

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO  
MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO  
LINHA DE PESQUISA: TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO  
ORGANIZACIONAL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PROPOSIÇÃO DE UM MODELO *HESITANT FUZZY* QFD PARA  
SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM PROJETOS

JOSÉ ANTONIO DE SIQUEIRA JÚNIOR

CURITIBA  
2019

JOSÉ ANTONIO DE SIQUEIRA JÚNIOR

PROPOSIÇÃO DE UM MODELO HESITANT *FUZZY* QFD PARA  
SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM PROJETOS

Dissertação apresentada à obtenção do título de  
Mestre em Administração do programa de Pós-  
Graduação em Administração da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba  
Área de Concentração: Tecnologia e  
Desenvolvimento Organizacional

Orientador: Prof. Dr. Francisco Rodrigues Lima  
Junior

CURITIBA

2019

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

S618p Siqueira Júnior, José Antonio de  
Proposição de um modelo *hesitant fuzzy* QFD para seleção de fornecedores em projetos [recurso eletrônico] /José Antonio de Siqueira Júnior.-- 2019.

1 arquivo texto (115 f.) : PDF ; 1,79 MB.

Modo de acesso: World Wide Web.

Texto em português com resumo em inglês.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Administração. Área de Concentração: Tecnologia e Desenvolvimento Organizacional, Curitiba, 2019.

Bibliografia: f. 98-107.

1. Administração - Dissertações. 2. Administração de projetos. 3. Conjuntos difusos. 4. Desdobramento da função qualidade. 5. Fornecedores - Seleção. 6. Desempenho. 7. Efetividade. 8. Processo decisório por critério múltiplo. 9. Excel (Programa de computador). 10. Métodos de simulação. I. Lima Junior, Francisco Rodrigues, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Administração. III. Título.

CDD: Ed. 23 -- 658

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **PROPOSIÇÃO DE UM MODELO HESITANT FUZZY QFD PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES EM PROJETOS.**

por

**José Antonio de Siqueira Júnior**

Esta dissertação foi apresentada às **14h00, dia 22 de maio de 2019** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ADMINISTRAÇÃO, na Linha de Pesquisa **Tecnologia e Desenvolvimento Organizacional**, na Área de Concentração **Organizações e Tecnologia**, do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

---

Prof. Dr. Francisco Rodrigues Lima Junior  
(PPGA/UTFPR)  
Orientador

---

Prof. Dr. Jurandir Peinado  
(PPGA/UTFPR)  
Membro Interno

---

Prof. Dr. Lauro Osiro  
(PROFIAP/UFTM)  
Membro Externo

---

Prof. Dr. Thiago Cavalcante Nascimento  
(PPGA/UTFPR)  
Coordenador do PPGA

---

#### **Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA)**

Avenida: Sete de Setembro, 3165  
80230-901 – Curitiba – Paraná - Brasil  
Fone: (41) 3310-4656  
[www.utfpr.edu.br](http://www.utfpr.edu.br)

*“A vida é física pura. Tudo o que fazemos,  
de alguma forma, retorna a nós mesmos.”*

*(Ricardo Luiz Ferreira)*

## Resumo

SIQUEIRA JR, J. A. **Proposição de um Modelo *Hesitant Fuzzy* QFD para Seleção de Fornecedores em Projetos**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Administração – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019. 115 p.

A opção por contratar produtos ou serviços traz grandes mudanças ao ambiente de projetos, em razão da influência que o desempenho dos fornecedores tem no seu resultado final. Isso faz com que tal opção gere uma atividade crítica ao escopo do projeto e, conseqüentemente, à obtenção de resultados esperados: a seleção de fornecedores. Partindo do princípio que a escolha do fornecedor correto para o projeto exige a adoção de um método capaz de considerar os mais variados critérios, a presente pesquisa propôs um modelo que combina *hesitant fuzzy linguistic term sets* com QFD (*Quality Function Deployment*), cuja aplicação na seleção de fornecedores em projetos não foi identificada na literatura, embora seu uso tenha o potencial de trazer vários benefícios ao processo de tomada de decisão. Por meio de uma abordagem quantitativa descritiva empírica, baseada em modelagem e simulação, foi feita a implementação computacional desse modelo utilizando o MS Excel. Uma aplicação piloto foi realizada para a seleção de fornecedor em um projeto de uma empresa do setor de energia. Nessa aplicação três fornecedores foram avaliados por três profissionais da organização que, seguindo o modelo, pontuaram as alternativas conforme os requisitos e critérios também por eles definidos. Os resultados obtidos confirmaram a efetividade do modelo, sendo essa condição ratificada pela análise de sensibilidade. O modelo proposto apresenta benefícios como o suporte à etapa de seleção de critérios considerando a dificuldade de coleta de dados, a possibilidade de utilizar expressões linguísticas e também de incorporar uma visão pessimista ou otimista ao processo de tomada de decisão.

**Palavras-chave:** Seleção de fornecedores; *hesitant Fuzzy* QFD; gestão de projetos.

## **Abstract**

*SIQUEIRA JR, J. A. Proposition of a Hesitant Fuzzy QFD Model for Selection of Suppliers in Projects. Dissertation (Master's degree). Postgraduate Program in Administration - Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2019. 115 p.*

*The option to contract products or services brings great changes to the project environment, due to the influence that the suppliers' performance has on the result of the project. It contributes to generate a critical activity to the project scope and, consequently, to the expected results: the selection of suppliers. Assuming that the choice of the correct supplier for the project requires the adoption of a method able to consider a large variety of criteria, this study proposed a decision model based on hesitant fuzzy linguistic term sets with QFD (Quality Function Deployment) technique. Although the application of this technique can bring several benefits to the decision-making process, the literature does not present previous studies that propose decision models for supplier selection based on hesitant fuzzy QFD. This study adopts an empirical descriptive quantitative approach, based on modeling and simulation, the computational implementation of this model was done using MS Excel. A pilot application was performed in order to select a supplier for a project of an energy sector company. Three suppliers were evaluated by three professionals of the organization, which scored the alternatives according to the requirements and criteria defined by themselves. The results of the application suggest the effectiveness of the model. In addition, results of the sensitivity analysis reinforces the adequacy of the developed model. The proposed presents benefits such as support to the selection stage of criteria considering the difficulty of data collection, as well as the possibility of using linguistic expressions and to incorporate a pessimistic or optimistic view to the decision making process.*

**Keywords:** *Selection of suppliers; hesitant Fuzzy QFD; project management.*

## Lista de figuras

Figura 1 - Estrutura de um problema de decisão multicritério .....	15
Figura 2 - Etapas da seleção de fornecedores “verdes” .....	26
Figura 3 - Interação dos grupos de processos de gerenciamento de projetos .....	35
Figura 4 - Áreas de conhecimento e grupos de processos .....	40
Figura 5 - Matriz Casa da Qualidade .....	50
Figura 6 - Ilustração gráfica de um número <i>fuzzy</i> triangular .....	52
Figura 7 - Variável linguística composta por dois termos .....	53
Figura 8 - Conjunto básico de termos linguísticos definidos com sete termos .....	54
Figura 9 - A casa da qualidade do QFD .....	59
Figura 10 - Modelo proposto para a seleção de critérios e fornecedores em projetos .....	61
Figura 11 - Conjunto básico de termos linguísticos definidos com cinco termos.....	68
Figura 12 - Matriz para classificação de critérios de seleção de fornecedores .....	70
Figura 13 - Matriz de classificação dos critérios selecionados .....	86
Figura 14 - Matriz de classificação dos critérios nos ambientes da aplicação e simulações .....	93



## Lista de quadros

Quadro 1 - Revisões de literatura sobre modelos de decisão para seleção de fornecedores .....	18
Quadro 2 - Resultados da seleção de artigos para elaboração do referencial teórico .....	24
Quadro 3 - Critérios para seleção de fornecedores.....	29
Quadro 4 - Modelos de referência de apoio à gestão de projetos.....	33
Quadro 5 - Processos do guia PMBOK afetados pela decisão de comprar .....	43
Quadro 6 - Modelos de decisão para seleção de fornecedores em projetos .....	46
Quadro 7 - Lista de possíveis requisitos para seleção de fornecedores em projetos	62
Quadro 8 - Expressões linguísticas usadas para avaliação dos requisitos, critérios e fornecedores .....	63
Quadro 9 - Lista de possíveis critérios para seleção de fornecedores em projetos ..	64
Quadro 10 - Requisitos selecionados pelos especialistas consultados.....	73
Quadro 11 - Avaliação dos requisitos usando expressões linguísticas .....	73
Quadro 12 - Conversão da avaliação dos requisitos para o formato de termos linguísticos.....	73
Quadro 13 - Critérios selecionados pelos decisores .....	75
Quadro 14 - Avaliação da intensidade de relacionamento entre critérios e requisitos usando expressões linguísticas.....	77
Quadro 15 - Conversão da avaliação da intensidade de relacionamento entre critérios e requisitos para o formato de termos linguísticos.....	78
Quadro 16 - Avaliação da dificuldade de coleta de dados sobre os critérios usando expressões linguísticas .....	82
Quadro 17 - Conversão da avaliação da dificuldade de coleta de dados para o formato de termos linguísticos.....	83
Quadro 18 - Avaliação das alternativas de fornecimento em relação aos critérios usando expressões linguísticas.....	88
Quadro 19 - Conversão da avaliação das alternativas de fornecimento para o formato de termos linguísticos.....	89

## Lista de gráficos

Gráfico 1 - Número de processos existentes nas áreas de conhecimento do guia PMBOK .....	41
Gráfico 2 - Processos das áreas de conhecimento do guia PMBOK .....	42

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Resultado do cálculo dos pesos dos requisitos.....	74
Tabela 2 - Resultado do cálculo do peso dos critérios .....	80
Tabela 3 - Resultado do cálculo do peso para a dificuldade da coleta de dados ....	85
Tabela 4 - Classificação das alternativas de fornecimento .....	90
Tabela 5 – Resultado do cálculo do peso e dificuldade de coleta de dados dos critérios para os cenários pessimista, aplicação e otimista. ....	92

## **Lista de siglas e abreviaturas**

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

ANP - *Analytic Network Process*

ARAS - *Additive Ratio Assessment*

DEMATEL - *Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory*

ER - *Evidential Reasoning*

HFLTS - *Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set*

ISO - *International Organization for Standardization*

IPMA - *International Project Management Association*

MCDM – *Multicriteria Decision Making*

MSGP - *Multiple Segment Goal Programming*

PRINCE2™ - *Projects IN a Controlled Environment*

PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*

PMI - *Project Management Institute*

QFD - *Quality Function Deployment*

TCO - *Total Cost of Ownership*

TOPSIS - *Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution*

VIKOR - *Visekriterijumska Optimizacija i Kompromisno Resenje*

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	16
1.3	DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DA PESQUISA	20
1.4	CONTRIBUIÇÕES	20
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	21
2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
3	REFERENCIAL TEÓRICO	25
3.1	O PROCESSO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES	25
3.2	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES	28
3.3	GESTÃO DE PROJETOS	32
3.3.1	Conceitos Básicos Sobre Gestão de Projetos	32
3.3.2	O Guia PMBOK e a Área de Aquisição	34
3.3.2.1	Gerenciamento da integração do projeto	35
3.3.2.2	Gerenciamento do escopo do projeto	36
3.3.2.3	Gerenciamento do cronograma do projeto	36
3.3.2.4	Gerenciamento dos custos do projeto	36
3.3.2.5	Gerenciamento da qualidade do projeto	37
3.3.2.6	Gerenciamento dos recursos do projeto	37
3.3.2.7	Gerenciamento das comunicações do projeto	37
3.3.2.8	Gerenciamento dos riscos do projeto	38
3.3.2.9	Gerenciamento das partes interessadas do projeto	38
3.3.2.10	Gerenciamento das aquisições do projeto	39
3.4	SELEÇÃO DE FORNECEDORES NO CONTEXTO DE PROJETOS	41
3.5	MÉTODOS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES	44
3.6	O MÉTODO QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)	49
3.7	DESCRIÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO	50
3.7.1	Introdução à Teoria dos Conjuntos <i>Fuzzy</i>	51
3.7.2	Fundamentos da Teoria <i>Hesitant Fuzzy</i>	53
3.7.2.1	Definição de <i>Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set</i> (HFLTS)	53
3.7.2.2	Transformação de expressões linguísticas em HFLTS	54
3.7.2.3	Distância entre dois HFLTSs	55
3.7.2.4	Soluções ideais positivas e negativas	56
3.7.2.5	Grau de satisfação de uma alternativa	57
3.7.3	Método <i>Hesitant Fuzzy</i> QFD	57
4	PROPOSIÇÃO DO MODELO	61
4.1	APLICAÇÃO PILOTO EM UMA EMPRESA DO SETOR ENERGÉTICO	71
4.1.1	Apresentação da Empresa	71

4.1.2	Definição e Ponderação dos Requisitos .....	72
4.1.3	Definição e Ponderação dos Critérios .....	75
4.1.4	Avaliação da dificuldade de coleta de dados e escolha dos critérios .....	81
4.1.5	Avaliação e Seleção dos Fornecedores .....	87
5	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE .....	91
6	CONCLUSÃO .....	95
	REFERÊNCIAS .....	98
	APÊNCIDE: FORMULÁRIO ELABORADO PARA COLETA DE DADOS .....	108

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Kerzner (2006) define projeto como sendo um empreendimento cujo objetivo é bem definido, que opera sob pressão e consome recursos. Gerir projetos é uma atividade cuja importância e a formulação de conceitos e técnicas vêm sendo construídos ao longo dos anos, mediante da atuação de profissionais de diversas áreas de conhecimento e especializações. A influência que os fornecedores têm sobre o sucesso ou fracasso dos projetos é significativa, já que seu desempenho afeta os resultados de todo o esforço comercial (WANG et al., 2016). Além disso, selecionar um fornecedor qualificado melhora a confiança das partes interessadas, uma vez que potencializa a possibilidade de atendimento das metas do projeto (TURSKIS, 2008).

Seja qual for o escopo do projeto, decidir por adquirir produtos ou serviços implica em grande impacto já que, uma vez contratado parte deste escopo, o contratante e a equipe do projeto passam a depender do fornecedor para seu êxito (XAVIER, 2005). Por outro lado, destaca-se o fato de que a decisão por contratar pode prover ganhos decorrentes da gestão de relações de cooperação com os fornecedores (HA; PARK; CHO, 2011). Então, além de considerar as necessidades do projeto, a estratégia de compra deve também buscar o alinhamento com os objetivos da organização, o que exige um papel mais proativo por parte dos responsáveis pela contratação (PRESSEY; WINKLHOFER; TZOKAS, 2009).

Nessa linha a estratégia de compras passa a ter foco no custo total de propriedade (TCO – *Total Cost of Ownership*) e não só no preço de compra, que é apenas uma parte da equação. O TCO engloba então os custos indiretos de qualidade, capacidade logística, manutenção e outros custos que afetam o ciclo de vida do produto, quantificando todos os custos presentes na cadeia de valor devido àquela aquisição (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006).

No ambiente de desenvolvimento de projetos, em razão da competitividade global, é desafiadora a possibilidade de sucesso sem um relacionamento bem sucedido com fornecedores (RAJEEV et al., 2017). O gerenciamento das aquisições

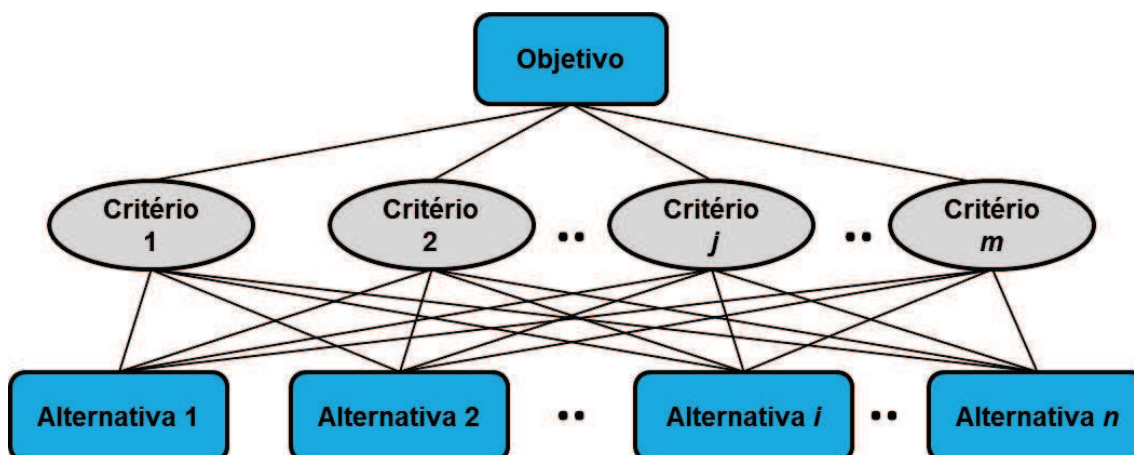
em projetos tem início quando é feita a opção por contratar um produto ou serviço cuja aplicação é necessária para o atendimento ao escopo. Nesse momento é fundamental considerar que a opção por contratar implica no início de uma dependência do fornecedor para o sucesso do projeto. Após a tomada da decisão por contratar, o gestor e a equipe do projeto especificam o produto ou serviço de forma que os potenciais fornecedores tenham condições de compreender a necessidade e apresentar as suas propostas (XAVIER, 2005).

Então, inicia-se o processo de seleção para a escolha do fornecedor que irá atuar no projeto oferecendo determinado produto ou serviço, de forma a colaborar para o atendimento do escopo. Conforme relatado por diversos autores como Murphy (2001) e Fleming (2003), nessa etapa de julgamento existe uma tendência do contratante para decidir em razão do menor preço, decisão essa que traz um sério risco para o projeto em razão de não considerar vários fatores que podem comprometer, direta ou indiretamente, o seu desempenho. Essa direção é seguida, principalmente, pela ausência de um método que norteie a escolha do fornecedor considerando e ponderando diferentes aspectos que levem à melhor opção para o atingimento dos resultados esperados.

Similarmente às cadeias de suprimentos que entregam rotineiramente serviços e/ou produtos repetitivos, a necessidade de considerar muitos fatores para o processo de compra sugere que a seleção de fornecedores, no ambiente de projetos, seja abordada como um problema de decisão. Assim, diversos critérios, geralmente com diferentes pesos, são considerados no julgamento das possíveis empresas fornecedoras, o que acarreta em um problema de decisão multicritério (ARAÚJO; ALENCAR; MOTA, 2017), cuja estrutura é ilustrada na figura 1.



Figura 1 - Estrutura de um problema de decisão multicritério



Fonte: Cengiz et al. (2017)

Porém, a subjetividade dos tomadores de decisão que irão avaliar o nível de importância relativa (peso) dos critérios e a pontuação dos potenciais fornecedores do projeto, acrescida da natureza qualitativa de alguns dos critérios e da falta de informação sobre estes fornecedores, surgem como alguns dos fatores complicadores para este processo de tomada de decisão. Os critérios qualitativos, que têm sido cada vez mais considerados nesse problema de decisão, incluem, por exemplo, critérios que visam relações de cooperação como “aliança estratégica” (GUREL et al., 2015), “compartilhamento de conhecimento” (GALANKASHI; HELMI; HASHEMZAHI, 2016) e “desejo de negócio” (LUZON; EL-SAYEGH, 2016), assim como critérios que focam em fatores relacionados a produção como “nível tecnológico” (TAMOSAITIENE et al., 2017), “organização” (MOUSAKHANI; NAZARI-SHIRKOUHI, BOZORGI-AMIRI, 2017) e “flexibilidade” (AWASTHI; GOVINDAN; GOLD, 2018). Vários autores destacam a dificuldade de avaliar o desempenho dos fornecedores em critérios qualitativos e de atribuir pesos aos critérios usando valores numéricos, uma vez que a avaliação desses fatores por tomadores de decisão, usando valores numéricos, costuma acarretar na imprecisão dos dados de entrada e, conseqüentemente, nos resultados fornecidos pelo modelo (ZHOU et al., 2018; ZHOU; XU, 2017; NGAN, 2017).

Para lidar com essas dificuldades, o processo de tomada de decisão deve utilizar técnicas adequadas e envolver a interação de vários fatores em uma ordem lógica, começando com a definição do objetivo principal, seguida pela definição e avaliação dos critérios e alternativas, até se chegar à decisão final (PINEDA et al.,

2018). A fim de apoiar esse processo, vários estudos utilizam métodos de decisão multicritério e técnicas de inteligência artificial, de forma isolada ou combinada, visando o desenvolvimento de modelos de decisão apropriados aos requisitos de cada domínio de problema (SERRAI et al., 2017; YAGER, 2018).

Dada a dificuldade de modelar as avaliações qualitativas e subjetivas, cada vez mais pesquisadores têm proposto o uso de técnicas baseadas em lógica *fuzzy*, as quais permitem o uso de julgamentos linguísticos como “alto”, “médio” ou “baixo”, quantificados por conjuntos *fuzzy*, para representar as avaliações dos decisores (WAGNER; CECHIN, 2003). A aplicação da lógica *fuzzy* ocorre também de forma combinada com outras ferramentas como o QFD (*Quality Function Deployment*), que é aplicada principalmente com o objetivo de atender às expectativas do cliente. A origem do QFD se deu em 1972 no Japão como uma metodologia para melhorar a qualidade do produto, que foi implementada em organizações como a Mitsubishi, Toyota e seus fornecedores (AKAO, 1992). No QFD, o processo de desdobramento de requisitos do cliente é capaz de transformá-los em características técnicas ou ações implementáveis, dependendo da aplicação. Assim, essa abordagem é amplamente aplicada no processo tradicional de desenvolvimento de produtos (ZHANG et al., 2014).

