Computer and System Sciences**, v. 79, n. 1, p. 131–143, 2013.

LÓPEZ, C.; ISHIZAKA, A. GAHPSort: A new group multi-criteria decision method for sorting a large number of the cloud-based ERP solutions. **Computers in Industry**, v. 92–93, p. 12–24, 2017.

LÓPEZ, J. C. L. Multicriteria Decision Aid Application To a Student Selection Problem. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 1, p. 45–68, 2005.

LUZZINI, D.; CANIATO, F.; SPINA, G. Designing vendor evaluation systems: An empirical analysis. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 20, n. 2, p. 113–129, 2014.

MACHARIS, C.; BRANS, J.-P. **The GDSS PROMETHEE procedure** *Journal of Decision Systems*, 1998.

MARDANI, A.; JUSOH, A.; ZAVADSKAS, E. K. Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications - Two decades review from 1994 to 2014. **Expert Systems with Applications**, v. 42, n. 8, 2015.

MARTÍNEZ, L.; HERRERA, F. An overview on the 2-tuple linguistic model for computing with words in decision making: Extensions, applications and challenges. **Information Sciences**, v. 207, p. 1–18, 2012.

MARTINS, R. A. Abordagens Quantitativa e Qualitativa. In: **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 226.

MASOUMI, I.; AHANGARI, K.; NOORZAD, A. Reliable monitoring of embankment dams with optimal selection of geotechnical instruments. **Structural Monitoring and Maintenance**, v. 4, n. 1, p. 85–105, 2017.

MATA, F.; CHICLANA, F. A Consensus Support System Model for Group Decision-Making Problems With Multigranular Linguistic Preference Relations. **IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS**, v. 13, n. 5, p. 644–658, 2005.

MOHAMMADITABAR, D.; GHODSYPOUR, S. H. A supplier-selection model with classification and joint replenishment of inventory items. **International Journal of Systems Science**, v. 47, n. 8, p. 1745–1754, 2016.

MONTAJABIHA, M. An Extended PROMETHE II Multi-Criteria Group Decision Making Technique Based on Intuitionistic Fuzzy Logic for Sustainable Energy Planning. **Group Decision and Negotiation**, v. 25, n. 2, p. 221–244, 2016.

MORABITO, R.; PUREZA, V. Modelagem e Simulação. In: **Metodologia de Pesquisa em**

Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 226.

MORAIS, D. C. et al. A Sorting Model for Group Decision Making : A Case Study of Water Losses in Brazil. **Group Decision and Negotiation**, v. 23, p. 937–960, 2014.

MORAIS, D. C.; DE ALMEIDA, A. T. Group decision making on water resources based on analysis of individual rankings. **Omega**, v. 40, n. 1, p. 42–52, 2012.

MORETTI, S.; ÖZTÜRK, M.; TSOUKIÀS, A. Preference Modelling. In: **S. Greco et al. (eds.), Multiple Criteria Decision Analysis, International Series in Operations Research & Management Science 233**. [s.l.: s.n.]. p. 43–95.

MOUSSEAU, V.; FIGUEIRA, J.; NAUX, J. P. Using assignment examples to infer weights for ELECTRE TRI method: Some experimental results. **European Journal of Operational Research**, v. 130, n. 2, p. 263–275, 2001.

MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R. Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples. **Journal of Global Optimization**, v. 12, p. 157–174, 1998.

MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R.; ZIELNIEWICZ, P. A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support. **Computers and Operations Research**, v. 27, n. 7–8, p. 757–777, 2000.

MURTHY, N. N.; SONI, S.; GHOSH, S. A framework for facilitating sourcing and allocation decisions for make-to-order items. **Decision Sciences**, v. 35, n. 4, p. 609–636, 2004.

NAIR, A.; JAYARAM, J.; DAS, A. Strategic purchasing participation, supplier selection, supplier evaluation and purchasing performance. **International Journal of Production Research**, v. 7543, n. September, p. 1–16, 2015.

NARASIMHAN, R.; TALLURI, S.; MENDEZ, D. Supplier evaluation and rationalization via data envelopment analysis: an empirical examination. **Journal of Supply Chain Magement**, v. 37, n. 2, p. 28–37, 2001.

NAZARI-SHIRKOUHI, S. et al. Supplier selection and order allocation problem using a two-phase fuzzy multi-objective linear programming. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, n. 22, p. 9308–9323, 2013.

NG, W. L. An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. **European Journal of Operational Research**, v. 186, n. 3, p. 1059–1067, 2008.

NGUYEN, H. T. A note on the extension principle for fuzzy sets. **Journal of Mathematical Analysis and Applications**, v. 64, p. 369–380, 1978.

OMURCA, S. I. An intelligent supplier evaluation, selection and development system. **Applied Soft Computing Journal**, v. 13, n. 1, p. 690–697, 2013.

OSIRO, L.; LIMA-JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. A fuzzy logic approach to supplier evaluation for development. **International Journal of Production Economics**, v. 153, p. 95–112, 2014.

ÖZGEN, D. et al. A two-phase possibilistic linear programming methodology for multi-

objective supplier evaluation and order allocation problems. **Information Sciences**, v. 178, p. 485–500, 2008.

PAL, O.; GUPTA, A. K.; GARG, R. K. Supplier Selection Criteria and Methods in Supply Chains : A Review. **International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering**, v. 7, n. 10, p. 27–33, 2013.

PALHA, R. P.; DE ALMEIDA, A. T.; ALENCAR, L. H. A Model for Sorting Activities to Be Outsourced in Civil Construction Based on ROR-UTADIS. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2016, p. 15 pages, 2016.

PAN, A. C. Allocation of quantities among suppliers. **Journal of Purchasing and Materials Management**, v. 25, p. 36–39, 1989.

PANCHAL, G. et al. Equilibrium analysis in multi-echelon supply chain with multi-dimensional utilities of inertial players. **Journal of Revenue and Pricing Management**, v. 16, n. 4, p. 417–436, 2017.

PARK, J. et al. An integrative framework for supplier relationship management. **Industrial Management & Data Systems**, v. 110, n. 4, p. 495–515, 2010.

PARREIRAS, R. O.; EKEL, P. Y.; MORAIS, D. C. **Fuzzy Set Based Consensus Schemes for Multicriteria Group Decision making Applied to Strategic Planning**. [s.l: s.n.]. v. 21

PATTNAIK, M. Fuzzy Supplier Selection Strategies in Supply Chain Management. **International Journal of Supply Chain Management Int. J Sup. Chain. Mgt**, v. 2, n. 1, p. 30–39, 2013.

PAWAN KUMAR, F. N. U.; CLAUDIO, D. Implications of estimating confidence intervals on group fuzzy decision making scores. **Expert Systems with Applications**, v. 65, p. 152–163, 2016.

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, 2017a.

QIN, J.; LIU, X.; PEDRYCZ, W. A multiple attribute interval type-2 fuzzy group decision making and its application to supplier selection with extended LINMAP method. **Soft Computing**, v. 21, n. 12, p. 3207–3226, 2017b.

RAO, C. et al. A hybrid multi-attribute group decision making method based on grey linguistic 2-tuple. **Iranian Journal of Fuzzy Systems**, v. 13, n. 2, p. 37–59, 2016.

RAZMI, J.; SONGHORI, M. J.; KHAKBAZ, M. H. An integrated fuzzy group decision making/fuzzy linear programming (FGDMLP) framework for supplier evaluation and order allocation. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 43, p. 590–607, 2009.

RENGANATH, K.; SURESH, M. **Supplier Selection Using Fuzzy MCDM Techniques : A Literature Review**IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Researc. **Anais...**2016