Mais recentemente, a fim de apoiar decisões em que a incerteza e ausência de informações são ainda maiores, surgiram as técnicas baseadas na teoria dos conjuntos *hesitant fuzzy*, uma variação da lógica *fuzzy* que possibilita usar expressões linguísticas como “entre alto e baixo”, “no mínimo médio” e “no máximo alto”. Essa abordagem é bastante útil nas situações em que o decisor hesita entre um termo linguístico ou outro, já que também possibilita a escolha de dois ou mais termos linguísticos para avaliar um mesmo elemento do problema de decisão (RODRÍGUEZ; MARTINEZ; HERRERA, 2012), além de manter a possibilidade de aplicação combinada com o QFD e outras ferramentas.

## 1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A literatura apresenta vários estudos que propõem modelos quantitativos para apoiar a seleção de fornecedores em ambientes de incerteza e ausência de

informações. Dada a relevância desse tema de pesquisa, também há vários estudos de revisão sistemática sobre os modelos existentes. De Boer, Labro e Morlacchi (2001) analisaram dezenas desses modelos e identificaram na maioria deles a ausência de suporte à etapa de formulação dos critérios de decisão. Já o trabalho de Ho, Xu e Dey (2010) analisou 78 artigos publicados entre 2000 e 2008, evidenciando a aplicação de métodos de forma individual ou combinada e quais os critérios mais utilizados.

Por sua vez, o estudo de revisão proposto por Wu e Barnes (2011) analisou 140 trabalhos publicados entre 2001 e 2011, destacando o aumento gradual de artigos sobre seleção de fornecedores publicados nesse período. Igarashi, De Boer e Fet (2013), em um outro trabalho de revisão sistemática que envolveu 60 artigos publicados entre 1991 e 2001, analisaram modelos de decisão para a seleção de fornecedores inseridos em um contexto de exigências ambientais.

Em uma publicação mais recente, Simic et al. (2017) revisaram 54 artigos sobre métodos para avaliação e seleção de fornecedores, e identificaram que 88% dos estudos tratam da aplicação combinada de métodos matemáticos com a abordagem *fuzzy*, mostrando a grande importância que a teoria dos conjuntos *fuzzy* tem quando integrada a outros métodos. O quadro 1 resume a abrangência dos trabalhos de revisão identificados.

Quadro 1 - Revisões de literatura sobre modelos de decisão para seleção de fornecedores

Autor(es)	Escopo
De Boer, Labro e Morlacchi (2001)	Revisão dos métodos de decisão relatados na literatura para apoiar o processo de seleção de fornecedores, com identificação de métodos e técnicas de decisão para as quais poucos ou nenhum modelo de decisão foi sugerido. A análise subdivide os modelos entre aqueles que dão suporte às etapas de definição do problema, formulação de critérios, qualificação de fornecedores e seleção final.
Ho, Xu e Dey (2010)	Análise de 78 publicações sobre abordagens de decisão multicritério para avaliação e seleção de fornecedores, publicadas em periódicos internacionais de 2000 a 2008. Fornece evidências de que as abordagens de tomada de decisões multicritério são melhores do que a abordagem tradicional baseada em custos e auxilia pesquisadores e tomadores de decisão na aplicação efetiva destas abordagens.
Wu e Barnes (2011)	O artigo revisa 140 publicações sobre tomada de decisão de parceiros de fornecimento entre 2001 e 2011, período em que ocorreu um aumento significativo nos trabalhos gerados neste campo. Os resultados destacam uma necessidade contínua de desenvolver métodos que sejam capazes de atender à combinação de objetivos qualitativos e quantitativos, que são tipicamente adotados em problemas de seleção de fornecedores na prática.
Igarashi, De Boer e Fet (2013)	Examina a literatura existente sobre a seleção de fornecedores verdes ( <i>green suppliers</i> ). No total, foram revisados 60 artigos publicados entre 1991 e 2011. Com base nessa revisão, é apresentado um modelo conceitual visando integrar as diferentes dimensões da seleção de fornecedores verdes e identificar direções para futuras pesquisas.
Araújo, Alencar e Mota (2017)	Revisão da literatura sobre os critérios e métodos utilizados nas fases de seleção e avaliação de fornecedores em projetos, identificados em 119 artigos publicados de 1973 a 2015. Os resultados revelam que o processo de aquisição pode ter que considerar novas perspectivas, como relações cliente / fornecedor, devido à importância de ter parcerias com fornecedores que atendam às necessidades organizacionais.
Simic et al. (2017)	Revisão de 54 publicações. Evidencia como a teoria dos conjuntos <i>fuzzy</i> e as soluções híbridas baseadas em <i>fuzzy</i> são usadas nos vários modelos para avaliação e seleção de fornecedores.

Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda que existam diversos estudos de revisão sobre seleção de fornecedores, apenas o estudo de revisão feito por Araújo, Alencar e Mota (2017)

foca em modelos para seleção de fornecedores em ambientes de desenvolvimento de projetos. Esses autores realizaram uma busca nas bases *Web of Science*, *Science Direct*, *Scopus*, *SpringerLink* e *Wiley Online Library*, culminando na seleção e análise de 119 estudos. Dentre esses, 67 (56%) tratavam de projetos de construção (a área mais popular para a publicação de artigos referentes à projeto segundo os mesmos autores) e 4 (3%) abordavam projetos de energia.

Assim, com base nos resultados encontrados por esses estudos de revisão de literatura (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; HO; XU; DEY, 2010; WU; BARNES, 2011; IGARASHI; DE BOER; FET, 2013; ARAÚJO; ALENCAR; MOTA, 2017; SIMIC et al., 2017) e por meio da pesquisa bibliográfica realizada no presente estudo, constatou-se que:

- a) são escassos os modelos de decisão que apoiam as etapas de escolha de critérios e de avaliação de fornecedores para seleção no ambiente de desenvolvimento de projetos;
- b) a maioria dos modelos existentes não considera critérios de decisão relacionados ao risco e à sustentabilidade dos projetos;
- c) não são encontrados modelos que permitam selecionar e ponderar os critérios de decisão, a partir de seus relacionamentos com as áreas de conhecimento que são abordadas na gestão de projetos, tais como escopo, tempo, qualidade, comunicação, *stakeholders*, entre outras;
- d) ainda que alguns estudos utilizem técnicas adequadas para modelar aspectos qualitativos, os modelos existentes não são capazes de apoiar decisões em situações de incerteza nas quais o tomador de decisão hesita ao fornecer julgamentos, o que o força a escolher um único termo linguístico.

O desenvolvimento de um novo modelo de decisão, baseado no método *hesitant fuzzy* QFD, para apoiar a seleção de fornecedores no ambiente de projetos tem o potencial de contornar todas as limitações apresentadas. Esse método possui a vantagem de permitir o uso de expressões linguísticas ou de dois ou mais termos linguísticos, ao mesmo tempo em que conta com um procedimento de desdobramento sistemático, advindo do método QFD, para ponderar requisitos, critérios e alternativas usando a opinião de um ou mais tomadores de decisão (BABBAR; AMIN, 2018). Apesar desses potenciais benefícios de uso, a partir da análise dos estudos de revisão da literatura e das buscas realizadas nas principais

bases de periódicos, não foram encontrados modelos de decisão para seleção de fornecedores que sejam baseados no método *hesitant fuzzy* QFD. Diante do exposto, é definida a seguinte questão de pesquisa: como o uso do método *hesitant fuzzy* QFD pode apoiar a tomada de decisão para selecionar fornecedores em projetos?

### 1.3 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DA PESQUISA

Diante do contexto apresentado, o objetivo principal deste estudo é propor e aplicar um modelo de decisão, baseado no método *hesitant fuzzy* QFD, capaz de guiar a escolha de fornecedores em projetos de construção e/ou energia, mas que também possa ser aplicado em outros contextos, onde exista a necessidade de contratar para a realização de um ou mais projetos.

Para alcançar tal propósito, são definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) desenvolver um modelo de decisão, baseado no método *hesitant fuzzy* QFD, para apoiar a seleção de fornecedores no ambiente de desenvolvimento de projetos;
- b) realizar a implementação computacional do modelo de decisão usando um *software* apropriado, para então aplicá-lo em um caso ilustrativo considerando os julgamentos dos tomadores de decisão de uma empresa que atua em projetos de construção e energia;
- c) realizar testes de análise de sensibilidade para verificar como a variação de alguns valores de entrada pode impactar as saídas do modelo;
- d) analisar e discutir os resultados, de modo a identificar os benefícios de uso e as limitações do modelo proposto.

### 1.4 CONTRIBUIÇÕES

O estudo tem o potencial de contribuir para o avanço da teoria e da prática sobre o tema de pesquisa, em razão da produção dos seguintes resultados:

- a) proposição de um novo modelo de suporte à decisão para apoiar as etapas de escolha dos critérios e avaliação para seleção de fornecedores, capaz de incorporar novas funcionalidades, tais como o uso de expressões linguísticas para facilitar o julgamento dos decisores;
- b) aplicação da técnica *hesitant fuzzy* QFD em um problema ainda não abordado pelos estudos anteriores que a utilizam;
- c) produção de conhecimento sobre a importância da área de aquisições para a gestão de projetos, o que poderá servir de referência para pesquisadores e gestores no que se refere à decisão por contratar fornecedores no ambiente de projetos;
- d) promoção do uso de modelos de decisão multicritério para seleção de fornecedores no ambiente de projetos, de modo a auxiliar na atualização do estado da arte desse tema que é abordado pelo guia PMBOK (PMI, 2017) em sua última edição, porém sem detalhamento das possibilidades e formas de aplicação;
- e) delimitação das limitações apresentadas pelos modelos encontrados na literatura, cuja aplicação também ocorre no suporte à tomada de decisão, para a seleção de fornecedores em projetos de construção e/ou energia.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esse trabalho é composto por cinco capítulos, incluindo este primeiro que contextualiza o tema, define o problema, os objetivos, as contribuições da pesquisa e sua estrutura, que foi assim estabelecida:

- a) capítulo 2 - descreve os procedimentos metodológicos adotados;
- b) capítulo 3 - desenvolve um referencial teórico sobre os temas seleção de fornecedores, critérios para a seleção de fornecedores, gestão de projetos, seleção de fornecedores no contexto de projetos, métodos para a tomada de decisão para seleção de fornecedores, lógica *fuzzy* e método *hesitant fuzzy* QFD;
- c) capítulo 4 - apresenta o modelo proposto para a seleção de fornecedores no ambiente de projetos e um caso ilustrativo de aplicação em uma empresa do setor de energia;

- d) capítulo 5 – apresenta os resultados dos testes de análise de sensibilidade, simulando um cenário otimista e outro pessimista através da alteração de parâmetros;
- e) capítulo 6 - apresenta as conclusões obtidas, discute as dificuldades encontradas no desenvolvimento da pesquisa e sugere temas para novos estudos.



## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para Miguel (2007), a escolha da abordagem metodológica mais adequada é uma decisão de ordem estratégica, pois os métodos e técnicas adotados em uma determinada realidade a ser investigada devem nortear a forma com que o observador interage com o ambiente pesquisado. Essa pesquisa pode ser caracterizada como uma pesquisa quantitativa empírica descritiva, por abordar modelos quantitativos que tomam como base um conjunto de variáveis representantes de um domínio específico, sendo definido um relacionamento causal e quantitativo entre essas variáveis (BERTRAND; FRANSOO, 2002).

Sendo uma pesquisa empírica descritiva, ocorre o interesse na análise de modelos desenvolvidos por meio da coleta de dados e medição, com a finalidade de conduzir ao entendimento e explicação das características de tais modelos (TRIVIÑOS, 1987). Em relação à simulação, de acordo com Harrell et al. (2000), simular é imitar um sistema real por intermédio de uma modelagem em computador para avaliação e melhoria do seu desempenho, ou seja, importar a realidade para um ambiente controlado onde é possível estudar seu comportamento sob diversas condições sem riscos físicos e grandes custos envolvidos. Essa pesquisa é ainda classificada quanto ao tipo de simulação como: discreta, porque as variáveis dependentes variam discretamente em pontos específicos; estática, já que o fator tempo não influencia na simulação; e determinística, porque os valores das variáveis do modelo não apresentam flutuações aleatórias (LAW, 2015).

Em razão dos objetivos propostos (subseção 1.3), os seguintes procedimentos foram adotados para a realização da pesquisa:

- a) pesquisa bibliográfica: foi realizada pesquisa bibliográfica por meio da coleta de artigos nas bases *Science Direct*, *Google Acadêmico*, *Web of Science* e *Scielo*, além de bases de dissertações de universidades brasileiras. Com o propósito de identificar modelos de decisão para seleção de fornecedores no ambiente de projetos publicados em periódicos, foram utilizadas as palavras chave *supplier selection*, *multicriteria methods*, *project*, *energy* e *construction*. O quadro 2 sintetiza os resultados da seleção de artigos nas referidas bases de dados. Esse levantamento bibliográfico permitiu a identificação e listagem de possíveis critérios usados na aplicação do modelo proposto, conforme ilustra o

quadro 3 na sessão 3.2. Também contribuiu para o mapeamento do estado da arte quanto às técnicas utilizadas e para identificar lacunas no tema de pesquisa, o que auxiliou no desenvolvimento do modelo.

Quadro 2 - Resultados da seleção de artigos para elaboração do referencial teórico

Item	Quantidade
Total de artigos identificados e analisados, incluindo modelos de decisão para seleção de fornecedores e artigos teóricos sobre seleção de fornecedores e gestão de projetos	62
Quantidade de artigos que propõem modelos de decisão para seleção de fornecedores no ambiente de projetos de construção e/ou energia (descritos no quadro 6)	12

Fonte: Elaborado pelo autor

- b) modelagem computacional: um modelo de decisão baseado no método *hesitant fuzzy* QFD (ONAR et al., 2016; OSIRO; LIMA-JUNIOR; CARPINETTI, 2018) foi implementado usando o *software Microsoft Excel*. Os critérios e requisitos foram escolhidos por especialistas a partir da literatura e o modelo aplicado em um caso ilustrativo, utilizando as informações obtidas na etapa de pesquisa de campo.
- c) pesquisa de campo: a pesquisa de campo foi realizada com a finalidade de obter dados para realização de uma aplicação piloto. Essa pesquisa ocorreu em uma empresa que atua com projetos no ramo de construção e energia. Três especialistas foram consultados quanto ao nível de importância de algumas métricas de seleção, à dificuldade de avaliação destas e ao desempenho de outros três fornecedores já cadastrados na base da organização. Os requisitos e critérios considerados na avaliação também foram selecionados por esses decisores com base em uma listagem extraída da literatura. A fim de validar o modelo proposto, os especialistas ainda foram consultados sobre a consistência dos resultados fornecidos pelo modelo de decisão. Também foram realizados testes de análise de sensibilidade envolvendo a variação de alguns parâmetros do modelo.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 O PROCESSO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES

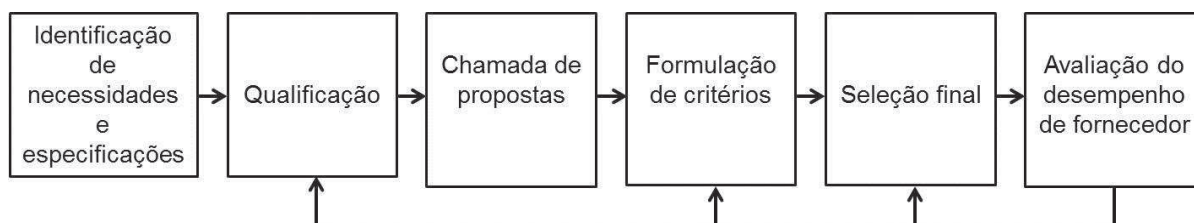
Com o objetivo de focar em suas atividades-fim, as empresas tendem a repassar para terceiros aquelas que não são as atividades principais do negócio, tornando-se então cada vez mais dependentes do desempenho de seus fornecedores e originando a necessidade de construção de relacionamentos de parceria, que venham a implicar em benefícios para todas as partes (HÁ; PARK; CHO, 2011). Nessas condições, é fundamental a coordenação das operações entre as organizações, o que demanda a construção de relacionamentos onde haja confiança e perspectivas à longo prazo para ambas as partes. De grande importância e complexa, a seleção de fornecedores exige uma abordagem transparente mediante a utilização de métodos como o de apoio multicritério à decisão, modelos baseados em programação matemática, estatística e inteligência artificial (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001).

O processo de seleção de fornecedores é estruturado por De Boer, Labro e Morlacchi (2001) em um modelo teórico de 4 etapas principais: (1) formulação do problema, (2) formulação dos critérios, (3) qualificação e (4) seleção final. Para esses autores, a primeira etapa consiste em investigar se dado problema pode ser resolvido ou não por meio da seleção de um ou mais fornecedores sendo também necessário definir qual é o objetivo da seleção: substituir fornecedor atual, selecionar parceiro estratégico ou contratar um novo fornecedor ou algum já existente para suprir um novo produto. Já a segunda etapa do processo consiste em definir quais critérios serão adotados na avaliação dos fornecedores. Qualificar implica em definir dentre os fornecedores conhecidos quais devem participar de um processo de avaliação, reduzindo assim as alternativas. Por fim, a quarta etapa ordena os fornecedores e proporciona a decisão final sobre quais serão escolhidos.

Outro modelo, proposto por Wu e Barnes (2011), incrementa uma quinta etapa ao processo (*feedback*), que foca o monitoramento e análise de informações provenientes das etapas anteriores, com o objetivo de melhorar este processo continuamente. Esse modelo foi baseado no de De Boer, Labro e Morlacchi (2001), assim como o que foi proposto por Igarashi, De Boer e Fet (2013), que possui as

cinco etapas proposta por Wu e Barnes (2011), porém considera critérios ambientais no processo de seleção de fornecedores, como mostra a figura 2.

Figura 2 - Etapas da seleção de fornecedores “verdes”



Fonte: Igarashi, De Boer e Fet (2013)

Um dos modelos pioneiros para apoiar a gestão estratégica de compras foi proposto por Kraljic (1983). Esse autor propõe que a empresa deva classificar todos os itens que adquire em relação ao impacto no lucro e ao risco de abastecimento, diminuindo a vulnerabilidade de compras e aumentando seu poder de barganha mediante um método de quatro fases. Na primeira fase o material é classificado conforme volume, porcentagem total de compras, impacto na qualidade do produto ou crescimento do negócio. Segundo Kraljic (1983), o risco de abastecimento é dado pela competitividade da demanda, número de fornecedores, disponibilidade, oportunidades *make-or-buy* (fazer ou comprar), riscos de armazenagem e possibilidades substituição. Assim a empresa classifica o material em uma das seguintes categorias:

- a) estratégico (alto impacto no lucro, alto risco de abastecimento);
- b) gargalo (baixo impacto no lucro, alto risco de abastecimento);
- c) alavancagem (do inglês *leverage* - alto impacto no lucro, baixo risco de abastecimento);
- d) não crítico (baixo impacto no lucro, baixo risco de abastecimento).

A segunda fase é a de análise de mercado, onde a empresa verifica seu poder de barganha frente ao do fornecedor. Já a terceira fase é o posicionamento estratégico, onde ocorre a busca de oportunidades e redução dos riscos do processo. Por último, a quarta fase foca em um plano de ação, que deve ser alinhado com o poder de negociação diagnosticado entre empresa e fornecedor.

Já no que se refere à quantidade de fontes selecionadas para cada item, Trevelen e Schweikhart (1988) introduziram o debate sobre as opções de utilizar fonte única ou fontes múltiplas. A fonte única implica na disponibilidade de apenas

um fornecedor, consciente do seu monopólio, por razões como o registro de patentes, condições técnicas e localização, sendo essa uma opção que sugere o desenvolvimento de relações de longo prazo. Já a existência de fontes múltiplas revela a opção do comprador por mais de um fornecedor, possibilitando a maximização do resultado ao equilibrar as variáveis de custo e de risco (FENG; SHI, 2012).

Segundo Tunca e Wu (2013), a competição entre múltiplos fornecedores gera benefícios no longo prazo na cadeia, apesar de haver uma perda de eficiência no curto prazo. Adams, Khoja e Kauffman (2012) destacam também a maior facilidade em adaptar-se às mudanças ambientais, dado o maior número de agentes. Para Chung, Talluri e Narasimham (2010), selecionar um único fornecedor é a opção mais vantajosa, mesmo que haja uma condição menos favorável com relação ao preço e flexibilidade, pois cria uma relação mais forte entre o comprador e o fornecedor, facilitando o fluxo de informações, com benefícios em longo prazo.