- REZAEI, J.; DAVOODI, M. A deterministic, multi-item inventory model with supplier selection and imperfect quality. **Applied Mathematical Modelling**, v. 32, p. 2106–2116, 2008.
- REZAEI, J.; ORTT, R. A multi-variable approach to supplier segmentation. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. September, p. 4593–4611, 2012.
- REZAEI, J.; ORTT, R. Multi-criteria supplier segmentation using a fuzzy preference relations based AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 225, n. 1, p. 75–84, 2013a.
- REZAEI, J.; ORTT, R. Supplier segmentation using fuzzy logic. **Industrial Marketing Management**, v. 42, n. 4, p. 507–517, 2013b.
- REZAEI, J.; WANG, J.; TAVASSZY, L. Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst. **Expert Systems With Applications**, v. 42, n. 23, p. 9152–9164, 2015.
- RODRIGUEZ, R. M.; MARTINEZ, L.; HERRERA, F. Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 20, n. 1, p. 109–119, 2012.
- RODRIGUEZ, R. M.; MARTINEZ, L.; HERRERA, F. A group decision making model dealing with comparative linguistic expressions based on hesitant fuzzy linguistic term sets. **Information Sciences**, v. 241, p. 28–42, 2013.
- RODRÍGUEZ, R. M.; MARTÍNEZ, L.; HERRERA, F. A group decision making model dealing with comparative linguistic expressions based on hesitant fuzzy linguistic term sets. **Information Sciences**, v. 241, p. 28–42, 2013.
- ROSENTHAL, E. C.; ZYDIK, J. L.; CHAUDHRY, S. S. Vendor Selection with Bundling. **Decision Sciences**, v. 26, n. 1, p. 35–48, 1995.
- ROY, B. Decision-aid and decision-making. **European Journal of Operational Research**, v. 45, n. 2–3, p. 324–331, 1990.
- ROY, B.; SŁOWIŃSKI, R. Questions guiding the choice of a multicriteria decision aiding method. **EURO Journal on Decision Processes**, v. 1, p. 69–97, 2013.
- ROY, T. K.; GARAI, A. Intuitionistic Fuzzy Delphi Method: More realistic and interactive forecasting tool. **Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets**, v. 18, n. April 2015, p. 37–50, 2012.
- SANAYEI, A. et al. An integrated group decision-making process for supplier selection and order allocation using multi-attribute utility theory and linear programming. **Journal of the Franklin Institute**, v. 345, p. 731–747, 2008.
- SANTOS, C. M. DA S. et al. Evoluindo da cadeia de valor para cadeia de suprimentos. **Produção Online**, v. 10, n. 4, p. 753–778, 2010.
- SARKAR, A.; MOHAPATRA, P. K. J. Evaluation of supplier capability and performance: A method for supply base reduction. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 12, n. 3, p. 148–163, 2006.
- SARKIS, J.; TALLURI, S. A model for strategic supplier selection. **Journal of supply chain management**, p. 18–28, 2002.

SAWIK, T. Single vs. multiple objective supplier selection in a make to order environment. **Omega**, v. 38, n. 3–4, p. 203–212, 2010.

SCOTT, J. et al. A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic, multi-stakeholder and multi-criteria environments. **International Journal of Production Economics**, v. 166, p. 226–237, 2015.

SEPULVEDA, J. M.; DERPICH, I. S. Multicriteria supplier classification for DSS: Comparative analysis of two methods. **International Journal of Computers, Communications and Control**, v. 10, n. 2, p. 238–247, 2015.

SETAK, M.; SHARIFI, S.; ALIMOHAMMADIAN, A. Supplier selection and order allocation models in supply chain management: A review. **World Applied Sciences Journal**, v. 18, n. July, p. 55–72, 2012.

SHEN, F.; XU, J.; XU, Z. An outranking sorting method for multi-criteria group decision making using intuitionistic fuzzy sets. **Information Sciences**, v. 334–335, p. 338–353, 2016.

SILLANPÄÄ, I.; SHAHZAD, K.; SILLANPÄÄ, E. Supplier development and buyer-supplier relationship strategies - a literature review. **International Journal of Procurement Management**, v. 8, n. 1/2, p. 227–250, 2015.

SIMIĆ, D. et al. 50 years of fuzzy set theory and models for supplier assessment and selection: A literature review. **Journal of Applied Logic**, v. 1, p. 1–12, 2016.

SINGH, A. Supplier evaluation and demand allocation among suppliers in a supply chain. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 20, n. 3, p. 167–176, 2014.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Operations management**. 6^a ed. Londres: Prentice-Hall, 2010.

SONGHORI, M. J. et al. A supplier selection and order allocation model with multiple transportation alternatives. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 52, p. 365–376, 2011.

STEFANO, N. M.; CASAROTTO FILHO, N.; DUARTE, M. DO C. F. Proposta de um instrumento de pesquisa para avaliar a gestão de periódicos científicos: utilizando o método fuzzy Delphi. **Iberoamerican Journal of ...**, v. 5, n. 2, p. 39–69, 2014.

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.

SULTANA, I.; AHMED, I.; AZEEM, A. An integrated approach for multiple criteria supplier selection combining Fuzzy Delphi, Fuzzy AHP & Fuzzy TOPSIS. **Journal of Intelligent & Fuzzy Systems**, v. 29, n. 4, p. 1273–1287, 2015.

SUN, B.; MA, W.; XIAO, X. Three-way group decision making based on multigranulation fuzzy decision-theoretic rough set over two universes. **International Journal of Approximate Reasoning**, v. 81, p. 87–102, 2017.

SZAJUBOK, N. K.; MOTA, C. M. D. M.; ALMEIDA, A. T. DE. Uso do método multicritério

ELECTRE TRI para classificação de estoques na construção civil. **Pesquisa Operacional**, v. 26, n. 3, p. 625–648, 2006.