Dada então a importância da decisão de seleção de fornecedores para a empresa, evidencia-se a necessidade de um bom relacionamento entre as partes. Anderson e Narus (2004) sugerem que os relacionamentos entre comprador e fornecedor podem ser transacionais ou cooperativos, variando entre os extremos de relacionamentos transacionais puros e os relacionamentos cooperativos puros. No primeiro caso são transações ou trocas pontuais entre cliente e fornecedor, onde ambos têm como objetivo maximizar a utilidade de cada transação no momento, sem ter em consideração projeções futuras. Já no segundo emergem processos de desenvolvimento mais ou menos longos, que envolvem normalmente a criação de vínculos. Para Anderson e Narus (2004), uma empresa pode manter vários tipos de relacionamentos com um leque de fornecedores de acordo com as estratégias adotadas. Porém, quanto maior o grau de responsabilidade, maiores serão as necessidades de comunicação, conhecimento mútuo e tempo de interação.

Perona e Sacconi (2004) defendem a existência de 4 estilos de relacionamento com fornecedores: (1) relacionamento tradicional, (2) parceria operacional, (3) parceria tecnológica e (4) parceria envolvida. O primeiro é caracterizado pela falta de integração entre cliente-fornecedor e é aplicado à categoria de itens não críticos. A parceria operacional é dada pela necessidade de cortar os gastos provenientes do alto volume adquirido e melhorar a qualidade do item comprado, sendo um estilo de relacionamento geralmente apropriado às

categorias de alavancagem e estratégica. Já a parceria tecnológica consolida a integração do fornecedor devido à lacuna de conhecimento técnico do cliente, mostrando-se ideal para compras cujo desenvolvimento de produto e tecnologia têm impactos significativos no comprador, sendo apropriada para as categorias de itens de gargalo e estratégicos, onde a dificuldade de gerenciar a compra é alta. Por fim, a parceria envolvida ocorre quando as parcerias tecnológicas e operacionais são conduzidas concomitantemente, sendo na maioria das vezes demandada por itens estratégicos.

### 3.2 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Dada a complexidade que pode assumir o processo, selecionar fornecedores tornou-se uma atividade crítica e estratégica, cujos principais objetivos incluem redução do risco de compra, adição de valor aos compradores e estabelecimento de relações de proximidade e de longo prazo entre compradores e fornecedores (SARKAR; PRATIHAR; SARKAR, 2018). O desempenho da compra e suas decisões relacionadas são prioridades de gerenciamento, uma vez que a unidade de compra pode desempenhar um papel fundamental na redução de custos (PARKOUHI; GHADIKOLAEI; LAJIMI, 2019). Assim, é fundamental a definição dos critérios que devem nortear a escolha do fornecedor ideal.

De natureza qualitativa ou quantitativa, os critérios de decisão para seleção de fornecedores são utilizados na avaliação das diferentes alternativas, sendo que a literatura relacionada identifica dezenas desses critérios (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013). Então, é necessário que a empresa compradora desenvolva meios para medir cada um dos critérios que venha a adotar (KAHRAMAN; CEBECI; ULUKAN, 2003). Por meio da análise de 8 estudos, Chang, Chang e Wu (2011) identificam na literatura, de forma geral, a utilização dos seguintes critérios para a seleção de fornecedores: (1) preço, (2) tempo de entrega, (3) qualidade, (4) capacidade técnica, (5) entrega, (6) serviço, (7) reação à mudança de demanda, (8) capacidade de produção, (9) flexibilidade e (10) confiabilidade de entrega.

Com a finalidade de exemplificar alguns dos critérios mais usados na seleção de fornecedores em projetos, o quadro 3 lista aqueles adotados para seleção de fornecedores em projetos dos setores de construção ou energia. De

acordo com Araújo, Alencar e Mota (2017), o setor de construção é o de maior número de aplicações de técnicas de decisão multicritério para seleção de fornecedores no contexto de projetos. Dentre os estudos mostrados no quadro 3, os critérios mais frequentes utilizados são: (1) preço, (2) tempo de entrega, (3) qualidade e (4) capacidade técnica do fornecedor.

Quadro 3 - Critérios para seleção de fornecedores

Autor(es)	Critérios utilizados
Safa, et al. (2014)	Preço, <i>lead-time</i> , desconto em dinheiro e desempenho do fornecedor.
Polat e Eray (2015)	Qualidade do produto, tempo de entrega, relação com o fornecedor, preço unitário do produto, flexibilidade nas condições de pagamento, comunicação com o fornecedor, capacidade de produção e competência técnica.
Luzon e El-Sayegh (2016)	Preço, entrega, qualidade, serviço, garantias, capacidade técnica, capacidade de produção, condição financeira e localização.
Wu, et al. (2016)	Capacidade de garantia de qualidade, capacidade tecnológica, custo, serviço (pré e pós venda), confiabilidade, crédito (reputação) e consciência ambiental.
Wood (2016)	Preço, situação financeira do fornecedor, condições de pagamento, reputação, relações locais, capacidade em gerenciar o projeto, condições tecnológicas, tratamento dos riscos, <i>compliance</i> e qualidade.
Mousakham, Nazari-Shirkouhi e Bozorgi-Amiri (2017)	Custo, qualidade, entrega, tecnologia, competência ambiental, organização e imagem ambiental.
Cengiz, et al. (2017)	Custo, qualidade, entrega, método de pagamento, localização geográfica, perfil do fornecedor, relações comprador-fornecedor, características ecológicas, capacidade do fornecedor, materiais técnicos aceitáveis.
Tamošaitienė, et al. (2017)	Custo, qualidade, distância, confiabilidade de entrega, reputação, nível tecnológico, compatibilidade, capacidade de desenvolvimento.

Fonte: Elaborado pelo autor

Recentemente, como resultado de exigências atribuídas à sociedade em um contexto geral (organizações não governamentais, associações e grupos comunitários, por exemplo) e de regulamentações legais nos planos nacionais e internacionais, identifica-se também a necessidade de conscientização para proteger

o meio em que as empresas estão inseridas, o que implica na adoção de critérios como o da imagem ambiental (KANNAN et al., 2013) e social do fornecedor. São exemplos de critérios ambientais para a seleção de fornecedores o sistema de tratamento de esgoto da empresa, a gestão de carbono e de substâncias perigosas. Já a não existência de trabalho infantil ou forçado, práticas de saúde e segurança e a ética social são exemplos de critérios sociais (WINTER; LASCH, 2016).

Na literatura há relativamente poucos modelos de apoio à decisão para escolha dos critérios de seleção de fornecedores. Wu e Barnes (2010) propuseram a aplicação de programação não linear *Dempster-Shafer Theory* para definir o que eles chamam de hierarquia de configuração ótima de critérios. Os autores sugerem primeiramente a extração dos critérios a partir de uma lista geral baseada nos julgamentos dos tomadores de decisão e a adoção de parâmetros como tempo, dinheiro e recursos humanos para conduzir o processo de seleção de critérios. No entanto, a avaliação desses critérios com base nesses parâmetros baseia-se em números reais (ou valores *crisp*), o que é uma limitação, pois os valores utilizados são baseados em estimativas arbitrariamente julgadas pelos tomadores de decisão (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2016).

Com base no estudo de Wu e Barnes (2010), Lima Junior e Carpinetti (2016) propuseram outro modelo que utiliza o método *fuzzy QFD*. Os critérios são selecionados a partir dos seus níveis de importância (peso) e da dificuldade técnica de medição, a qual é quantificada pela disponibilidade de informação (quantidade de informação já existente de dados históricos ou conhecimento tácito dos especialistas), recursos humanos e tempo necessário (quantidade de especialistas de diferentes funções e o tempo necessário para avaliação) e recursos adicionais (qualquer recurso extra que se faça necessário, como a contratação de uma consultoria). Outro modelo que oferece suporte à escolha de critérios foi desenvolvido por Sureeyatanapas et al. (2018) usando o TOPSIS (*Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution*). Assim, conforme indicam alguns estudos de revisão sistemática sobre o assunto (DE BOER; LABRO; MORLACCHI, 2001; IGARASHI; DE BOER; FET, 2013), a maioria dos modelos quantitativos existentes na literatura não oferecem um processo de decisão estruturado para a escolha de critérios para seleção de fornecedores. É relevante destacar que dentre os estudos que apoiam a etapa de seleção de critérios para avaliação de



fornecedores, nenhum considerou a aplicação de expressões linguísticas, limitando-se ao uso de termos linguísticos ou valores *crisp*.

Antes de prosseguir a discussão sobre o uso de métodos multicritério na área de seleção de fornecedores, a seção a seguir discute alguns conceitos fundamentais relacionados à gestão de projetos, destacando também a sua relação com a área de aquisição.

### 3.3 GESTÃO DE PROJETOS

#### 3.3.1 Conceitos Básicos Sobre Gestão de Projetos

Para Xavier (2005), projeto é um processo único, formado por atividades cujo controle e coordenação ocorrem com previsão de datas para seu início e término, que é empreendido para alcançar requisitos específicos, considerando limitações de tempo, custo e recursos. Maximiano (2002, p.26) por sua vez define projeto como “um empreendimento temporário de atividade com início, meio e fim programados, que tem por objetivo fornecer um produto singular e dentro das restrições orçamentárias”. Já Kerzner (2006) define projeto como o planejamento, programação e controle de tarefas integradas de forma a atingir objetivos com êxito, para benefício dos participantes do projeto. O *Project Management Institute – PMI* (2017) define projeto como “um esforço temporário, empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único”.

No que se refere ao gerenciamento de projetos, entende-se por ser a utilização de técnicas, habilidades e conhecimentos para a execução de projetos. Para o PMI (2017), “trata-se de uma competência estratégica para organizações, permitindo com que elas unam os resultados dos projetos com os objetivos do negócio – e, assim, melhor competir em seus mercados”. A teoria oferece métodos simples e avançados, que ajudam no gerenciamento de projetos nas suas mais variadas etapas e elevam a possibilidade de sucesso (KOSTALOVA; TETREVOVA; SVEDIK, 2015). Um exemplo disso é o gráfico de barras desenvolvido por Henry Laurence Gantt em 1917, cuja aplicação no controle das tarefas de cada membro da equipe e do tempo para cumprir cada tarefa se dá ainda hoje. Conforme Slack (2002), essa é uma ferramenta simples, que permite também avaliar os custos do consumo de recursos para a conclusão das tarefas, cruzando dados financeiros e prazo.

Assim, o gerenciamento de projetos é uma disciplina que vem sendo formada, há muito tempo, por pessoas de diversas áreas de conhecimento e especializações, em vários países e ambientes, abrangendo praticamente todos os tipos de organizações. A maturidade em gerenciamento de projetos é medida pela eficiência da empresa em concluir projetos (KERZNER, 2011). Desde a década de 1990, surgiram vários modelos de maturidade em gerenciamento de projetos, com

semelhanças na avaliação e aperfeiçoamento da capacidade de gerenciar projetos com eficiência.

Segundo Fonseca (2006), a gestão eficiente dos projetos das empresas é evidentemente necessária. O gerenciamento de projeto envolve aspectos de relação interpessoal entre agentes com perfis e necessidades distintas e diferenças entre padrões de cultura (VALLE et al., 2007). Conforme Bautista (2006), os benefícios da adoção de práticas de gestão de projetos vêm com a disponibilidade de dados dedicados ao projeto, melhoria de comunicação entre os *stakeholders*, melhor preparo entre os gestores e tomadores de decisões, o que, conseqüentemente, aumenta a interação entre objetivos estratégicos e projetos.

Existem vários padrões que podem ser adotados como modelo de referência para o gerenciamento de projetos nas organizações. Alguns dos mais conhecidos estão descritos no quadro 4.

Quadro 4 - Modelos de referência de apoio à gestão de projetos

Modelos	Descritivo
IPMA: <i>International Project Management Association</i>	Padrões e diretrizes para o trabalho de gestão de projetos que contempla também, uma ampla estrutura para a avaliação das competências do profissional de gerenciamento de projetos (VUKOMANOVIĆ; YOUNG; HUYNINK, 2016).
<i>Scrum</i>	Método ágil de desenvolvimento e gerenciamento de projetos que pode ser aplicado em processos de diferentes tamanhos e setores por meio de uma gestão dinâmica de projetos, sendo muitas vezes aplicada para o desenvolvimento de softwares, permitindo controlar o trabalho e potencializar equipes (STREULE et al., 2016).
PRINCE2™: <i>Projects IN a Controlled Environment</i>	Método britânico com foco no produto e nas entregas que devem ser realizadas durante a execução do projeto. Acompanha todo o projeto, desde a primeira idealização e a busca de viabilidade até o desenvolvimento das atividades corresponde às fases de controle, revisão e monitoramento, até que o empreendimento seja finalizado (MATOS; LOPES, 2013).
<i>Project Management Body of Knowledge</i> (PMBOK)	Base de práticas sobre a qual as organizações podem definir suas metodologias, políticas, procedimentos, regras, ferramentas e técnicas para o gerenciamento dos seus projetos (PMI, 2017).

ISO 10006:2017, <i>Quality management systems; Guidelines for quality management in projects</i>	Padrão internacional, desenvolvido pela International Organization for Standardization (ISO), para o gerenciamento de projetos de diversas complexidades, portes e tamanhos, que define os princípios e as práticas de gestão da qualidade relacionando-os com o gerenciamento de projetos, fornecendo diretrizes sobre as questões de qualidade que incidem sobre os projetos (ISO, 2017).
<i>Design Thinking</i>	Conjunto de métodos, ferramentas e técnicas, que orienta a pensar e criar soluções baseadas no cliente por meio de pesquisas, geração de ideias, protótipos e testes. Busca soluções de maneira inovadora, alinhada e integrada (MOSELY; WRIGHT; WRIGLEY, 2018).

Fonte: Elaborado pelo autor

No que se refere a popularidade, uma das principais organizações responsáveis pela disseminação das práticas de gerenciamento de projetos no mundo é o *Project Management Institute* (PMI). Criado em 1969 na cidade da Filadélfia, no estado da Pensilvânia, Estados Unidos, o PMI conta hoje com mais de 545.000 associados e está presente em cerca de 185 países, tendo no guia PMBOK sua mais conhecida publicação, cuja primeira edição foi lançada em 1996 (PMI, 2017). Em um estudo publicado recentemente que entrevistou 367 gerentes de projetos internacionais, que tinham algum tipo de certificação profissional em gerenciamento de projetos, Farashah, Thomas e Blomquist (2019) identificaram que 53% dos participantes tiveram sua certificação emitida pelo PMI, 34% pelo IPMA e 24% pelo PRINCE2. Muito popular no Brasil e contando com quase 20.000 profissionais certificados (PMI, 2017), as práticas difundidas pelo PMI, principalmente por intermédio do guia PMBOK, para a gestão de projetos foram adotadas para subsidiar a elaboração do modelo de decisão proposto por este estudo.

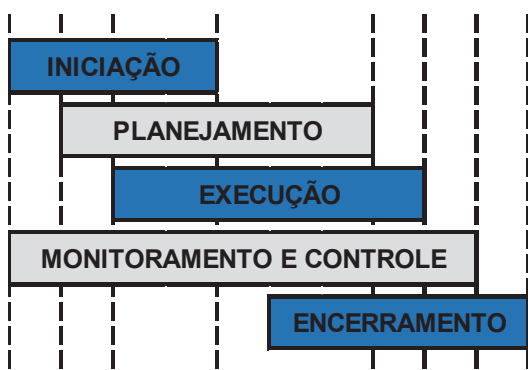
### 3.3.2 O Guia PMBOK e a Área de Aquisição

Atualizado recentemente em sua sexta edição (2017), esse guia estrutura as práticas de gerenciamento de projetos recomendadas pelo PMI em grupos de processos e áreas de conhecimento. O gerenciamento de projetos, por meio da aplicação de ferramentas, processos, metodologias, conhecimentos e habilidades

aplicadas, baseados no guia PMBOK, consegue direcionar a organização para o cumprimento de seus objetivos e medir sua competência. Permite também que os projetos sejam administrados com sucesso, aumentando assim a oportunidades de mercado (SKULMOSKI, 2001). Segundo o guia PMBOK (PMI, 2017) a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas na elaboração de atividades relacionadas para atingir de maneira efetiva e eficaz um conjunto de objetivos da organização pode ser entendida como gerenciamento de projetos.

Os cinco grupos de processos contemplados no guia PMBOK, cuja aplicação ocorre de forma integrada no gerenciamento de projetos, estão ilustrados na figura 3.

Figura 3 - Interação dos grupos de processos de gerenciamento de projetos



Fonte: Elaborado pelo autor com base no guia PMBOK

Os grupos de processo iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento, por sua vez, contemplam 49 processos vinculados à 10 áreas de conhecimento. Essas áreas são apresentadas brevemente a seguir.

### 3.3.2.1 Gerenciamento da integração do projeto

A integração diz respeito aos processos e as atividades necessárias para identificar, definir, combinar, unificar e coordenar os vários processos e atividades de gerenciamento de projetos. Trata-se de uma atribuição específica dos gerentes do projeto. Embora outras áreas de conhecimento possam ser gerenciadas por especialistas (por exemplo: análise de custos, especialistas em cronograma e especialistas em gerenciamento de risco), a responsabilidade do gerenciamento da

integração do projeto cabe ao gerente (PMI, 2017). O gerenciamento da integração do projeto necessita de ênfase especial por ter forte impacto no desempenho do projeto (DEMIRKESEN; OZORHON, 2017). Projetos e gerenciamento de projetos são integradores por natureza, sendo o gerente do projeto o responsável pelo projeto como um todo (PMI, 2017).

#### *3.3.2.2 Gerenciamento do escopo do projeto*

Refere-se aos processos necessários para assegurar que o projeto contemple apenas o trabalho necessário para que termine com sucesso. A conclusão do escopo do projeto é medida em relação ao plano de gerenciamento e a conclusão do escopo é medida em relação aos requisitos do produto (PMI, 2017). Validar o escopo é o processo de formalização da aceitação das entregas concluídas do projeto. A definição correta do escopo tem impacto direto no nível das incertezas que podem ocorrer nas etapas do projeto (ATKINSON; CRAWFORD; WARD, 2006).

#### *3.3.2.3 Gerenciamento do cronograma do projeto*

O cronograma do cronograma do projeto representa como e quando o projeto vai entregar os produtos, serviços e resultados definidos no escopo, servindo como ferramenta de comunicação, gerenciamento de expectativas das partes interessadas e como base para a emissão de relatórios de desempenho (PMI, 2017). O monitoramento e controle do cronograma do projeto é o processo de observação da implementação do plano do projeto, coleta de dados sobre a implementação e a análise comparativa do que foi planejado como que está sendo realizado a fim de manter o projeto na direção desejada (KHAMOOSHI; GOLAFSHANI, 2014).

#### *3.3.2.4 Gerenciamento dos custos do projeto*

O gerenciamento dos custos foca nos custos dos recursos necessários para completar as atividades do projeto. Outro aspecto é a necessidade de reconhecer que diferentes partes interessadas medem os custos do projeto de maneiras diferentes, em tempos diferentes (PMI, 2017). A previsão dos custos necessários ao projeto é de grande importância para o seu sucesso, por ser uma atividade voltada para o futuro que irá colaborar com a tomada de decisão dos gerentes de projeto durante sua execução (FLEMING; KOPPELMAN, 2006).

#### 3.3.2.5 *Gerenciamento da qualidade do projeto*

Considera os processos para incorporar a política de qualidade da organização em relação ao planejamento, gerenciamento e controle dos requisitos de qualidade do projeto e do produto que devem atender as expectativas das partes interessadas (PMI, 2017). Assim, a qualidade também pode ser definida pela forma como o projeto está de acordo com seus requisitos (ARDITI; GUNAYDIN, 1997).

#### 3.3.2.6 *Gerenciamento dos recursos do projeto*

Na prática, a maioria dos projetos são limitados pelo número de recursos que podem ser aplicados no agendamento das suas atividades, cabendo então uma análise detalhada das disponibilidades existentes (AL-JIBOURI, 2002). A equipe do projeto consiste de indivíduos com papéis e responsabilidades definidos, trabalhando coletivamente para alcançar um objetivo. Cabe ao gerente do projeto investir o esforço adequado para adquirir, gerenciar, motivar e dar autonomia à equipe do projeto (PMI, 2017).

#### 3.3.2.7 *Gerenciamento das comunicações do projeto*

Estabelecer normas de comunicação desde o início do projeto e sustentar seu alinhamento ao longo do ciclo de vida é de grande importância, pois assim os

membros da equipe desenvolvem clareza e confiança em seus papéis (HENDERSON; STACKMAN; LINDEKILDE, 2016). Para o PMI (2017), a comunicação bem-sucedida é realizada em duas partes, sendo a primeira o desenvolvimento de uma estratégia apropriada, com base nas necessidades do projeto e nas partes interessadas do mesmo, e a segunda o desenvolvimento de um plano de gerenciamento das comunicações que deve garantir que as mensagens apropriadas sejam comunicadas às partes interessadas em diversos formatos e meios, conforme definido pela estratégia de comunicação.

#### 3.3.2.8 *Gerenciamento dos riscos do projeto*

O gerenciamento dos riscos do projeto tem por objetivo identificar e gerenciar os riscos que não são considerados pelos outros processos de gerenciamento de projetos. Quando não gerenciados, estes riscos têm potencial para desviar o projeto do plano e impedir que alcance os objetivos definidos do projeto (PMI, 2017). Os projetos são, por natureza, expostos a múltiplos riscos que, se não forem tratados de forma eficaz no processo de gerenciamento, acarretarão em baixo desempenho com custo crescente e atrasos na sua conclusão (ZHANG, 2016).

#### 3.3.2.9 *Gerenciamento das partes interessadas do projeto*

Para o PMI (2017, p.504) “a habilidade do gerente de projetos e da equipe para identificar corretamente e engajar todas as partes interessadas de maneira apropriada pode fazer a diferença entre o êxito e o fracasso do projeto”. Assim, a principal forma para conceituar o sucesso do projeto parece ser a abordagem das partes interessadas, onde cada uma delas considera uma visão de um ângulo diferente do sucesso do projeto (clientes, gerência, etc.) (MILOSEVIC; PATANAKUL, 2005).



### 3.3.2.10 Gerenciamento das aquisições do projeto

Mais do que na maioria dos outros processos de gerenciamento de projetos, na gestão das aquisições pode haver obrigações legais e penalidades significativas. Assim, cabe ao gerente do projeto estar familiarizado o suficiente com o processo de aquisições para tomar decisões inteligentes sobre contratos e relações contratuais (PMI, 2017). A fim de selecionar e avaliar adequadamente os fornecedores é essencial usar critérios e métodos que suportam as necessidades do cliente (ARAÚJO; ALENCAR; MOTA, 2017).

Normalmente o gerente do projeto não está autorizado a assinar contratos legais que obriguem a organização; isso é reservado para as pessoas que têm essa autoridade.

Os processos de Gerenciamento das Aquisições do Projeto envolvem acordos que descrevem o relacionamento entre duas partes—um comprador e um vendedor. Os acordos podem ser tão simples como a compra de uma quantidade definida de horas de mão de obra a uma taxa de mão de obra específica, ou tão complexos como contratos internacionais de construção com vigência de vários anos. A abordagem de contratação e o contrato em si devem refletir a simplicidade ou a complexidade das entregas ou o esforço necessário e devem estar redigidos de forma que cumpram as leis locais, nacionais e internacionais referentes a contratos. (PMI, 2017, p.460).

A área de conhecimento aquisições trata da contratação de produtos e serviços necessários ao projeto e contempla 3 processos, que compõe os grupos de planejamento, execução e monitoramento e controle (PMI, 2017). São eles:

- a) planejar o Gerenciamento das aquisições;
- b) conduzir as aquisições;
- c) controlar as aquisições.

Considerando os demais processos e sua distribuição em relação as áreas de conhecimento do guia PMBOK (PMI, 2017), a área de conhecimento aquisições responde por 6% dos processos existentes. A figura 4 descreve esse valor percentual para os 3 processos compreendidos na área de aquisições e demais áreas, além de sintetizar a estrutura do guia aqui apresentada, identificando as quantidades e percentuais correspondentes aos processos que pertencem a cada uma das 10 áreas conhecimento e também a cada um dos 5 grupos, considerando o

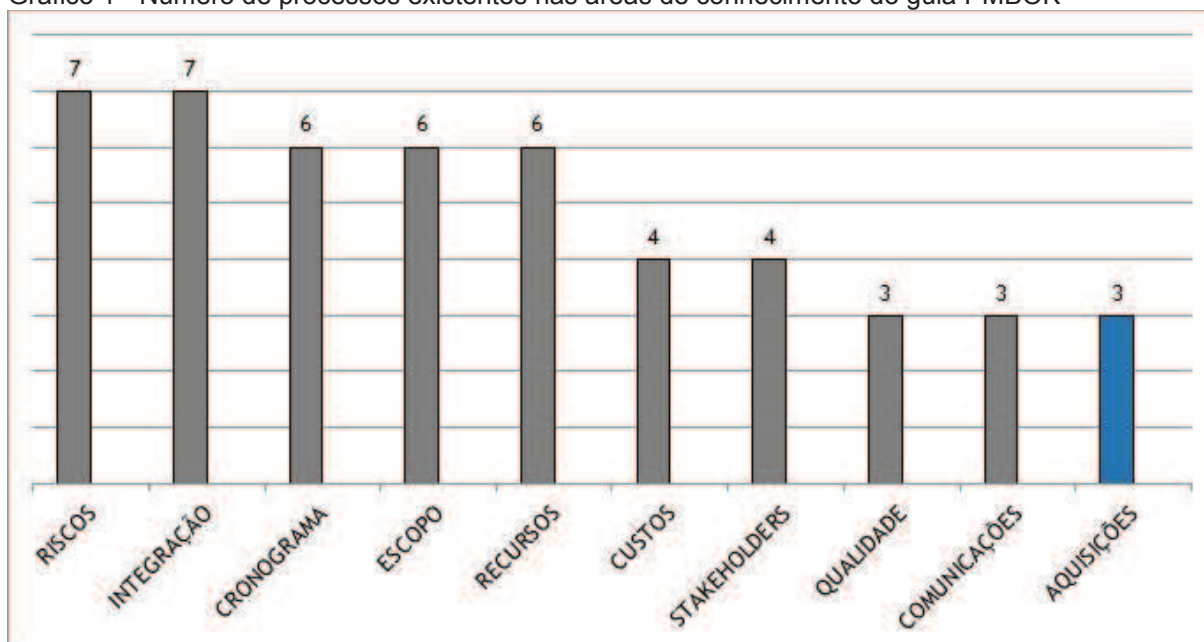
total de 49 processos descritos no guia. Já o gráfico 1 sumariza o número de processos por área de conhecimento, mostrando que a área de aquisições está entre aquelas de tem um menor número de processos, conforme o guia PMBOK (PMI, 2017).

Figura 4 - Áreas de conhecimento e grupos de processos

PMBOK 6ª EDIÇÃO							
ÁREA DE CONHECIMENTO	GRUPO DE PROCESSOS					TOTAL	%
	INICIAÇÃO	PLANEJAMENTO	EXECUÇÃO	MONITORAMENTO E CONTROLE	ENCERRAMENTO		
INTEGRAÇÃO	1	1	2	2	1	7	14%
ESCOPO		4		2		6	12%
CRONOGRAMA		5		1		6	12%
CUSTOS		3		1		4	8%
QUALIDADE		1	1	1		3	6%
RECURSOS		2	3	1		6	12%
COMUNICAÇÕES		1	1	1		3	6%
RISCOS		5	1	1		7	14%
AQUISIÇÕES		1	1	1		3	6%
STAKEHOLDERS	1	1	1	1		4	8%
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>49</b>	
<b>%</b>	<b>4%</b>	<b>49%</b>	<b>20%</b>	<b>24%</b>	<b>2%</b>		<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor com base no guia PMBOK

Gráfico 1 - Número de processos existentes nas áreas de conhecimento do guia PMBOK



Fonte: Elaborado pelo autor

Apesar de conter um número baixo de processos em relação às demais áreas de conhecimento, segundo o guia PMBOK (PMI, 2017), os processos de aquisições podem interagir entre si e com processos das demais áreas, de forma que o impacto da decisão por contratar pode atingir direta ou indiretamente todos os demais processos, evidenciando a importância da seleção do fornecedor ideal para o êxito do projeto.

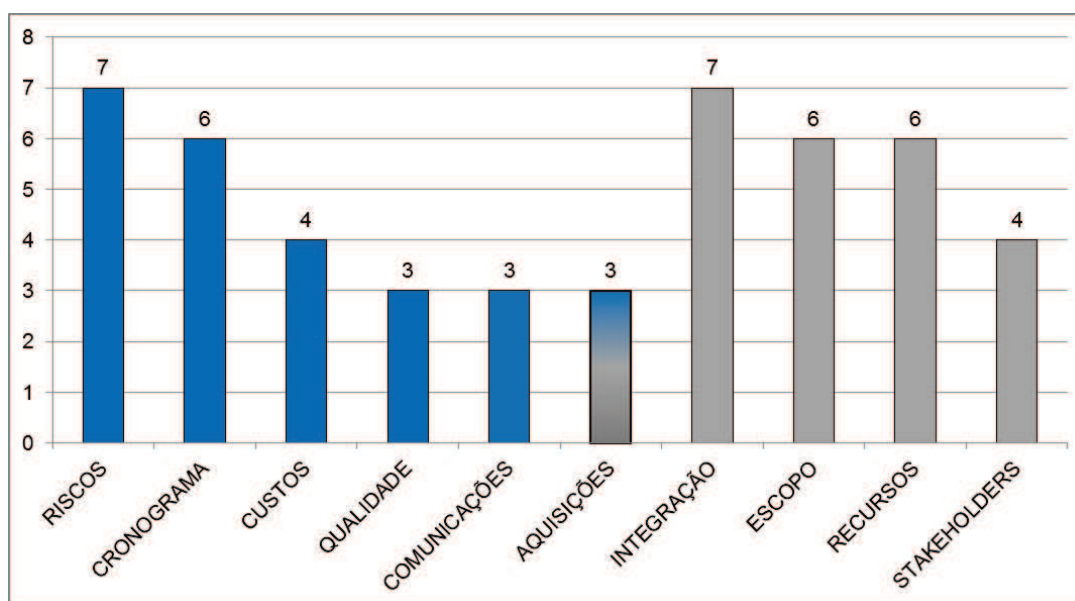
### 3.4 SELEÇÃO DE FORNECEDORES NO CONTEXTO DE PROJETOS

Para o PMI (2017), fornecedores são partes interessadas externas ao projeto, sendo que a organização e seus fornecedores mantêm uma relação de interdependência, onde o relacionamento baseado em parceria e cooperação é mais benéfico para ambos, aumentando a capacidade de criação mútua de valor. Nessa mesma linha, Jelodar, Yiu e Wilkinson (2016) afirmam que, dentro das perspectivas do gerenciamento de projetos e do negócio, o objetivo final da contratação de fornecedores é alcançar um melhor desempenho e melhores margens de lucro, justificando a necessidade de boas relações com parceiros, que podem superar a fragmentação e facilitar a colaboração.

Assim, em teoria, a maneira como se relacionar é frequentemente tratada como competência ou ativo essencial, necessário para gerenciar redes de projetos. São essas relações os catalisadores para desenvolver colaboração e fornecer melhores oportunidades para negócios futuros como um ativo intangível (ZOU et al., 2014). Então, os envolvidos com o projeto de maneira geral devem compreender a dependência que existe do fornecedor para o sucesso do projeto a partir da sua contratação.

Nos projetos onde existe a necessidade de contratação, o gerenciamento das aquisições inclui os processos necessários à compra ou aquisição de produtos ou serviços necessários, vindos de fora da equipe do projeto, para realizar o trabalho (PMI, 2017). O gráfico 2 sumariza o número de processos por área de conhecimento e indica quais delas tem impacto direto em razão da opção por contratar no projeto. Já o quadro 5 detalha quais processos esse estudo identificou como aqueles que são impactados diretamente pela decisão de comprar.

Gráfico 2 - Processos das áreas de conhecimento do guia PMBOK



Legenda

- Áreas com processos afetados diretamente pelas decisões de aquisição
- Áreas com processos não afetados diretamente pelas decisões de aquisição

Fonte: Elaborado pelo autor com base em PMI (2017)

Quadro 5 - Processos do guia PMBOK afetados pela decisão de comprar

Nome do processo		Área de conhecimento	Grupo do processo
1	6.1 Planejar o gerenciamento do cronograma	Cronograma	Planejamento
2	6.2 Definir as atividades	Cronograma	Planejamento
3	6.3 Sequenciar as atividades	Cronograma	Planejamento
4	6.4 Estimar as durações das atividades	Cronograma	Planejamento
5	6.5 Desenvolver o cronograma	Cronograma	Planejamento
6	6.6 Controlar o cronograma	Cronograma	Monitoramento e controle
7	7.1 Planejar o gerenciamento dos custos	Custos	Planejamento
8	7.2 Estimar os custos	Custos	Planejamento
9	7.3 Determinar o orçamento	Custos	Planejamento
10	7.4 Controlar os custos	Custos	Monitoramento e controle
11	8.1 Planejar o gerenciamento da qualidade	Qualidade	Planejamento
12	8.2 Gerenciar a qualidade	Qualidade	Execução
13	8.3 Controlar a qualidade	Qualidade	Monitoramento e controle
14	10.1 Planejar o gerenciamento das comunicações	Comunicações	Planejamento
15	10.2 Gerenciar as comunicações	Comunicações	Execução
16	10.3 Monitorar as comunicações	Comunicações	Monitoramento e controle
17	11.1 Planejar o gerenciamento dos riscos	Riscos	Planejamento
18	11.2 Identificar os riscos	Riscos	Planejamento
19	11.3 Realizar a análise qualitativa dos riscos	Riscos	Planejamento
20	11.4 Realizar a análise quantitativa dos riscos	Riscos	Planejamento
21	11.5 Planejar as respostas aos riscos	Riscos	Planejamento
22	11.6 Implementar respostas aos riscos	Riscos	Execução
23	11.7 Monitorar os riscos	Riscos	Monitoramento e controle

Fonte: Elaborado pelo autor com base no guia PMBOK

A maioria das empresas aplica estratégias diferentes para contratar, como diversificação de fornecedores, entregas *just-in-time* e estoques enxutos, o que é válido mas acaba por afetar a cadeia de suprimentos com diferentes tipos de riscos, como o risco do fornecedor, o risco de produção, o compartilhamento de informações e assim por diante (HAMDI et al., 2016).

Em relação à contratação no ambiente de desenvolvimento de projetos, além de não haver controle total sobre a parte do escopo contratada, a decisão pela aquisição acarreta na necessidade de gerenciamento por parte da equipe do projeto, gerando novas atividades que tendem a impactar também nas demais áreas de

conhecimento como já mencionado. Dessa forma, de maneira geral, as empresas podem optar por contratar conforme suas necessidades e oportunidades de momento. Já as empresas baseadas em projetos concentram-se em suas principais capacidades e tendem a terceirizar atividades não essenciais (RUUSKA et al., 2013). Wagner (2010) afirma que grandes projetos são normalmente realizados em ambientes de negócios complexos, onde as empresas precisam se concentrar em suas capacidades principais, o que não evita a dependência da capacidade de fornecedores externos. Desta forma, uma vez contratada parte do escopo, o cliente e, por consequência, a equipe do projeto dependerão do fornecedor para seu sucesso.

A influência que os fornecedores têm sobre o sucesso ou fracasso dos projetos é significativa, já que seu desempenho afeta os resultados de todo o esforço comercial (LIU et al., 2014). Então, a construção de relacionamentos onde haja confiança e perspectiva à longo prazo é constantemente reavaliada, uma vez que esse relacionamento tende a ser oficializado para o tempo de duração estimado para o projeto.

Nessas condições, a seleção de fornecedores no contexto de projeto mostra particularidades, principalmente quanto a duração da relação e ao impacto do desempenho do contratado nos resultados de forma imediata e de difícil reversão. Walters (2018) afirma que o risco no ambiente de projetos é inerente a qualquer tipo de contrato existente entre duas partes. Nessa mesma linha, Stanley e Van de Velde (2008) defendem que o risco decorrente da opção por contratar fornecedores deve ser alocado entre as partes, pois pode ter efeito negativo no custo dos contratos.

### 3.5 MÉTODOS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES

A escolha do fornecedor correto para o projeto exige a adoção de um método capaz de considerar os diversos critérios já apontados nas seções anteriores. Dessa forma, considera-se o emprego de métodos de decisão multicritério (ou métodos MCDM – *Multicriteria Decision Making*), que são comumente usados para analisar fornecedores e selecionar a alternativa ideal (CENGIZ et al., 2017). Os métodos multicritério de tomada de decisão surgiram

como métodos de apoio que são vistos como ferramentas matemáticas eficazes para resolução de problemas em que existem critérios conflitantes (SALVATORE; EHRGOTT; FIGUEIRA, 2005). Para Wang (2010) tais métodos constituem um importante conjunto de ferramentas para abordar difíceis decisões, pois auxiliam os gestores das organizações em situações de incerteza, complexidade e objetivos conflitantes.

No que se refere à aplicação para a seleção de fornecedores, os métodos MCDM se diferenciam a partir da consideração de aspectos como a inter-relação das decisões, a natureza e a quantidade de critérios, os tipos de incerteza, o número de tomadores de decisão e, por fim, o tipo de regra de decisão a ser usada (DE BOER; WEGEN; TELGEN, 1998).

Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2013) revisaram 120 artigos que apresentam modelos de decisão para seleção de fornecedores. Esses autores identificaram 61 combinações diferentes de métodos MCDM, concluindo que os métodos baseados em lógica *fuzzy*, AHP e ANP são os mais utilizados dentre os estudos que aplicam um único método, enquanto o método *fuzzy* AHP é o mais aplicado dentre as abordagens combinadas.

Em uma revisão sistemática da literatura que analisou 119 artigos, Araújo, Alencar e Mota (2017) identificaram que, no ambiente de desenvolvimento de projetos, a utilização de métodos MCDM para seleção de fornecedores tem aplicação principalmente nas áreas de pesquisa e desenvolvimento, aviação, financeira, construção, energia, engenharia, rodovias, hídricos, tecnologia da informação, manutenção e desenvolvimento de novos produtos. Esse mesmo estudo ressalta que não é possível identificar a existência de um método MCDM que se sobressaia em relação aos demais, e que cada situação de tomada de decisão pode requerer critérios e/ou métodos diferentes.

Além de analisar os modelos publicados pelos trabalhos de revisão sistemática citados na seção 1.2, o presente estudo mapeou o emprego de métodos multicritério, combinados ou não, para a seleção de fornecedores em projetos de construção e/ou energia. Foram então verificadas publicações que aparecem nas bases *Science Direct*, *Google Acadêmico*, *Web of Science* e *Scielo*. O quadro 6 resume os resultados desse mapeamento, destacando as técnicas utilizadas e informações sobre a aplicação destas.

Quadro 6 - Modelos de decisão para seleção de fornecedores em projetos

Abordagem	Autor (es)	Técnica	Aplicação
Combinação de métodos	Tamosaitiene et al. (2017)	AHP / ARAS ( <i>Additive Ratio Assessment</i> ) / Hovanov	Simulada com profissionais da construção civil
	Luzon e El-Sayegh (2016)	AHP / Delphi	Indústria de óleo e gás
	Polat e Eray (2015)	AHP / ER ( <i>Evidential Reasoning</i> )	Construção de estradas
Método isolado	Lu et al. (2019)	<i>Fuzzy</i> AHP	Usina de geração de energia através da biomassa de palha
	Cengiz et al. (2017)	ANP	Simulada com profissionais da construção civil
	Mousakhani, Nazari-Shirkouhi e Bozorgi-Amiri (2017)	2-type <i>Fuzzy</i> TOPSIS estendido	Fabricante de baterias
	Gumus, Kucukvar e Tatari, (2016)	<i>Fuzzy</i> TOPSIS	Geração de energia eólica
	Wood (2016)	<i>Fuzzy</i> TOPSIS	Simulada com dados da indústria de petróleo
	Wu et al. (2016)	VIKOR	Usina nuclear HYH
	Safa et al. (2014)	TOPSIS	Construção civil em geral
	Wang et al. (2013)	AHP	Simulada com empreiteiras em Taiwan
	Eshtehardian, Ghodousi e Bejanpour (2013)	ANP e AHP	Empresas de construção civil do Irã

Fonte: Elaborado pelo autor

Dentre os métodos mais frequentemente aplicados, o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) se destaca, sendo utilizado em cinco modelos. O AHP realiza a medição por meio de comparações entre pares e é baseado no julgamento de especialistas para a obtenção de escalas de prioridade (SAATY, 2008). A estrutura hierárquica da metodologia AHP é capaz de medir e sintetizar uma variedade de



fatores de um processo complexo de tomada de decisões em um ambiente hierárquico (RUSSO; CAMACHO, 2015). Por sua vez, o método ANP (*Analytic Network Process*) trata-se de uma generalização do método AHP (SAATY, 2005). Enquanto o AHP fornece uma estrutura de árvore de decisão com comparações de pares em cada nível da árvore, o ANP propõe uma estrutura de rede de decisão com comparações de pares generalizadas (DUBROMELLE et al., 2010). Assim, o método ANP permite considerar relações de dependência e *feedback* entre seus elementos (SAATY, 2005), o que propicia aos decisores uma representação que envolve critérios dependentes entre si.

Já o método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), consiste em uma técnica de avaliação de desempenho de alternativas mediante a similaridade da mesma com uma solução ideal, onde a melhor alternativa é aquela mais próxima da solução ideal positiva e mais distante da solução ideal negativa (HWANG; YOON, 1981). O TOPSIS é muito utilizado para solucionar problemas de tomada de decisão da vida real, no entanto, em sua forma tradicional, não consegue lidar com as medidas de informação com valor negativo (SUN et al., 2018). Embora o TOPSIS seja adequado para modelar critérios quantitativos usando diferentes escalas de medição, este não se mostra apropriado para lidar com critérios qualitativos. Diante disso, o método *fuzzy* TOPSIS foi desenvolvido a fim de permitir aos decisores o uso de termos linguísticos como “baixo” e “alto” para avaliar o peso dos critérios e as pontuações das alternativas.

Ainda que os modelos apresentados no quadro 6 tenham contribuído para o avanço das abordagens de apoio à seleção de fornecedores em projetos, eles também apresentam algumas dificuldades de uso e limitações decorrentes das técnicas quantitativas adotadas. Embora o AHP seja amplamente utilizado, os modelos baseados nessa técnica (WANG et al., 2013; TAMOSAITIENE et al., 2017; LUZON; EL-SAYEGH, 2016; POLAT; ERAY, 2015; ESHTEHARDIAN; GHODOUSI; BEJANPOUR, 2013) apresentam limitações relativas à quantidade de critérios e alternativas que podem ser adotados. Outra crítica refere-se ao problema de inversão de ordem das alternativas (*ranking reversal*), em que a introdução de uma nova alternativa no problema, sem adequada reavaliação dos valores atribuídos aos elementos do nível hierárquico superior, pode ocasionar esse efeito inverso.