TABASSUM, M.; MATHEW, K. A Genetic Algorithm Analysis towards Optimization solutions. **International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDWC)**, v. 4, n. 1, p. 124–142, 2014.

TAHRIRI, F. et al. The application of fuzzy Delphi and fuzzy inference system in supplier ranking and selection. **Journal of Industrial Engineering International**, v. 10, n. 66, p. 1–16, 2014.

TALLURI, S. A buyer - seller game model for selection and negotiation of purchasing bids. **European Journal Of Operational Research**, v. 143, n. 33, p. 171–180, 2002.

TALLURI, S.; NARASIMHAN, R. A methodology for strategic sourcing. **European Journal of Operational Research**, v. 154, p. 236–250, 2004.

TANG, J.-W.; TSUEN-HO HSU. A Fuzzy Preference Relations Model for Evaluating Key Supplier Relationships in TFT-LCD TV panel manufacturing industry. **Management Decision**, v. 53, n. 8, 2015.

TAYLOR, A.; TAYLOR, M. Operations management research: contemporary themes, trends and potential future directions. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 12, p. 1316–1340, 2009.

TERPEND, R. et al. Buyer–Supplier Relationships: Derived Value Over Two Decades. **The Journal of Supply Chain Management**, v. 44, n. 2, p. 28–55, 2008.

TERPEND, R.; KRAUSE, D. R.; DOOLEY, K. J. Managing buyer-supplier relationships: Empirical patterns of strategy formulation in industrial purchasing. **Journal of Supply Chain Management**, v. 47, n. January, p. 73–94, 2011.

THE, A. N.; MOUSSEAU, V. Using assignment examples to infer category limits for the ELECTRE TRI method. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 11, n. 1, p. 29–43, 2002.

THIRUCHELVAM, S.; TOOKEY, J. E. Evolving trends of supplier selection criteria and methods. **International Journal of Automotive and Mechanical Engineering**, v. 4, n. December, p. 437–454, 2011.

TORRA, V. Hesitant Fuzzy Sets. **International Journal of intelligent Systems**, v. 25, p. 529–539, 2010.

TRENT, R. J. **Strategic Supply Management: Creating the Next Source of Competitive Advantage**. [s.l.] J. Ross Publishing, 2007.

TRENT, R. J.; MONCZKA, R. M. Achieving world-class supplier quality. **Total Quality Management**, v. 10, n. 6, p. 927–938, 2010.

TSAI, W. C.; WANG, C. H. Decision making of sourcing and order allocation with price discounts. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 29, n. 1, p. 47–54, 2010.

VALLS, A.; BATET, M.; LÓPEZ, E. M. Using expert's rules as background knowledge in the ClusDM methodology. **European Journal of Operational Research**, v. 195, n. 3, p. 864–875, 2009.

VELASQUEZ, M.; HESTER, P. T. An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. **International Journal of Operations Research**, v. 10, n. 2, p. 56–66, 2013.

VERMA, R.; PULLMAN, M. E. An Analysis of the Supplier Selection Process. v. 26, n. 6, p. 739–750, 1998.

WAGNER, S. M.; KRAUSE, D. R. Supplier development: communication approaches, activities and goals. **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 12, p. 3161–3177, 2009.

WANG, H.; XU, Z. Multi-Groups Decision Making using Intuitionistic-valued Hesitant Fuzzy Information. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v. 9, n. 3, p. 468–482, 2016.

WANG, Q.; LV, H. Supplier Selection Group Decision Making in Logistics Service Value Cocreation Based on Intuitionistic Fuzzy Sets. **Discrete Dynamics in Nature and Society**, v. 2015, 2015.

WANG, T.-Y.; YANG, Y.-H. A fuzzy model for supplier selection in quantity discount environments. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 10, p. 12179–12187, 2009.

WANG, W. et al. A knowledge-based decision support system for government vendor selection and bidding 9th Joint Conference on Information Sciences. **Anais...**2006

WANG, W. P. A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, n. 10, p. 3130–3141, 2010.

WANG, X.; DURUGBO, C. Analysing network uncertainty for industrial product-service delivery: A hybrid fuzzy approach. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 11, p. 4621–4636, 2013.

WARE, N. R.; SINGH, S. P.; BANWET, D. K. Supplier selection problem: A state-of-the-art review. **Management Science Letters**, v. 2, p. 1465–1490, 2012.