Além disso, o AHP apresenta dificuldades de uso relacionadas à: realização das comparações par a par, em uma escala restrita de 1 a 9, que pode causar

inconsistência nos julgamentos; o número grande de comparações e alternativas eleva o trabalho computacional e; a dificuldade de manter a consistência nos julgamentos, o que torna também o processo de coleta de julgamentos mais demorado (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014). Vale ressaltar que essas limitações também são válidas para os modelos que utilizam ANP (BAYAZIT, 2006; ESHTEHARDIAN; GHODOUSI; BEJANPOUR, 2013), sendo que este método requer ainda mais julgamentos comparativos que o AHP.

Limitações como *ranking reversal* e dificuldade de garantir consistência nos julgamentos também afetam os modelos *Fuzzy AHP* (LU et al., 2019). Além disso, a versão mais utilizada do *Fuzzy AHP* também pode produzir valores de peso nulos para alguns critérios, o que impacta negativamente no resultado final da decisão, já que um critério com peso igual a zero deixa de ser considerado (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2014).

Embora os modelos baseados no método TOPSIS (SAFA et al., 2014) não limitem a quantidade de critérios e alternativas, nem requeiram a realização de testes de consistência de julgamentos, estes também apresentam o problema de inversão de *ranking* e não são adequados para modelar critérios qualitativos. Além dos pontos discutidos, algumas limitações que afetam todas as abordagens mostradas no quadro 6, inclusive os modelos baseados em *Fuzzy TOPSIS* (WOOD, 2016; MOUSAKHANI, NAZARI-SHIRKOUHI; BOZORGI-AMIRI, 2017) e VIKOR (WU et al., 2016), se referem à: ausência de uma etapa focada na escolha de critérios de seleção de fornecedores, que considere não apenas o peso destes, mas também a dificuldade de coletar dados para avaliar os fornecedores em cada critério; impossibilidade de utilizar expressões linguísticas para avaliar o peso dos critérios e o desempenho das alternativas. Ainda que alguns estudos utilizem técnicas adequadas para modelar aspectos qualitativos, como *Fuzzy TOPSIS* e *Fuzzy AHP*, os modelos existentes não são capazes de apoiar decisões em situações de incerteza nas quais o tomador de decisão hesita ao fornecer julgamentos, o que o força a escolher um único termo linguístico.

A partir das discussões apresentadas nessa seção, é possível concluir que não existe um método ideal para aplicação na seleção de fornecedores. Tanto a variedade de técnicas e combinações existentes, como as particularidades inerentes ao escopo de cada projeto são indicativos da amplitude desse universo. Também foi possível inferir que em nenhum estudo sobre o tema houve a aplicação do método

*hesitant fuzzy* QFD. Essa condição é corroborada pelo estudo de revisão sistemática realizado por Xu e Zhang (2019, no prelo), no qual não foi identificado o emprego de nenhuma técnica *hesitant fuzzy* para seleção de fornecedores no ambiente de projetos, ainda que o uso deste tenha o potencial de trazer alguns benefícios ao processo de tomada de decisão neste domínio de problema.

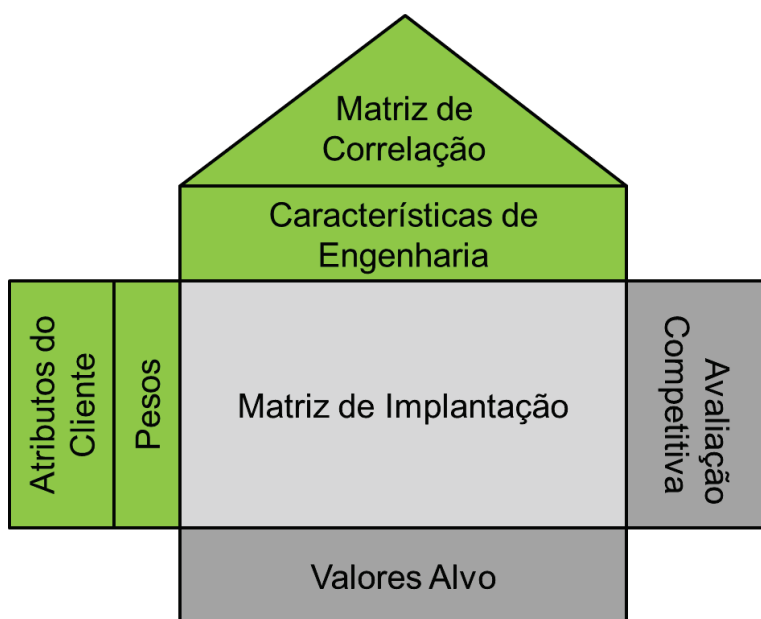
### 3.6 O MÉTODO QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)

O QFD é um método originalmente criado para apoiar o desenvolvimento de produtos, voltado para atender as expectativas do cliente, de forma a transformar tais expectativas em características técnicas a serem usadas durante toda a fase de produção (AKAO, 1992). Assim, a abordagem é muito utilizada no processo tradicional de desenvolvimento de produtos (LIU, 2011). Segundo Chen e Ko (2011), a aplicação do QFD ao longo do desenvolvimento de produtos pode se dar em quatro fases:

- a) fase 1: Matriz de planejamento para tradução dos requisitos do cliente em requisitos de *design* de produto;
- b) fase 2: Matriz de implantação das características do produto para transformar os requisitos do cliente em características críticas de peças;
- c) fase 3: Matriz de controle de qualidade e processo para determinar os parâmetros críticos do processo;
- d) fase 4: Matriz de instrução operacional para estabelecer os requisitos do produto final.

A maioria dos trabalhos existentes sobre o QFD foca apenas na sua primeira fase, onde ocorre a tradução da voz do cliente em características de engenharia utilizando um conjunto de matrizes denominado Casa da Qualidade (KWONG et al., 2007), geralmente composto por uma matriz *what*, uma matriz *how* e uma matriz de correlação. Essa denominação ocorre em razão da semelhança desse conjunto de matrizes com a estrutura de uma casa, conforme ilustra a figura 5 (RAMÍREZ; CISTERNAS; KRASLAWSKI, 2017).

Figura 5 - Matriz Casa da Qualidade



Fonte: Ramírez, Cisternas e Kraslawski (2017)

No método QFD tradicional, enquanto o nível de importância de cada requisito é atribuído pelo cliente utilizando uma escala numérica de 1 a 5, a intensidade de relacionamento entre requisitos e critérios técnicos é quantificada pelos valores 1, 3 ou 9 (CHENG et al., 1995). Para permitir o uso de avaliações qualitativas, representadas por meio de termos linguísticos como “baixo”, “médio” ou “alto”, o QFD vem sendo aperfeiçoado por meio da combinação com outras teorias da área de tomada de decisão, gerando novas versões deste método (JUAN; PERNG; CASTRO-LACOUTURE, 2009; LIMA JR.; CARPINETTI, 2016). A seção a seguir detalha o método hesitante *fuzzy* QFD, que foi utilizado no presente estudo.

### 3.7 DESCRIÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO

Essa seção apresenta os fundamentos da teoria de conjuntos *fuzzy*, que são essenciais para o entendimento da técnica hesitante *fuzzy* QFD.

### 3.7.1 Introdução à Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*

A lógica *fuzzy*, também conhecida como lógica nebulosa ou lógica difusa, foi desenvolvida por Zadeh (1965). Na área de tomada de decisão, ela tem por objetivo lidar com a imprecisão e a incerteza presente em alguns dados relacionados ao problema, modelando modos de raciocínio aproximados ao invés de precisos. Se na lógica clássica (binária) as proposições se limitam ao verdadeiro ou falso, na lógica *fuzzy* essas proposições podem assumir valores intermediários entre esses limites. Assim, a lógica *fuzzy* torna capaz capturar e converter para um formato numérico informações vagas, em geral, descritas em linguagem (WAGNER; CECHIN, 2003). Logo, o valor de uma variável *fuzzy* pode assumir diversas faixas categóricas, também chamadas de termos linguísticos, que nada mais são do que termos como: alto, baixo, pouco, muito pouco, muito pequeno e muito grande.

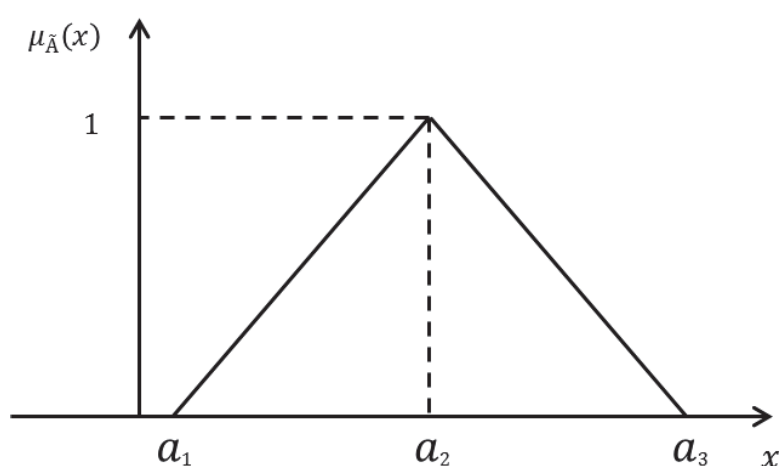
Sendo assim, o uso da lógica *fuzzy* é sugerido para problemas em que a informação seja de natureza imprecisa, qualitativa ou incompleta, tornando mais fácil a incorporação de conhecimento de especialistas ao sistema, pois fornece um modo para o tomador de decisão traduzir o seu conhecimento em formato linguístico, para posteriormente representá-lo usando uma abordagem matemática. Cada termo linguístico de uma variável *fuzzy* é representado por um conjunto *fuzzy*. Segundo Zadeh (1965, p.338), “um conjunto *fuzzy* é caracterizado por uma função de pertinência onde a transição de não pertinência para pertinência é gradual e não abrupta, dentro de um intervalo entre zero e um”. A função de pertinência de um conjunto *fuzzy*  $\tilde{A}$  é representada pela equação 1. Nesta equação,  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  representa o grau de pertinência do elemento  $x$ , pertencente ao universo de discurso  $X$ , em relação ao conjunto *fuzzy*  $\tilde{A}$ . Dessa forma, um conjunto *fuzzy* permite aos elementos o pertencimento parcial a uma determinada classe e o pertencimento simultâneo a mais de uma classe.

$$\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0,1]; x \in X \quad (1)$$

Em resumo, o conjunto *fuzzy* é um conjunto em que cada elemento tem grau de pertencimento a ele. Matematicamente, sendo  $X$  um conjunto universal. Então o subconjunto *fuzzy*  $\tilde{A}$  de  $X$  é definido por sua função de associação. Os números *fuzzy* por sua vez são um caso especial de conjunto *fuzzy*, que atendem às

condições de normalidade e convexidade. Os mais comuns são os triangulares e trapezoidais. Assim, um número *fuzzy* pode ser definido por um intervalo, geralmente representado por dois pontos extremos  $a_1$  e  $a_3$  (um valor mínimo e um valor máximo), conforme ilustra a figura 6 (DURÁN; AGUILÓ, 2006). Nessa figura,  $a_2$  representa um ponto no eixo  $X$  em que o valor da função de pertinência é 1.

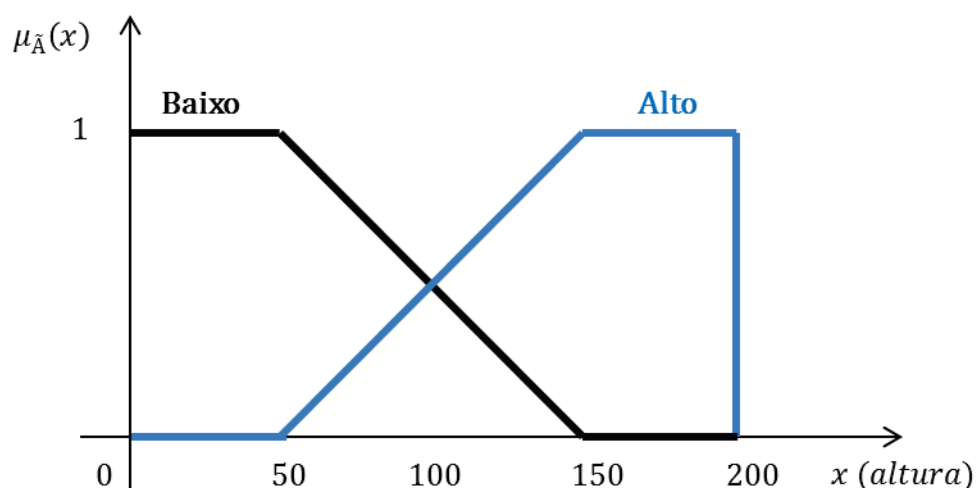
Figura 6 - Ilustração gráfica de um número *fuzzy* triangular



Fonte: Durán e Aguiló (2006)

Por fim, relaciona-se aos conjuntos *fuzzy* o conceito de variável linguística, que é um parâmetro que pode assumir um determinado valor dentre um conjunto de termos linguísticos, como pode ser observado na figura 7. Nesse exemplo, a variável linguística é a altura, definida em um universo de discurso entre 0 e 200 centímetros, composta por dois termos linguísticos (“baixo” e “alto”), os quais são quantificados por números *fuzzy* trapezoidais (MORENO; LOPEZ; MERINO, 2006).

Figura 7 - Variável linguística composta por dois termos



Fonte: Moreno, Lopez e Merino, 2006

### 3.7.2 Fundamentos da Teoria *Hesitant Fuzzy*

O fornecimento de um julgamento com base em um único termo linguístico pode representar um problema para os especialistas, quando há incertezas que os levam a hesitar quando precisam representar seus julgamentos. Nesses casos em que os especialistas não conseguem fornecer um julgamento com base em um único termo linguístico, é desejável o uso de técnicas que possibilitem a adoção de dois ou mais termos para representar seus julgamentos (RODRÍGUEZ; MARTINEZ; HERRERA, 2012). Assim, baseando-se no conceito de conjuntos *hesitant fuzzy* (TORRA, 2010), Rodriguez, Martinez e Herrera (2012) propuseram uma abordagem para permitir o uso de mais de um termo linguístico para expressar os julgamentos do decisor, denominada *Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set* (HFLTS).

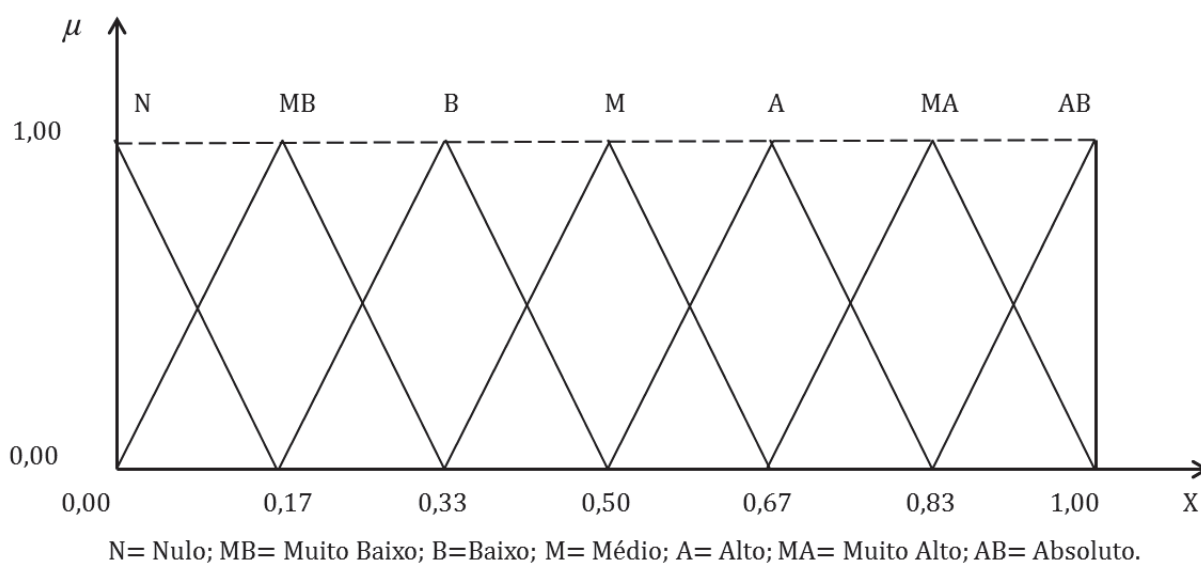
#### 3.7.2.1 Definição de *Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set* (HFLTS)

Seja  $\vartheta$  uma variável linguística e  $S$  um conjunto de termos linguísticos, conforme representa a equação 2 e a figura 8. Na equação 2,  $\tau$  é um inteiro positivo,  $s_{-\tau}$  e  $s_{\tau}$  são respectivamente os limites inferiores e superiores dos termos linguísticos (RODRIGUEZ; MARTINEZ; HERRERA, 2013). O conjunto de termos  $S$

deve satisfazer à seguinte condição: se  $\alpha < \beta$ , então  $s_\alpha < s_\beta$ . Para conjuntos simétricos, também deve ser satisfeita a condição  $neg(s_\alpha) = s_{-\alpha}$ ; especialmente  $neg(s_0) = s_0$ , sendo  $neg(.)$  um operador de negação.

$$S = \{s_{-\tau}, \dots, s_0, \dots, s_\tau\} = \{nada, muito\ baixo, baixo, médio, alto, muito\ alto, absoluto\} \quad (2)$$

Figura 8 - Conjunto básico de termos linguísticos definidos com sete termos



Legenda

N= Nulo; MB= Muito Baixo; B=Baixo; M= Médio; A= Alto; MA= Muito Alto; A=Absoluto

Fonte: Rodriguez, Martinez e Herrera (2013)

Segundo Rodrigues, Martinez e Herrera (2012), um HFLTS  $H_S(\vartheta)$  é um subconjunto finito ordenado dos termos linguísticos consecutivos de  $S$ . Logo, um HFLTS pode ser  $H_S(\vartheta) = \{nada, muito\ baixo, baixo\}$  ou  $H_S(\vartheta) = \{muito\ baixo, baixo, médio, alto\}$ . Tomadores de decisão, com frequência, preferem realizar suas avaliações com expressões linguísticas, ao invés de apenas um termo linguístico, o que levou Rodrigues, Martinez e Herrera (2012) a propor uma gramática livre de contexto (*context-free grammar*) para extrair o HFLTS de expressões linguísticas humanas.

### 3.7.2.2 Transformação de expressões linguísticas em HFLTS



A função  $E_{GH}: ll \rightarrow H_S$  propõe transformar as expressões linguísticas para um HFLTS (RODRÍGUEZ; MARTINEZ; HERRERA, 2012), conforme seu significado, da seguinte forma:

- 1)  $E_{GH}(s_i) = \{s_i / s_i \in S\}$ ;
- 2)  $E_{GH}(\text{no máximo } s_i) = \{s_j / s_j \in S \text{ e } s_j \leq s_i\}$ ;
- 3)  $E_{GH}(\text{menor que } s_i) = \{s_j / s_j \in S \text{ e } s_j < s_i\}$ ;
- 4)  $E_{GH}(\text{pelo menos } s_i) = \{s_j / s_j \in S \text{ e } s_j \geq s_i\}$ ;
- 5)  $E_{GH}(\text{maior que } s_i) = \{s_j / s_j \in S \text{ e } s_j > s_i\}$ ;
- 6)  $E_{GH}(\text{entre } s_i \text{ e } s_j) = \{s_k / s_k \in S \text{ e } s_i \leq s_k \leq s_j\}$ ;

Usando o conjunto de termos linguísticos da equação 2 e expressões linguísticas denotadas por  $ll$ , podem ser exemplos de HFLTS:

$$H_S = E_{GH}(ll_1 = \text{muito alto}) = \{\text{muito alto}\}$$

$$H_S = E_{GH}(ll_2 = \text{maior que baixo}) = \{\text{médio, alto, muito alto, absoluto}\}$$

$$H_S = E_{GH}(ll_3 = \text{entre muito baixo e médio}) = \{\text{muito baixo, baixo, médio}\}$$

### 3.7.2.3 Distância entre dois HFLTSs

Medidas de distância são a base de alguns métodos MCDM, como por exemplo os métodos TOPSIS e VIKOR. Para utilizar os HFLTSs nos problemas MCDM com maior eficácia, Liao, Xu e Zeng (2014) apresentaram uma família de medidas de distância entre duas coleções HFLTS. Em um problema MCDM, cada alternativa  $i$  tem uma coleção de HFLTSs, um para cada critério. Por exemplo  $\mathbb{H}_S^i = \{H_S^{i1}, H_S^{i2}, \dots, H_S^{im}\}$  onde  $\mathbb{H}_S^i$  é uma coleção de HFLTSs e  $H_S^{ij}$  os HFLTSs que representam a avaliação usando o critério  $j$ .

Para situações em que os critérios possuem pesos diferentes, Liao, Xu e Zeng (2014) definem a medida de distância ponderada generalizada entre  $\mathbb{H}_S^1$  e  $\mathbb{H}_S^2$  de acordo com a equação 3.

$$d_{\text{gwd}}(\mathbb{H}_S^1, \mathbb{H}_S^2) = \left( \sum_{j=1}^m \frac{w_j}{L} \sum_{l=1}^L \left( \frac{|\delta_l^{1j} - \delta_l^{2j}|}{2\tau+1} \right)^\lambda \right)^{1/\lambda} \quad (3)$$

Na equação 3,  $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)^t$  é o vetor de ponderação que satisfaz  $0 \leq w_j \leq 1$  e  $\sum_{j=1}^m w_j = 1$ . Na aplicação da equação 3, o número de termos linguísticos em dois HFLTSS deve ser o mesmo, sendo  $\lambda$  um parâmetro para determinar a distância. Se a distância for euclidiana, o valor é igual a dois (LIAO, XU e ZENG, 2014).  $L$  é o número de termos contidos em  $\mathbb{H}_S^1$  e  $\mathbb{H}_S^2$ . A expressão  $2\tau + 1$  indica o número de termos linguísticos em  $S$ .

### 3.7.2.4 Soluções ideais positivas e negativas

Liao, Xu e Zeng (2014) propuseram um procedimento para obter as soluções ideais positivas e negativas com base no limite inferior  $H_S^{ij-}$  e no limite superior  $H_S^{ij+}$ . Supondo a necessidade de avaliar um conjunto de alternativas  $X = \{x_i \mid i = 1, \dots, n\}$  com relação ao conjunto de critérios  $C = \{c_j \mid j = 1, \dots, m\}$ . Usando HFLTSS, a matriz de julgamento é dada pela equação 4.

$$\begin{bmatrix} H_S^{11} & H_S^{12} & \dots & H_S^{1m} \\ H_S^{21} & H_S^{22} & \dots & H_S^{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ H_S^{n1} & H_S^{n2} & \dots & H_S^{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Onde  $H_S^{ij}$  é um HFLTS que representa a avaliação da alternativa  $x_i$  em relação ao critério  $c_j$ . Considerando que  $H_S^{ij}$  é um conjunto de termos linguísticos, seu limite superior é  $H_S^{ij+} = \max\{s_{ij} \mid s_{ij} \in H_S^{ij}\}$  e seu limite inferior é  $H_S^{ij-} = \min\{s_{ij} \mid s_{ij} \in H_S^{ij}\}$ . Então, a solução linguística ideal positiva  $x^+$  é dada pela equação 5 e a solução linguística ideal negativa  $x^-$  é dada pela equação 6.

$$x^+ = \{H_S^{j+} \mid j = 1, \dots, m\} \quad (5)$$

$$x^- = \{H_S^{j-} \mid j = 1, \dots, m\} \quad (6)$$

Onde

$$H_S^{j+} = \begin{cases} \max\{s_{ij}|i = 1, \dots, n\} \text{ para critério de benefício } c_j \\ \min\{s_{ij}|i = 1, \dots, n\} \text{ para critério de custo } c_j \end{cases}$$

$$H_S^{j-} = \begin{cases} \min\{s_{ij}|i = 1, \dots, n\} \text{ para critério de benefício } c_j \\ \max\{s_{ij}|i = 1, \dots, n\} \text{ para critério de custo } c_j \end{cases}$$

Conforme apontam Agell et al. (2012), a distância entre cada alternativa  $x_i$  e sua solução linguística ideal positiva ideal  $x^+$  e/ou solução linguística ideal negativa  $x^-$  pode ser usada para escolher a melhor alternativa considerando um conjunto de critérios. A melhor alternativa tem a menor distância  $d(x_i, x^+)$  ou a maior distância  $d(x_i, x^-)$ .

### 3.7.2.5 Grau de satisfação de uma alternativa

Liao, Xu e Zeng (2014), baseados no método TOPSIS, propuseram o uso de ambas as distâncias medidas simultaneamente, e não separadamente. O grau de satisfação de uma alternativa  $x_i$  é calculado pela equação 7, na qual  $\theta$  é um parâmetro de risco.  $\theta > 0,5$  implica uma visão pessimista do decisor enquanto  $\theta < 0,5$  implica o contrário.

$$\eta(x_i) = \frac{(1-\theta)d(x_i, x^-)}{\theta d(x_i, x^+) + (1-\theta)d(x_i, x^-)} \quad (7)$$

### 3.7.3 Método Hesitant Fuzzy QFD

Conforme exposto anteriormente, enquanto o método QFD convencional permite apenas o uso de valores numéricos para avaliar o peso dos requisitos e a intensidade de relacionamento com os critérios, o método *fuzzy QFD* permite o uso de apenas um termo linguístico para avaliar esses elementos do problema de decisão. Diante dessas limitações, na literatura vem sendo propostas novas abordagens que combinam as matrizes do QFD com o uso de expressões linguísticas modeladas por conjuntos *fuzzy* hesitantes. Foram encontradas duas

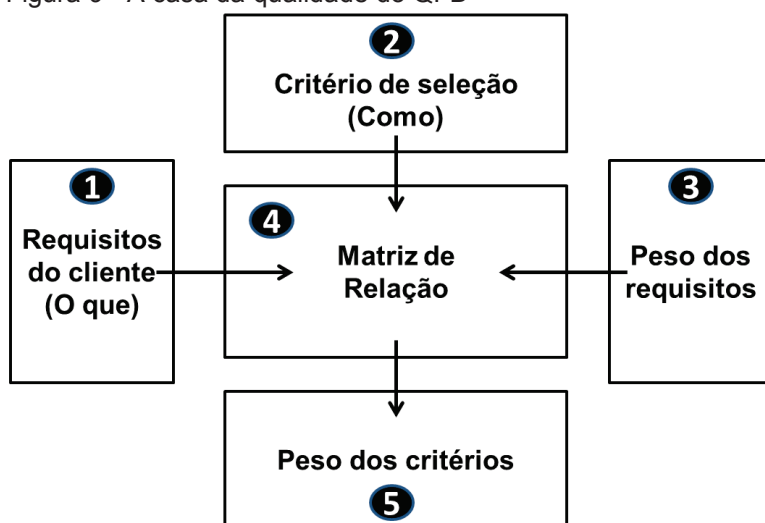
versões do método *hesitant fuzzy* QFD, propostas por Onar et al. (2016) e Osiro, Lima-Junior e Carpinetti (2018).

A versão proposta por Onar et al. (2016) apresenta uma abordagem na qual as avaliações linguísticas de especialistas são gerenciadas por HFLTS, sendo os requisitos determinados pelo método TOPSIS e a avaliação dos requisitos feita pelo método AHP. Conforme discutido na seção 3.5, a utilização do AHP para a avaliação dos requisitos implica no uso de comparações pareadas em uma escala restrita de 1 a 9, podendo acarretar na inconsistência dos julgamentos. Devido ao uso dessas comparações pareadas, o AHP limita a quantidade de elementos que podem ser avaliados em cada matriz. Outro complicador é o grande número de comparações a serem feitas entre os critérios e as alternativas, o que pode consumir mais tempo para coletar os dados necessários e elevar o esforço computacional (LIMA JUNIOR, OSIRO e CARPINETTI, 2014; RUSSO e CAMACHO 2015).

Já a abordagem proposta por Osiro, Lima Junior e Carpinetti (2018) combina a estrutura da casa da qualidade proposta por Juan, Perng e Castro-Lacouture (2009) com as equações propostas por Rodrigues, Martinez e Herrera (2012) e Liao, Xu e Zeng (2014). O objetivo desse modelo é apoiar a seleção de métricas para avaliar a sustentabilidade de cadeias de suprimentos. A priorização de requisitos e métricas é baseada no método de medidas de distância entre os HFLTS, assim como o grau de dificuldade de coleta de dados, que também é estimado com base em julgamentos usando expressões linguísticas e em medidas de distância de HFLTS.

Neste estudo, foi aplicada a abordagem proposta por Osiro, Lima Junior e Carpinetti (2018), já que, diferente da versão proposta por Onar et al. (2016), o número de requisitos, critérios e alternativas que podem ser utilizados não é limitado pela capacidade humana de realizar comparações pareadas. A figura 9 apresenta a estrutura da Casa da Qualidade proposta por Juan, Perng e Castro-Lacouture (2009), destacando cada um dos passos para implementação, os quais também são adotados pela abordagem proposta por Osiro, Lima Junior e Carpinetti (2018).

Figura 9 - A casa da qualidade do QFD



Fonte: Juan, Perng e Castro-Lacouture (2009)

No passo 1, a primeira matriz é a matriz de requisitos (o que / *what*), onde cada linha desta matriz corresponde a um requisito selecionado. Nas colunas, a entrada é o julgamento da importância relativa de cada requisito, dada por cada tomador de decisão. Já no passo 2 a segunda matriz (como / *how*) é a matriz de relacionamento composta pelos requisitos nas linhas e os critérios nas colunas. Os critérios são definidos pelos tomadores de decisão com base em uma avaliação técnica de sua relação com os requisitos selecionados. A relação entre um requisito e um critério é indicada como uma pontuação na célula correspondente da matriz *how* (WANG, 1999).

No passo 3, calcula-se o peso dos requisitos usando os dados da matriz *what* obtidos no passo 1. O quarto passo envolve a construção de uma matriz de relação entre os passos anteriores, que define a intensidade de relação entre requisitos e critérios; onde a pontuação alta significa sua alta correlação. Por fim, no passo 5 é calculado o peso dos critérios com base no peso dos requisitos e na intensidade de relacionamento. Além dos passos mencionados, autores como Juan et al. (2009) sugerem a inclusão de uma terceira matriz para calcular a pontuação dos fornecedores em cada critério. A seguir, são apresentados os passos para aplicação da abordagem sugerida por Osiro, Lima Junior e Carpinetti (2018):

- a) um ou mais tomadores de decisão devem listar seus requisitos em uma matriz *what* e ponderá-los usando uma escala de valores linguísticos. O

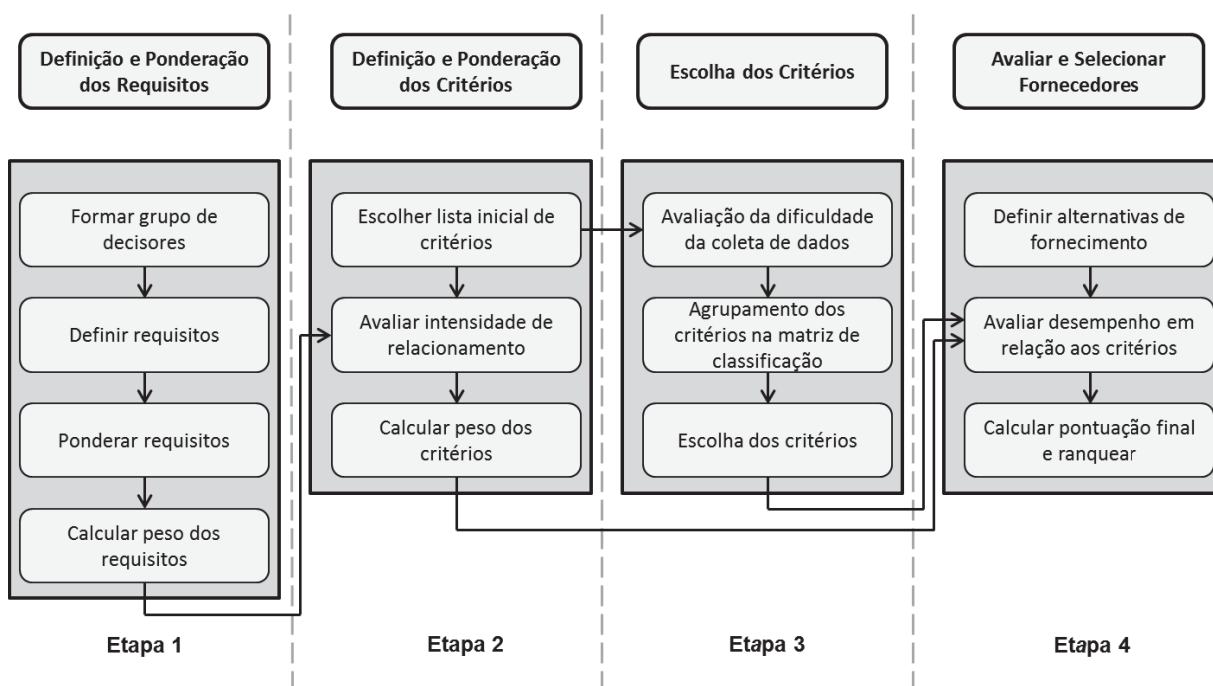
cálculo do peso de cada um dos requisitos é feito usando as equações 3, 5, 6 e 7;

- b) em uma matriz *how*, os tomadores de decisão devem listar os possíveis critérios de decisão a serem usados na avaliação das alternativas. Em seguida, devem avaliar a intensidade de relacionamento entre esses critérios e os requisitos listados no passo anterior, usando novamente uma escala linguística. Para calcular o peso dos critérios, utilizam-se as equações 3, 5, 6 e 7;
- c) é feita a avaliação do grau de dificuldade dos tomadores de decisão em coletar dados para avaliar as alternativas em relação a cada uma das métricas. Para tanto são levados em consideração os seguintes fatores: disponibilidade de informações, número de pessoas e tempo necessário para avaliação e a necessidade de qualquer outro recurso, como a contratação de serviços de terceiros. Nessa etapa, novamente são usadas as equações 3, 5, 6 e 7;
- d) classificar os critérios na matriz considerando as saídas das etapas ii e iii, para então escolher aqueles que serão usados na avaliação de fornecedores.

#### 4 PROPOSIÇÃO DO MODELO

A figura 10 apresenta o modelo proposto para apoiar a seleção de métricas e fornecedores no ambiente de projetos, composto de quatro etapas. As três primeiras etapas são baseadas nos estudos de Wu e Barnes (2010), Lima Junior e Carpinetti (2016) e Osiro, Lima Junior e Carpinetti (2018), já a quarta etapa é baseada em Juan et al. (2009). O objetivo da primeira etapa é selecionar e ponderar os requisitos, refletindo os desejos do contratante, com base nos julgamentos de especialistas envolvidos na decisão. Na segunda etapa ocorre a definição dos critérios, que são características técnicas mensuráveis do fornecedor, e sua ponderação com base na intensidade de seu relacionamento com cada requisito. Na terceira etapa o objetivo é a avaliação do grau de dificuldade de coleta de dados para avaliar em cada critério considerado. Por fim, na quarta e última etapa são definidas as alternativas de fornecimento existentes, sendo feita então a avaliação dessas alternativas, o que irá culminar com a pontuação final e com o ranqueamento dos fornecedores potenciais.

Figura 10 - Modelo proposto para a seleção de critérios e fornecedores em projetos



Fonte: Elaborado pelo autor

A etapa 1 se inicia com a escolha dos tomadores de decisão. É de grande importância considerar o envolvimento de especialistas de diferentes áreas funcionais em razão da existência de compensações entre as métricas. Assim, o escopo do projeto deve servir como guia e orientar as áreas de origem dos tomadores de decisão como as de compras, logística, qualidade, financeira e de produtos. Após a definição dos tomadores de decisão, estes devem escolher um conjunto de requisitos relacionados aos objetivos de desempenho do projeto. Com base no guia PMBOK (PMI, 2017), esse estudo propõe que a lista inicial de requisitos seja composta considerando suas dez áreas de conhecimento, mantendo então a área de gerenciamento das aquisições do projeto como um dos requisitos passíveis de serem considerados, uma vez que subcontractações são muito comuns em projetos de grande porte, onde especialidades distintas são necessárias ao atendimento do escopo. A lista de requisitos é ilustrada no quadro 7.

Quadro 7 - Lista de possíveis requisitos para seleção de fornecedores em projetos

Requisito	
1	Gerenciamento da integração do projeto
2	Gerenciamento do escopo do projeto
3	Gerenciamento do cronograma do projeto
4	Gerenciamento dos custos do projeto
5	Gerenciamento da qualidade do projeto
6	Gerenciamento dos recursos do projeto
7	Gerenciamento das comunicações do projeto
8	Gerenciamento dos riscos do projeto
9	Gerenciamento das aquisições do projeto
10	Gerenciamento dos <i>stakeholders</i> do projeto

Fonte: Elaborado pelo autor com base no guia PMBOK (PMI, 2017)

Em seguida, usando os julgamentos linguísticos mostrados na figura 8 (RODRIGUEZ; MARTINEZ; HERRERA, 2013), os decisores avaliam o nível de importância de cada requisito. Esses julgamentos poderão ser representados na forma de expressões linguísticas, conforme mostra o quadro 8. Para cada item



avaliado, poderá ser escolhido um ou mais termos linguísticos, ou ainda uma expressão linguística. Ao final da etapa 1 o grau de satisfação dos requisitos é calculado usando as equações 3, 5, 6 e 7, sendo então normalizados pela equação 8, proporcionando que a soma dos resultados obtidos seja igual a um, garantindo assim uma melhor percepção da classificação final.

$$v_i = \eta(x_i) / \sum \eta(x_i) \quad (8)$$

Quadro 8 - Expressões linguísticas usadas para avaliação dos requisitos, critérios e fornecedores

<b>Expressão</b>	<b>Exemplo de uso</b>
“No máximo...”	No máximo alto
“Menor que..”	Menor que baixo
“Pelo menos..”	Pelo menos médio
“Maior que...”	Maior que médio
“Entre ... e ...”	Entre baixo e alto

Fonte: Baseado em Rodriguez, Martinez e Herrera (2013)

Na etapa 2, os decisores devem definir um conjunto de critérios relacionados aos requisitos selecionados na etapa anterior, com base em uma lista de critérios sugerida com base na literatura. A construção dessa lista considerou a inclusão de critérios relacionados a desempenho econômico, questões ambientais e sociais, dentre outros fatores que se mostram relevantes dentro do ambiente de projetos. Esses critérios são detalhados no quadro 9.

Quadro 9 - Lista de possíveis critérios para seleção de fornecedores em projetos

Critério		Autor(es)
1	Apoio a projetos comunitários	Govindan et al. (2013)
2	Ativos	Huang e Keskar (2007)
3	Auditorias de segurança	Huang e Keskar (2007)
4	Canais de comunicação	Kar (2015)
5	Capacidade de co-design	Wang (2010)
6	Capacidade de desenvolvimento	Tamošaitienė, et al (2017)
7	Capacidade de design	Huang e Keskar (2007)
8	Capacidade de entrega	Wu e Barnes (2010)
9	Capacidade de processo	Omurca (2013)
10	Capacidade de produção	Luzon e El-Sayegh (2016)
11	Capacidade de resolução de problemas	Osiro et al. (2014)
12	Capacidade de resposta à mudanças	Chang (2011)
13	Capacidade em gerenciar o projeto	Wood (2016)
14	Capacidade técnica	Luzon e El-Sayegh (2016)
15	Características ecológicas	Cengiz, et al. (2017)
16	Certificação ambiental	Humphreys (2003)
17	Certificação de qualidade	Huang e Keskar (2007)
18	Compatibilidade	Tamošaitienė, et al (2017)
19	Competência ambiental	Mousakham, Nazari-Shirkouhi e Bozorgi-Amiri (2017)
20	Competência técnica	Polat e Eray (2015)
21	Competências únicas	Wu e Barnes (2010)
22	Compliance	Wood (2016)
23	Compromisso com a melhoria da qualidade	Kannan e Tan (2002)
24	Compromisso com a redução de custos	Osiro et al. (2014)
25	Compromisso de garantia de qualidade	Wu, et al. (2016)
26	Comunicação	Polat e Eray (2015)
27	Condição financeira	Luzon e El-Sayegh (2016)

28	Condições de pagamento	Wood (2016)
29	Condições de trabalho	Govindan et al. (2013)
30	Condições tecnológicas	Wood (2016)
31	Confiabilidade (geral)	Wu, et al. (2016)
32	Confiabilidade de entrega	Tamošaitienė, et al (2017)
33	Confiabilidade do serviço	Katsikeas et al. (2004)
34	Conformidade do produto	Govindan et al. (2013)
35	Conhecimento técnico	Katsikeas et al. (2004)
36	Consciência ambiental	Wu, et al. (2016)
37	Consumo de recursos	Huang e Keskar (2007)
38	Coordenação de projetos sociais	Govindan et al. (2013)
39	Cultura organizacional	Wu e Barnes (2010)
40	Custo	Cengiz, et al. (2017)
41	Custo de atendimento de pedidos	Huang e Keskar (2007)
42	Custo de transporte	Wu e Barnes (2010)
43	Descontos atraentes	Katsikeas et al. (2004)
44	Disponibilidade de tecnologia limpa	Humphreys (2003)
45	Emissão de carbono	Humphreys (2003)
46	Entrega integral no prazo	Wu e Barnes (2010)
47	Estrutura para compartilhamento de informações	Rezaei e Ortt (2013)
48	Estrutura tecnológica	Rajesh e Ravi (2015)
49	Facilidade de comunicação	Wang (2010)
50	Familiaridade com o produto	Wu e Barnes (2010)
51	Ferramentas e métodos de medição	Germain e Dröge (1990)
52	Flexibilidade nas condições de pagamento	Polat e Eray (2015)
53	Garantia do produto / serviço	Luzon e El-Sayegh (2016)
54	Habilidade de gerenciamento de recursos humanos	Wu e Barnes (2010)
55	Histórico de acidentes	Huang e Keskar (2007)
56	Honestidade	Kannan e Tan (2002)