WATJATRAKUL, B. Vendor selection strategy for IT outsourcing: the weighted-criteria evaluation technique. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 27, n. 2, p. 122–138, 2014.

WEBER, C. A.; CURRENT, J. R. A multiobjective approach to vendor selection. **European Journal of Operational Research**, v. 68, n. 2, p. 173–184, 1993.

WEBER, C. A.; CURRENT, J. R.; BENTON, W. C. Vendor selection criteria and methods. **European Journal of Operational Research**, v. 50, p. 2–18, 1991.

WEI, G.; ZHAO, X. Some dependent aggregation operators with 2-tuple linguistic information and their application to multiple attribute group decision making. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 5, p. 5881–5886, 2012.

WEI, G.; ZHAO, X.; LIN, R. Some induced aggregating operators with fuzzy number intuitionistic fuzzy information and their applications to group decision making. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v. 3, n. 1, p. 84–95, 2010.

WETZSTEIN, A. et al. A systematic assessment of supplier selection literature ? State-of-the-art and future scope. **International Journal of Production Economics**, v. 182, p. 304–323, 2016.

WU, C.; BARNES, D. A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 17, n. 4, p. 256–274, 2011.

WU, C.; BARNES, D. A dynamic feedback model for partner selection in agile supply chains. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 32, n. 1, p. 79–103, 2012.

WU, D.; OLSON, D. L. Supply chain risk, simulation, and vendor selection. **International Journal of Production Economics**, v. 114, p. 646–655, 2008.

XIA, M.; XU, Z. Hesitant fuzzy information aggregation in decision making. **International Journal of Approximate Reasoning**, v. 52, n. 3, p. 395–407, 2011a.

XIA, M.; XU, Z. Hesitant fuzzy information aggregation in decision making. **International Journal of Approximate Reasoning**, v. 52, n. 3, p. 395–407, 2011b.

XIA, M.; XU, Z.; CHEN, N. Some Hesitant Fuzzy Aggregation Operators with Their Application in Group Decision Making. **Group Decision and Negotiation**, v. 22, n. 2, p. 259–279, 2013.

XU, Z. Intuitionistic fuzzy aggregation operators. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 15, n. 6, p. 1179–1187, 2007.

XU, Z. A deviation-based approach to intuitionistic fuzzy multiple attribute group decision making. **Group Decision and Negotiation**, v. 19, n. 1, p. 57–76, 2010.

YU, C.; WONG, T. N. A supplier pre-selection model for multiple products with synergy effect. **International Journal of Production Research**, v. 5217, n. February, p. 5206–5222, 2014.

YU, C.; WONG, T. N. A multi-agent architecture for multi-product supplier selection in consideration of the synergy between products. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 20, p. 6059–6082, 2015.

YU, D. Group Decision Making Based on Generalized Intuitionistic Fuzzy Prioritized Geometric Operator. **International Journal of intelligent Systems**, v. 27, n. 7, p. 635–661, 2012.

YU, D. Intuitionistic fuzzy prioritized operators and their application in multi-criteria group decision making. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 19, n. 1, p. 1–21, 2013a.

YU, D. Triangular Hesitant Fuzzy Set and Its Application to Teaching Quality Evaluation. **Journal of Information and Computational Science**, v. 10, n. 7, p. 1925–1934, 2013b.

YU, D.; ZHANG, W.; XU, Y. Group decision making under hesitant fuzzy environment with application to personnel evaluation. **Knowledge-Based Systems**, v. 52, n. October, p. 1–10, 2013.

YUE, Z. Group decision making with multi-attribute interval data. **Information Fusion**, v. 14, p. 551–561, 2013.

YUE, Z. TOPSIS-based group decision-making methodology in intuitionistic fuzzy setting. **Information Sciences**, v. 277, p. 141–153, 2014.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v. 8, p. 338–353, 1965.

ZADEH, L. A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—II. **Information Sciences**, v. 8, p. 301–357, 1975.

ŽAK, J.; FIEREK, S.; KRUSZYŃSKI, M. Evaluation of Different Transportation Solutions with the Application of Macro Simulation tools and Multiple Criteria Group Decision Making/Aiding Methodology. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 111, p. 340–349, 2014.

ZENG, S. Some Intuitionistic Fuzzy Weighted Distance Measures and Their Application to Group Decision Making. **Group Decision and Negotiation**, v. 22, p. 281–298, 2013.