57	Imagem ambiental	Mousakham, Nazari-Shirkouhi e Bozorgi-Amiri (2017)
58	Influência na indústria	Rezaei e Ortt (2013)
59	Informação oportuna	Germain e Dröge (1990)
60	Instituições educacionais	Govindan et al. (2013)
61	Localização geográfica	Cengiz, et al. (2017)
62	Materiais técnicos aceitáveis	Cengiz, et al. (2017)
63	Método de pagamento	Cengiz, et al. (2017)
64	Nível de serviço	Wu e Barnes (2010)
65	Nível tecnológico	Tamošaitienė et al (2017)
66	Orientação estratégica	Wu e Barnes (2010)
67	Perfil do fornecedor	Cengiz et al. (2017)
68	Poder de negociação	Wu e Barnes (2010)
69	Poder financeiro	Wang (2010)
70	Política de reembolso	Katsikeas et al. (2004)
71	Políticas ambientais	Humphreys (2003)
72	Posição estratégica no mercado	Wu e Barnes (2010)
73	Potencial para colaboração	Rezaei e Ortt (2013)
74	Preço competitivo	Katsikeas et al. (2004)
75	Preço unitário do produto	Polat e Eray (2015)
76	Produção de resíduo químico	Humphreys (2003)
77	Produção de resíduo sólido	Humphreys (2003)
78	Programas de redução de estoque	Germain e Dröge (1988)
79	Programas de saúde	Mani et al. (2014)
80	Programas de segurança	Mani et al. (2014)
81	Qualidade (geral)	Mousakham, Nazari-Shirkouhi e Bozorgi-Amiri (2017)
82	Qualidade do produto	Polat e Eray (2015)
83	Reciclagem	Humphreys (2003)
84	Relação com o fornecedor	Polat e Eray (2015)

85	Relacionamento com stakeholders	Humphreys (2003)
86	Relações governamentais	Wu e Barnes (2010)
87	Relações locais	Wood (2016)
88	Reputação	Tamošaitienė et al (2017)
89	Resiliência	Rajesh e Ravi (2015)
90	Reutilização de embalagens	Humphreys (2003)
91	Rotatividade de estoques	Wu e Barnes (2010)
92	Serviço	Luzon e El-Sayegh (2016)
93	Sistemas de informação	Wu e Barnes (2010)
94	Suporte de gerenciamento sênior	Humphreys (2003)
95	Tempo de entrega	Polat e Eray (2015)
96	Tempo decorrido desde o conceito até o lançamento de novos produtos	Gattorna (2010)
97	Termo de pagamento	Huang e Keskar (2007)
98	Trabalho infantil	Mani et al. (2014)
99	Tratamento dos riscos	Wood (2016)
100	Treinamento de equipe	Humphreys (2003)
101	Treinamento de segurança	Huang e Keskar (2007)
102	Uso de material favorável ao meio ambiente	Humphreys (2003)
103	Variação no preço	Wu e Barnes (2010)
104	Velocidade de resolução de problemas	Gattorna (2010)
105	Volume médio de emissão de poluentes atmosféricos	Humphreys (2003)

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a seleção inicial dos critérios, cada participante avalia a intensidade de relacionamento entre cada critério e cada requisito fazendo uso de julgamentos linguísticos como mostrado na figura 8. Similarmente à etapa 1, o grau de satisfação para essa intensidade de relacionamento é calculado usando as equações 3, 5, 6 e 7, sendo então o resultado normalizado pela equação 9, que considera uma função sigmoide a fim de garantir um melhor ajustamento dos resultados frente às dimensões dos quadrantes da figura 12.

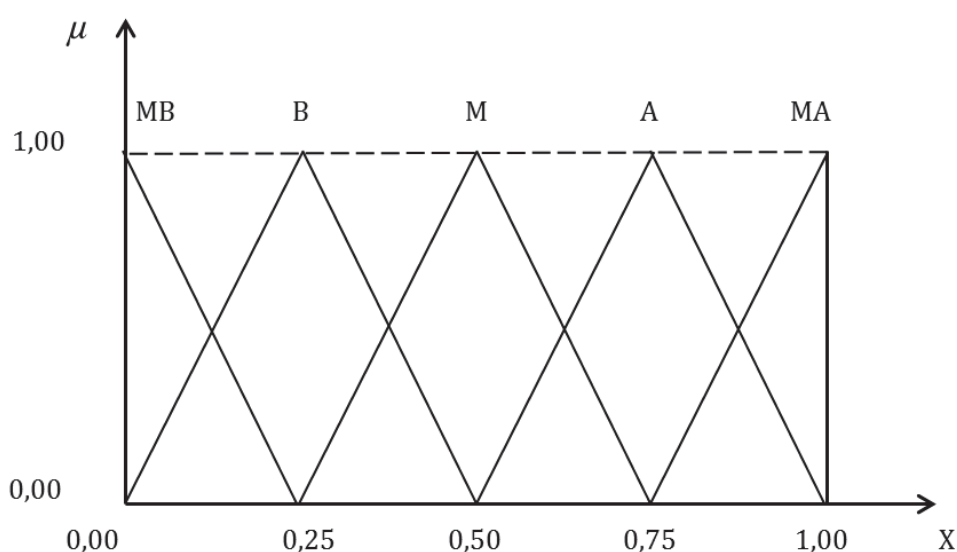
$$w_i = \frac{1}{1 + e^{-\frac{\eta(x_i) - \bar{\eta}(x)}{\sigma_{\eta(x_i)}}}} \quad (9)$$

Já a etapa 3 tem por objetivo realizar a escolha dos critérios levantados na etapa 2 considerando o peso e também o grau de dificuldade da coleta de dados para avaliar os fornecedores em tais critérios. Com base em Lima Junior e Carpinetti (2016) e Osiro, Lima Junior e Carpinetti (2018), a avaliação da dificuldade de coleta de dados pelos tomadores de decisão leva em consideração os seguintes fatores:

- a) Disponibilidade de informações: as informações disponíveis, registros históricos ou conhecimento tácito dos tomadores de decisão;
- b) Recursos humanos e tempo necessário: o número de pessoas envolvidas no processo e o tempo necessário para a avaliação;
- c) Recursos adicionais: leva em conta qualquer outro recurso necessário, como a contratação de serviços de terceiros.

Mais uma vez, a avaliação desses fatores é qualitativa e exige julgamento dos tomadores de decisão. Esse julgamento ocorre de forma similar às etapas anteriores, norteado por uma escala com 5 termos linguísticos, como mostra a figura 11.

Figura 11 - Conjunto básico de termos linguísticos definidos com cinco termos



MB= Muito Baixo; B=Baixo; M= Médio; A= Alto; MA= Muito Alto.

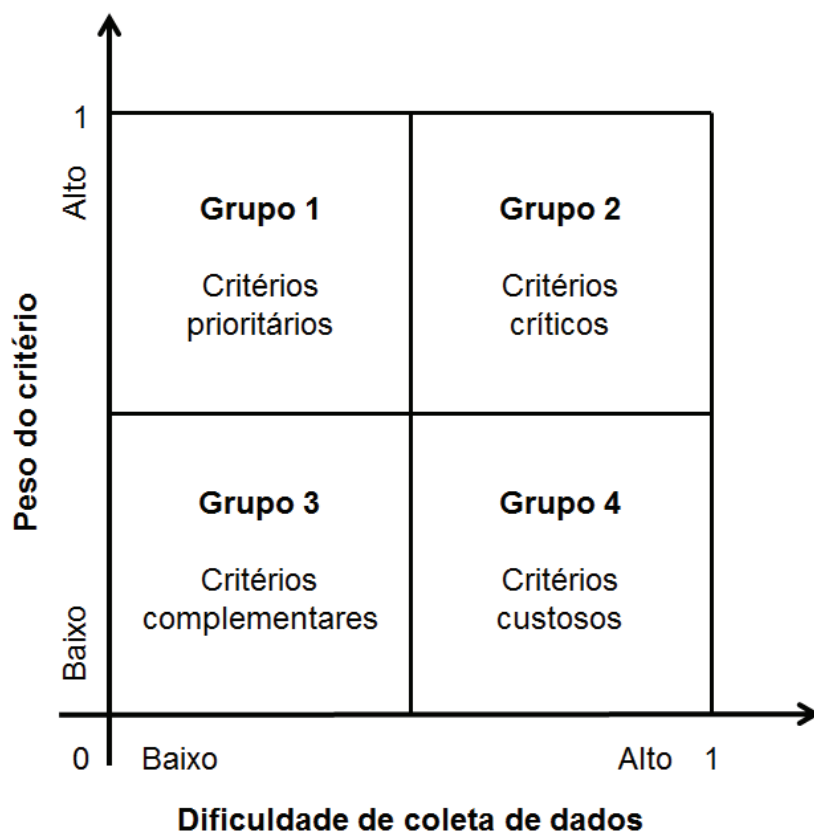
Para determinar a pontuação de cada critério na etapa 3, considera-se que a “disponibilidade das informações” é um fator de custo em razão da dificuldade da coleta de dados diminuir com o aumento da disponibilidade de informações. Assim, a disponibilidade de informações utiliza o limite inferior para definir a solução ideal positiva (equação 5) e o limite superior para definir a solução ideal negativa (equação 6). Por outro lado, “recursos humanos e tempo necessário” e “recursos adicionais” são considerados critérios de benefício. Logo, utilizam o limite superior para definir sua solução ideal positiva (equação 5) e o limite inferior para definir sua solução ideal negativa (equação 6). O grau de satisfação da dificuldade de coleta de dados de cada critério é determinado pela equação 7 e normalizado por meio da equação 9 para obtenção da classificação final.

Após o cálculo da dificuldade de coleta de dados, deve-se realizar o agrupamento de critérios na matriz de classificação mostrada na figura 12. Essa matriz é baseada no modelo proposto por Lima Junior e Carpinetti (2016), a qual subdivide os critérios em quatro grupos:

- a) critérios prioritários: este grupo inclui os critérios mais relacionados aos requisitos prioritários, sendo então os preferidos uma vez que apresentam relativamente baixa dificuldade de coleta de dados, o que contribui para a agilidade e eficiência do processo de seleção de fornecedores;
- b) critérios críticos: os critérios deste grupo também estão altamente relacionados aos requisitos prioritários e, portanto, devem ser considerados na seleção de fornecedores processo. Entretanto, como a avaliação dos fornecedores sobre esses critérios críticos exige um esforço relativamente alto de coleta de dados, sugere-se escolher apenas os vitais;
- c) critérios complementares: embora os critérios deste grupo não sejam os preferidos, pois têm uma importância relativamente baixa, alguns deles podem ser incluídos no processo de seleção de fornecedores, dependendo do número de critérios já selecionados, pois apresentam uma dificuldade relativamente baixa de coleta de dados;
- d) critérios custosos: os critérios deste grupo não devem ser selecionados, já que são os menos importantes e exigem um esforço relativamente alto de coleta de dados.

Seguindo as recomendações desses autores, deve-se selecionar todos os critérios prioritários, descartar os critérios custosos e analisar quais dos critérios críticos e complementares devem ser incluídos.

Figura 12 - Matriz para classificação de critérios de seleção de fornecedores



Fonte: Lima Junior e Carpinetti (2016)

Por fim, a etapa 4 tem por objetivo a definição, avaliação e escolha das alternativas de fornecimento. Inicialmente os decisores devem apontar quais são as alternativas de fornecimento consideradas. Na sequência, avalia-se o desempenho de cada alternativa considerando os critérios escolhidos e seus respectivos pesos (saídas das etapas 3 e 2). As equações 3, 5, 6 e 7 são aplicadas para obter dos valores do grau de satisfação do desempenho global do fornecedor, sendo então normalizados por meio da equação 8. Os valores normalizados são usados para ranquear os fornecedores em ordem decrescente, de modo direcionar as aquisições que serão feitas ao longo do projeto. Dessa forma, o(s) fornecedor(es) com maior pontuação deve ser escolhido. A seção a seguir detalha a aplicação prática das quatro etapas descritas.



## 4.1 APLICAÇÃO PILOTO EM UMA EMPRESA DO SETOR ENERGÉTICO

### 4.1.1 Apresentação da Empresa

A COPEL (Companhia Paranaense de Energia) é maior empresa do estado do Paraná. Sua fundação ocorreu em 1954, com controle acionário exclusivamente estatal. Em abril de 1994 a companhia abriu seu capital ao mercado de ações. A empresa atua na geração, transmissão, distribuição e venda de eletricidade, conforme concessões outorgadas pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), além da área de telecomunicações e outros serviços. Com um quadro superior a 7.500 empregados, a COPEL é indiretamente indutora do desenvolvimento socioeconômico e tecnológico do Paraná, provendo acesso à rede elétrica para a população como um todo, às grandes empresas, localizadas em sua maior parte nas grandes cidades do estado, e às pequenas propriedades rurais situadas nas regiões mais remotas.

Em relação aos projetos de maior investimento da empresa, a sua grande maioria se refere à construção de usinas hidrelétricas, parques eólicos, subestações e linhas de transmissão no território brasileiro. Essas obras são executadas por terceiros, cabendo ao quadro técnico da companhia o seu planejamento, que envolve também a seleção dos fornecedores, monitoramento e controle.

Já no que se refere à gestão dos projetos que realiza, a COPEL faz uso de uma metodologia baseada no guia PMBOK (PMI, 2017), não se limitando a simples gestão de recursos, custos e prazos, mas incluindo também todo relacionamento que o projeto tem com o ambiente empresarial no qual está inserido. Assim, é possível administrar o conjunto de projetos da empresa e os seus relacionamentos com os processos que suportam suas atividades, alinhando tais projetos com os objetivos estratégicos da organização. A governança de projetos da COPEL também fortalece a administração mediante o incremento de maturidade em seus processos de gestão e se apresenta como o caminho mais prático para a organização da sua

propriedade intelectual, catalogando, organizando e disponibilizando com segurança, o conhecimento de negócio utilizado em cada uma das iniciativas.

Na condição de sociedade de economia mista, a companhia está sujeita aos princípios constitucionais da administração pública, à Lei Federal 13.303 (Brasil, 2016), além de outras normas aplicáveis que regulamentam a qualificação de fornecedores, o que implica em contratações por meio de licitações, ressalvadas as hipóteses de dispensa e inexigibilidade de licitação. Assim, em atendimento à legislação, são utilizados basicamente critérios relacionados ao preço, capacidade técnica, retorno econômico, condição econômico financeira, regularidade legal e atendimento a questões sócio ambientais. Cada contratação deve ter suas particularidades analisadas e ponderadas por especialistas que consideram tanto a necessidade de atendimento a regulamentação legal aplicável quanto seu conhecimento e experiência necessários à análise dos fornecedores potenciais.

#### 4.1.2 Definição e Ponderação dos Requisitos

A aplicação piloto foi feita visando à seleção de um fornecedor, dentre três já cadastrados no banco de fornecedores da empresa, para a construção de uma linha de transmissão com as seguintes características básicas: tensão nominal de 230 kV, conexão com duas subestações em circuito simples e extensão aproximada de 30 quilômetros. Três especialistas participaram do processo decisório, sendo um profissional da área de engenharia civil ( $D_1$ ), um profissional de planejamento ( $D_2$ ) e o um profissional de gestão de projetos ( $D_3$ ). Considerando o objetivo principal do projeto, que é a conclusão das obras e a entrada em operação dentro do prazo estipulado pela agência reguladora, esses profissionais escolheram quatro requisitos entre os que foram listados no quadro 7.

Essa escolha ocorreu em uma reunião com todo o grupo, que teve de início uma breve apresentação do método e da forma como cada um dos profissionais iria expressar seus julgamentos. Na sequência cada um dos decisores fez um breve relato das experiências que tiveram em trabalhos anteriores, cujo escopo se assemelhava ao projeto da aplicação piloto, para então ocorrer a definição consensual dos requisitos a serem considerados, como mostra o quadro 10.

Quadro 10 - Requisitos selecionados pelos especialistas consultados

Identificação	Requisito
R <sub>1</sub>	Gerenciamento do escopo
R <sub>2</sub>	Gerenciamento do cronograma
R <sub>3</sub>	Gerenciamento dos custos
R <sub>4</sub>	Gerenciamento dos riscos

Fonte: Elaborado pelo autor

Fazendo uso do conjunto de termos linguísticos definidos pela figura 8 (RODRIGUEZ; MARTINEZ; HERRERA, 2013) e das expressões linguísticas do quadro 8 (RODRIGUEZ; MARTINEZ; HERRERA, 2013), os decisores avaliaram o nível de importância dos quatro requisitos previamente selecionados, como mostra o quadro 11. O quadro 12 mostra os resultados da conversão das expressões em termos linguísticos, conforme as definições apresentadas na seção 3.7.2.2.

Quadro 11 - Avaliação dos requisitos usando expressões linguísticas

Identificação	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
R <sub>1</sub>	Pelo menos alto	Entre médio e alto	Entre baixo e médio
R <sub>2</sub>	No mínimo muito alto	Entre alto e muito alto	No mínimo muito alto
R <sub>3</sub>	Absoluto	Entre médio e muito alto	Pelo menos alto
R <sub>4</sub>	No mínimo muito alto	Entre médio e alto	Pelo menos muito alto

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 12 - Conversão da avaliação dos requisitos para o formato de termos linguísticos

Identificação	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
R <sub>1</sub>	[A, MA, AB]	[M, A]	[B, M]
R <sub>2</sub>	[MA, AB]	[A, MA]	[MA, AB]
R <sub>3</sub>	[AB]	[M, A, MA]	[A, MA, AB]
R <sub>4</sub>	[MA, AB]	[M, A]	[MA, AB]

Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, foi realizada uma sequência de cálculos para obter o peso dos requisitos. Primeiramente foi identificada a solução ideal positiva ( $x^+$ ) usando a

equação 5, o que resultou em  $x^+ = [AB, MA, AB]$ . O mesmo procedimento foi adotado para a solução ideal negativa ( $x^-$ ) por meio da equação 6, resultando em  $x^- = [A, M, B]$ . Na sequência, considerando que os julgamentos dos três decisores têm o mesmo peso, os julgamentos foram agregados e a distância da solução ideal positiva ( $d(x_i, x^+)$ ) foi determinada pela equação 3. Analogamente, usando a equação 3, foi calculada a distância entre as pontuações agregadas e a solução ideal negativa ( $d(x_i, x^-)$ ). Então, a aplicação da equação 7 produziu o grau de satisfação dos requisitos ( $\eta(x_i)$ ) em razão da distância para as soluções ideais positivas ( $d(x_i, x^+)$ ) e negativas ( $d(x_i, x^-)$ ). Por fim a aplicação da equação 8 determinou o peso normalizado dos requisitos ( $v_i$ ). Os resultados desses cálculos são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Resultado do cálculo dos pesos dos requisitos

Identificação	Distância da solução ideal positiva $d(x_i, x^+)$	Distância da solução ideal negativa $d(x_i, x^-)$	Grau de satisfação $\eta(x_i)$	Peso normalizado $(v_i)$	Classificação
R <sub>2</sub>	0,101	0,345	0,774	0,320	1
R <sub>3</sub>	0,151	0,323	0,682	0,282	2
R <sub>4</sub>	0,154	0,325	0,678	0,280	3
R <sub>1</sub>	0,337	0,135	0,286	0,118	4

Fonte: Elaborado pelo autor

Assim, foi definido pelos decisores que o requisito gerenciamento do cronograma (R<sub>2</sub>) é o de maior peso, seguido pelo requisito gerenciamento dos custos (R<sub>3</sub>). Segundo os profissionais, o fato da Copel atuar em um mercado de forte regulamentação, onde o atraso na entrada em operação das obras de linhas de transmissão acarreta no não recebimento dos valores estipulados em contrato e pagamento de multa a ANEEL, é um indicativo da importância dada ao cronograma e aos custos na aplicação piloto.

Outra observação feita pelos decisores é que o gerenciamento dos riscos (R<sub>4</sub>) teve um peso muito próximo do que foi atribuído à gestão de custos, também por poder impactar diretamente na data prevista para entrada em operação em contrato. Já o gerenciamento do escopo (R<sub>1</sub>) teve menor significância em razão da

dificuldade de sua modificação, dadas as características técnicas desse tipo de projeto e da regulamentação legal vigente.

#### 4.1.3 Definição e Ponderação dos Critérios

Considerando o escopo e objetivos do projeto, além das expectativas das partes interessadas, os decisores selecionaram 12 critérios. Essa seleção, detalhada no quadro 14, tomou como base a lista de critérios mostrada no quadro 9 e ocorreu de forma consensual em uma reunião que durou cerca de 3 horas com o grupo.