ZEYDAN, M.; ÇOLPAN, C.; ÇOBANOĞLU, C. A combined methodology for supplier selection and performance evaluation. **Expert Systems with Applications**, v. 38, p. 2741–2751, 2011.

ZHANG, H. YU et al. An extended outranking approach for multi-criteria decision-making problems with linguistic intuitionistic fuzzy numbers. **Applied Soft Computing Journal**, v. 59, p. 462–474, 2017.

ZHANG, J. L.; ZHANG, M. Y. Supplier selection and purchase problem with fixed cost and constrained order quantities under stochastic demand. **International Journal of Production Economics**, v. 129, n. 1, p. 1–7, 2011.

ZHANG, N.; WEI, G. Extension of VIKOR method for decision making problem based on hesitant fuzzy set. **Applied Mathematical Modelling**, v. 37, n. 7, p. 4938–4947, 2013.

ZHANG, X.; XU, Z.; XING, X. Hesitant fuzzy programming technique for multidimensional analysis of hesitant fuzzy preferences. **OR Spectrum**, v. 38, n. 3, p. 789–817, 2016.

ZHÜ, K. Fuzzy analytic hierarchy process: Fallacy of the popular methods. **European Journal of Operational Research**, v. 236, n. 1, p. 209–217, 2014.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE VISITA E COLETA DE DADOS

1. Abordar os processos de seleção e avaliação de fornecedores:

- Como o processo é realizado;
- Quais as pessoas e áreas envolvidas;
- Quais os critérios utilizados;
- Se há o uso de técnicas.

2. Breve apresentação sobre MCDM e proposta de doutorado.

3. Possibilidade de simulação do processo de tomada de decisão

Passo 1: Definir problema de tomada de decisão

Pense em um conjunto de fornecedores que seja importante para a empresa e anote no papel (pode ser apenas siglas por questões de sigilo).

Passo 2: Definir tomadores de decisão e critérios

Pense em critérios que são ou poderiam ser usados para avaliar estes fornecedores em um processo de escolha (ex.: custo, qualidade, fatores financeiros, entre outros) e anote no papel. Pense em pessoas que poderiam ser tomadores de decisão no processo de escolha destes fornecedores e anote no papel;

Passo 3: Peso dos tomadores de decisão

Qual a importância dos tomadores de decisão para cada um dos critérios?

- Anotar na tabela a importância de cada tomador de decisão para cada critério usando os termos linguísticos: Não importante (NI), pouco importante (PI), média importância (M), importante (I), muito importante (MI).

Etapa 4: Peso dos critérios

Qual a importância dos de cada um dos critérios?

- Anotar na tabela a importância de critério usando os termos linguísticos: Não importante (NI), pouco importante (PI), média importância (M), importante (I), muito importante (MI);

Etapa 5: Avaliação das alternativas

Qual a avaliação do desempenho de cada fornecedor em cada critério?

- Anotar na tabela o desempenho de cada fornecedor em cada critério, usando os termos linguísticos: Muito baixo (MB), baixo (B), médio (M), alto (A), muito alto (MA).

APÊNDICE B - SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO

Passo 1

Item selecionado:

Sigla dos fornecedores envolvidos:

F1:

F2:

F3:

F4:

F5:

F6:

Passo 2

Possíveis tomadores de decisão para a escolha destes fornecedores:

D1:

D2:

D3:

D4:

D5:

D6:

Possíveis critérios utilizados:

C1:

C2:

C3:

C4:

C5:

C6:

Passo 3: Na tabela abaixo, anotar a importância de cada tomador de decisão para cada critério usando os termos linguísticos: Não importante (NI), pouco importante (PI), média importância (M), importante (I), muito importante (MI).

Critérios	Peso dos tomadores de decisão					
	D1:	D2:	D3:	D4:	D5:	D6:
C1:						
C2:						
C3:						
C4:						
C5:						
C6:						

Passo 4: Na tabela abaixo, anotar a importância de cada critério para cada critério usando os termos linguísticos: Não importante (NI), pouco importante (PI), média importância (M), importante (I), muito importante (MI).

Critérios	Peso dos Critérios
C1:	
C2:	
C3:	
C4:	
C5:	
C6:	

Passo 5: Na tabela abaixo, anotar o desempenho de cada fornecedor em cada critério, usando os termos linguísticos: Muito baixo (MB), baixo (B), médio (M), alto (A), muito alto (MA).

Fornecedores	Avaliação dos fornecedores em cada critério					
	C1:	C2:	C3:	C4:	C5:	C6:
F1:						
F2:						
F3:						
F4:						
F5:						
F6:						