Quadro 13 - Critérios selecionados pelos decisores

<b>Identificação</b>	<b>Critério</b>
C <sub>1</sub>	Capacidade de entrega
C <sub>2</sub>	Capacidade de gerenciar o projeto
C <sub>3</sub>	Condição financeira
C <sub>4</sub>	Confiabilidade (geral)
C <sub>5</sub>	Conhecimento técnico
C <sub>6</sub>	Custo
C <sub>7</sub>	Perfil do fornecedor
C <sub>8</sub>	Poder financeiro
C <sub>9</sub>	Políticas ambientais
C <sub>10</sub>	Programas de segurança
C <sub>11</sub>	Tempo de entrega
C <sub>12</sub>	Velocidade na resolução de problemas

Fonte: Elaborado pelo autor

Após essa seleção, também de forma consensual, os decisores julgaram a intensidade de relacionamento entre esses critérios e os requisitos definidos na etapa 1, utilizando novamente expressões e termos linguísticos. O quadro 14 apresenta esses julgamentos, enquanto o quadro 15 mostra o resultado da

conversão das expressões em termos linguísticos, conforme as definições apresentadas na seção 3.7.2.2.

Quadro 14 - Avaliação da intensidade de relacionamento entre critérios e requisitos usando expressões linguísticas

Identificação	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
C <sub>1</sub>	No mínimo muito alto	Pelo menos muito alto	Entre médio e muito alto	Entre alto e muito alto
C <sub>2</sub>	No mínimo muito alto	Muito alto	Pelo menos muito alto	Entre alto e muito alto
C <sub>3</sub>	Muito alto	Entre médio e alto	Entre médio e alto	Entre médio e alto
C <sub>4</sub>	No mínimo alto	Entre alto e muito alto	Entre alto e muito alto	No mínimo muito alto
C <sub>5</sub>	No mínimo muito alto	Pelo menos muito alto	Entre alto e muito alto	No mínimo muito alto
C <sub>6</sub>	Entre alto e muito alto	Entre médio e alto	Pelo menos muito alto	No mínimo muito alto
C <sub>7</sub>	Entre médio e alto	Entre médio e muito alto	Entre médio e muito alto	Entre alto e muito alto
C <sub>8</sub>	Entre médio e alto	Entre médio e alto	Muito alto	No mínimo muito alto
C <sub>9</sub>	Entre médio e alto	Entre médio e muito alto	Entre médio e muito alto	Entre alto e muito alto
C <sub>10</sub>	Entre baixo e médio	Entre baixo e médio	Entre médio e muito alto	Entre alto e muito alto
C <sub>11</sub>	Entre alto e muito alto	Pelo menos muito alto	Alto	Entre médio e alto
C <sub>12</sub>	Entre alto e muito alto	Pelo menos muito alto	Entre alto e muito alto	No mínimo muito alto

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 15 - Conversão da avaliação da intensidade de relacionamento entre critérios e requisitos para o formato de termos linguísticos

Identificação	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
C <sub>1</sub>	[MA, AB]	[MA, AB]	[M, A, MA]	[A, MA]
C <sub>2</sub>	[MA, AB]	[MA]	[MA, AB]	[A, MA]
C <sub>3</sub>	[MA]	[M, A]	[M, A]	[M, A]
C <sub>4</sub>	[A, MA, AB]	[A, MA]	[A, MA]	[MA, AB]
C <sub>5</sub>	[MA, AB]	[MA, AB]	[A, MA]	[MA, AB]
C <sub>6</sub>	[A, MA]	[M, A]	[MA, AB]	[MA, AB]
C <sub>7</sub>	[M, A]	[M, A, MA]	[M, A, MA]	[A, MA]
C <sub>8</sub>	[M, A]	[M, A]	[MA]	[MA, AB]
C <sub>9</sub>	[M, A]	[M, A, MA]	[M, A, MA]	[A, MA]
C <sub>10</sub>	[B, M]	[B, M]	[M, A, MA]	[A, MA]
C <sub>11</sub>	[A, MA]	[MA, AB]	[A]	[M, A]
C <sub>12</sub>	[A, MA]	[MA, AB]	[A, MA]	[MA, AB]

Fonte: Elaborado pelo autor



Ao final da etapa 2, foram apontadas a solução ideal positiva ( $x^+$ ) por meio da equação 5 e a solução ideal negativa ( $x^-$ ) por meio da equação 6. Os resultados obtidos foram  $x^+=[AB, AB, MA, AB, AB, AB, MA, AB, MA, MA, AB, AB]$  e  $x^-=[MA, MA, A, MA, MA, A, A, A, A, M, A, MA]$ . Na sequência, considerando que os julgamentos dos três decisores têm o mesmo peso, os julgamentos foram agregados e a distância da solução ideal positiva ( $d(x_i, x^+)$ ) foi determinada pela equação 3. Analogamente, usando a equação 3, foi calculada a distância entre as pontuações agregadas e a solução ideal negativa ( $d(x_i, x^-)$ ). Então, a aplicação da equação 7 determinou o grau de satisfação das alternativas ( $\eta(x_i)$ ) em razão da distância para as soluções ideais positiva ( $d(x_i, x^+)$ ) e negativa ( $d(x_i, x^-)$ ). Os valores obtidos para o grau de satisfação foram normalizados conforme a equação 9, de forma a definir o peso final ( $w_i$ ) de cada um dos critérios selecionados. A tabela 2 mostra os resultados.

Tabela 2 - Resultado do cálculo do peso dos critérios

Identificação	Critério	Distância da solução ideal positiva $d(x_i, x^+)$	Distância da solução ideal negativa $d(x_i, x^-)$	Grau de satisfação $\eta(x_i)$	Peso normalizado $(w_i)$	Classificação
C <sub>5</sub>	Conhecimento técnico	0,147	0,404	0,733	0,7852	1
C <sub>2</sub>	Capacidade de gerenciar o projeto	0,158	0,375	0,704	0,7474	2
C <sub>12</sub>	Velocidade na resolução de problemas	0,163	0,386	0,703	0,7465	3
C <sub>4</sub>	Confiabilidade (geral)	0,194	0,342	0,639	0,6478	4
C <sub>1</sub>	Capacidade de entrega	0,214	0,368	0,633	0,6383	5
C <sub>6</sub>	Custo	0,233	0,326	0,584	0,5522	6
C <sub>11</sub>	Tempo de entrega	0,264	0,325	0,552	0,4953	7
C <sub>8</sub>	Poder financeiro	0,258	0,287	0,527	0,4484	8
C <sub>7</sub>	Perfil do fornecedor	0,295	0,246	0,454	0,3239	9
C <sub>9</sub>	Políticas ambientais	0,295	0,246	0,454	0,3239	10
C <sub>3</sub>	Condição financeira	0,346	0,209	0,377	0,2146	11
C <sub>10</sub>	Programas de segurança	0,391	0,168	0,301	0,1357	12

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar a tabela 2, os especialistas apontaram que o resultado indicando o critério conhecimento técnico como o de maior peso, e a sequência apresentada após esse primeiro, reflete o que é esperado para esse tipo de projeto. Isso em decorrência de um longo período de execução (usualmente entre 18 e 36 meses) e também pelo fato da obra abranger instalações por vários municípios e normalmente mais de um estado, o que favorece imprevisibilidades em razão de diferentes regulamentações legais, variações climáticas e mudanças nas partes interessadas.

#### 4.1.4 Avaliação da dificuldade de coleta de dados e escolha dos critérios

Na etapa 3 foi analisada a dificuldade de coletar dados sobre os critérios selecionados e avaliados na etapa 2, conforme proposto por Wu e Barnes (2011). Baseado em Lima Junior e Carpinetti (2016) e Osiro, Lima Junior e Carpinetti (2018), a avaliação da dificuldade de coleta de dados pelos tomadores de decisão leva em consideração a disponibilidade de informações, recursos humanos e tempo necessário e os recursos adicionais necessários à obtenção desses dados.

Como nas etapas anteriores, essa avaliação foi feita pelos decisores com o uso de termos e expressões linguísticas, sendo o resultado desse julgamento consensual exibido no quadro 16. O resultado da conversão das expressões em termos linguísticos, conforme as definições da seção 3.7.2.2, é apresentado no quadro 17.

Quadro 16 - Avaliação da dificuldade de coleta de dados sobre os critérios usando expressões linguísticas

<b>Identificação</b>	<b>Disponibilidade de informações</b>	<b>Recursos humanos e tempo necessário</b>	<b>Recursos adicionais</b>
C <sub>1</sub>	Entre médio e muito alto	Entre baixo e médio	Entre muito baixo e baixo
C <sub>2</sub>	Entre baixo e médio	Entre médio e alto	Entre muito baixo e baixo
C <sub>3</sub>	Entre médio e alto	Entre baixo e médio	Entre muito baixo e baixo
C <sub>4</sub>	Entre médio e alto	Entre médio e alto	Entre baixo e médio
C <sub>5</sub>	Entre médio e alto	Entre médio e alto	Entre baixo e médio
C <sub>6</sub>	Entre alto e muito alto	Entre baixo e médio	Entre baixo e médio
C <sub>7</sub>	Entre baixo e alto	Entre médio e alto	Entre médio e alto
C <sub>8</sub>	Entre baixo e médio	Entre baixo e médio	Entre muito baixo e baixo
C <sub>9</sub>	Entre médio e alto	Entre baixo e médio	Entre baixo e médio
C <sub>10</sub>	Entre médio e alto	Entre baixo e médio	Entre baixo e médio
C <sub>11</sub>	Entre médio e alto	Entre baixo e médio	Entre muito baixo e baixo
C <sub>12</sub>	Entre baixo e médio	Entre médio e alto	Entre médio e alto

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 17 - Conversão da avaliação da dificuldade de coleta de dados para o formato de termos linguísticos

<b>Identificação</b>	<b>Disponibilidade de informações</b>	<b>Recursos humanos e tempo necessário</b>	<b>Recursos adicionais</b>
C <sub>1</sub>	[M, A, MA]	[B, M]	[MB, B]
C <sub>2</sub>	[B, M]	[M, A]	[MB, B]
C <sub>3</sub>	[M, A]	[B, M]	[MB, B]
C <sub>4</sub>	[M, A]	[M, A]	[B, M]
C <sub>5</sub>	[M, A]	[M, A]	[B, M]
C <sub>6</sub>	[A, MA]	[B, M]	[B, M]
C <sub>7</sub>	[B, M, A]	[M, A]	[M, A]
C <sub>8</sub>	[B, M]	[B, M]	[MB, B]
C <sub>9</sub>	[M, A]	[B, M]	[B, M]
C <sub>10</sub>	[M, A]	[B, M]	[B, M]
C <sub>11</sub>	[M, A]	[B, M]	[MB, B]
C <sub>12</sub>	[B, M]	[M, A]	[M, A]

Fonte: Elaborado pelo autor

Nessa etapa a disponibilidade de informações é entendida como um critério de custo, já que a dificuldade de coletar dados diminui com o aumento da disponibilidade de informações, o que implica em usar a equação 6 para definir a solução ideal positiva e a equação 5 para definir a solução ideal negativa. Por outro lado, “recursos humanos e tempo necessário” e “recursos adicionais” são aspectos que seguem o padrão das etapas anteriores, onde a solução ideal positiva são identificadas pela equação 5 e a solução ideal negativa pela equação 6. Com essas considerações, os resultados obtidos foram  $x^+=[B, A, A]$  e  $x^-=[MA, B, MB]$ .

Na sequência foram determinadas as distâncias de cada avaliação ( $d_{gwd}$ ) aplicando a equação 3 e o grau de satisfação das alternativas ( $\eta(x_i)$ ) em razão da distância para as soluções ideais positivas ( $d(x_i, x^+)$ ) e negativas ( $d(x_i, x^-)$ ), por meio da equação 7. Os valores obtidos para o grau de satisfação também foram normalizados pela equação 9, determinando o peso ( $w_i$ ) de cada critério selecionado considerando a dificuldade em coletar dados sobre os mesmos, como descrito no quadro 17. Analisando os resultados, os decisores observaram que dentre os cinco critérios com maior peso, conforme a tabela 2 na seção 4.1.3, apenas o critério capacidade de entrega não se manteve entre os cinco com maior dificuldade de coleta de dados, como mostra a tabela 3. Portanto, os critérios de maior peso estão entre os que apresentam maior dificuldade para a obtenção de informações.

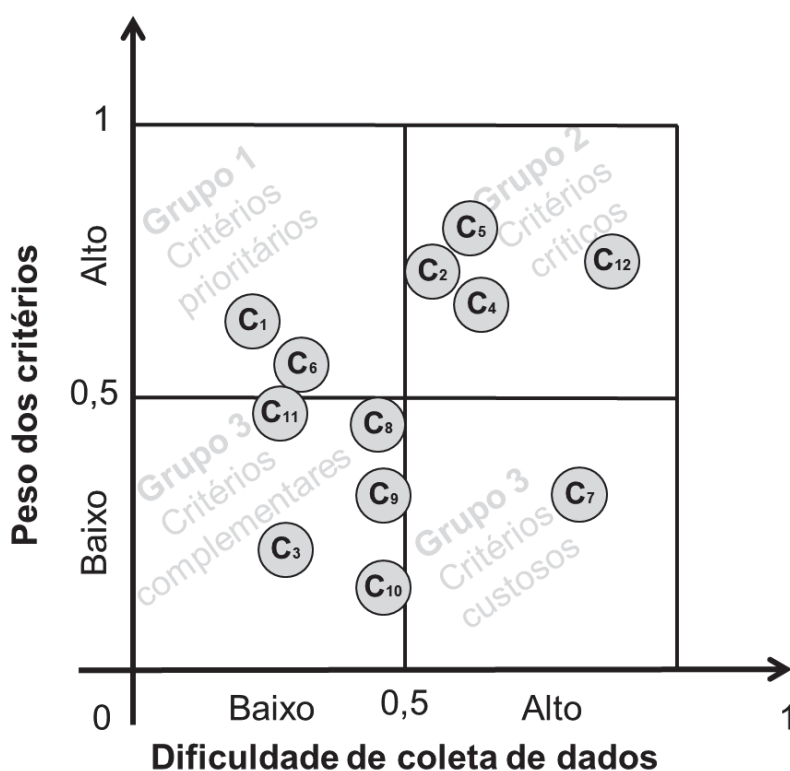
Tabela 3 - Resultado do cálculo do peso para a dificuldade da coleta de dados

Identificação	Critério	Distância da solução ideal positiva $d(x_i, x^+)$	Distância da solução ideal negativa $d(x_i, x^-)$	Grau de satisfação $\eta(x_i)$	Peso normalizado $(w_i)$	Classificação
C <sub>12</sub>	Velocidade na resolução de problemas	0,245	0,787	0,763	0,880	1
C <sub>7</sub>	Perfil do fornecedor	0,327	0,739	0,694	0,817	2
C <sub>4</sub>	Confiabilidade (geral)	0,469	0,548	0,539	0,594	3
C <sub>5</sub>	Conhecimento técnico	0,469	0,548	0,539	0,594	4
C <sub>2</sub>	Capacidade de gerenciar o projeto	0,548	0,616	0,530	0,578	5
C <sub>8</sub>	Poder financeiro	0,616	0,548	0,470	0,472	6
C <sub>10</sub>	Programas de segurança	0,548	0,469	0,461	0,456	7
C <sub>9</sub>	Políticas ambientais	0,548	0,469	0,461	0,456	8
C <sub>11</sub>	Tempo de entrega	0,678	0,374	0,356	0,281	9
C <sub>3</sub>	Condição financeira	0,678	0,374	0,356	0,281	10
C <sub>6</sub>	Custo	0,678	0,374	0,356	0,281	11
C <sub>1</sub>	Capacidade de entrega	0,739	0,327	0,306	0,215	12

Fonte: Elaborado pelo autor

Feito o cálculo da dificuldade de coleta de dados, os critérios foram agrupados na matriz de classificação baseada no modelo de Lima Junior e Carpinetti (2016), como ilustra a figura 13. Os critérios capacidade de entrega ( $C_1$ ) e custo ( $C_6$ ) foram classificados como prioritários. Portanto, esses são os critérios que apresentam peso alto e baixa dificuldade de coleta de dados, o que contribui para agilizar e tornar mais eficiente o processo de seleção do fornecedor. Já os critérios capacidade de gerenciar o projeto ( $C_2$ ), conhecimento técnico ( $C_5$ ), confiabilidade ( $C_4$ ) e velocidade na resolução de problemas ( $C_{12}$ ) foram classificados como críticos, o que indica sua importância para a seleção do fornecedor, sem ignorar o fato de que a avaliação sobre esses critérios exige um esforço relativamente alto de coleta de dados.

Figura 13 - Matriz de classificação dos critérios selecionados



Fonte: Elaborado pelo autor

Classificados como complementares, os critérios condição financeira ( $C_3$ ), poder financeiro ( $C_8$ ), políticas ambientais ( $C_9$ ), programas de segurança ( $C_{10}$ ) e tempo de entrega ( $C_{11}$ ) foram tomados como critérios de importância relativamente baixa, mas não deixaram de ser considerados no processo, uma vez que a



dificuldade para coletar dados não exigiria grandes esforços e esses critérios podem possibilitar uma avaliação mais apurada e justificativas complementares para a escolha.

Por fim, o critério perfil do fornecedor ( $C_7$ ) foi classificado como custoso, o que levou ao seu descarte por ser menos importante e exigir um esforço relativamente alto na coleta de dados. Portanto, a partir dos resultados obtidos por meio da aplicação do modelo, foram selecionados os critérios  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ ,  $C_8$ ,  $C_9$ ,  $C_{10}$ ,  $C_{11}$  e  $C_{12}$ .

#### 4.1.5 Avaliação e Seleção dos Fornecedores

Na última etapa os decisores apontaram as alternativas de fornecimento, para que fosse feita a avaliação do desempenho de cada uma delas considerando os critérios definidos e seus respectivos pesos. As três alternativas avaliadas fazem parte da base de fornecedores da empresa há mais de 10 anos e já atuaram em muitos projetos de construção de linhas de transmissão desenvolvidos pela empresa. Trata-se de fornecedores conhecidos tanto dos profissionais da Copel como do mercado, o que veio a facilitar o entendimento do potencial de cada uma em relação aos critérios selecionados. Novamente a avaliação foi feita pelos decisores com o uso de termos e expressões linguísticas, sendo que o resultado desse julgamento consensual é exibido no quadro 19 e sua conversão em termos linguísticos no quadro 20.

Quadro 18 - Avaliação das alternativas de fornecimento em relação aos critérios usando expressões linguísticas

<b>Identificação</b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>
C <sub>1</sub>	Entre médio e alto	Entre médio e alto	Entre baixo e alto
C <sub>2</sub>	Entre médio e muito alto	Entre médio e alto	Entre baixo e médio
C <sub>3</sub>	Entre médio e alto	Entre médio e muito alto	Médio
C <sub>4</sub>	Alto	Entre alto e muito alto	Entre médio e alto
C <sub>5</sub>	Alto	Entre médio e muito alto	Entre médio e alto
C <sub>6</sub>	Entre médio e alto	Entre médio e alto	Médio
C <sub>8</sub>	No mínimo médio	No mínimo alto	Entre médio e alto
C <sub>9</sub>	Alto	Entre médio e muito alto	Entre médio e alto
C <sub>10</sub>	Alto	Entre médio e alto	Entre médio e alto
C <sub>11</sub>	Entre médio e alto	Entre médio e muito alto	No mínimo médio
C <sub>12</sub>	Entre médio e alto	Entre baixo e médio	Entre baixo e alto

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 19 - Conversão da avaliação das alternativas de fornecimento para o formato de termos linguísticos

<b>Identificação</b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>
C <sub>1</sub>	[M, A]	[M, A]	[B, M, A]
C <sub>2</sub>	[M, A, MA]	[M, A]	[B, M]
C <sub>3</sub>	[M, A]	[M, A, MA]	[M]
C <sub>4</sub>	[A]	[A, MA]	[M, A]
C <sub>5</sub>	[A]	[M, A, MA]	[M, A]
C <sub>6</sub>	[M, A]	[M, A]	[M]
C <sub>7</sub>	[M, A, MA, AB]	[A, MA, AB]	[M, A]
C <sub>8</sub>	[A]	[M, A, MA]	[M, A]
C <sub>9</sub>	[A]	[M, A]	[M, A]
C <sub>10</sub>	[M, A]	[M, A, MA]	[M, A, MA, AB]
C <sub>11</sub>	[M, A]	[B, M]	[B, M, A]

Fonte: Elaborado pelo autor

Finalizando a etapa 4, foram então apontadas a solução ideal positiva ( $x^+$ ) usando a equação 5 e a solução ideal negativa ( $x^-$ ) por meio da aplicação da equação 6. As exceções foram os critérios “custo” e “tempo de entrega”, cuja solução ideal positiva foi determinada pela equação 6 e a solução ideal negativa pela equação 5, uma vez que quanto menor a pontuação alcançada nesse critério, melhor a classificação. Nessas condições os resultados foram  $x^+ = [A, MA, MA, MA, MA, M, AB, MA, A, AB, B]$  e  $x^- = [B, B, M, M, M, A, M, M, M, M, A]$ . Em seguida foram calculadas as distâncias ( $d_{gwd}$ ) conforme a equação 3. A aplicação da equação 7 determinou o grau de satisfação das alternativas ( $\eta(x_i)$ ) em razão da distância para as soluções ideais positiva ( $d(x_i, x^+)$ ) e negativa ( $d(x_i, x^-)$ ). Os valores obtidos para o grau de satisfação também foram normalizados por meio da equação 8 para determinar a pontuação final ( $v_i$ ). Os resultados da avaliação das alternativas são apresentados no quadro 19 como o resultado final da aplicação do modelo.

Tabela 4 - Classificação das alternativas de fornecimento

Fornecedor	Distância da solução ideal positiva $d(x_i, x^+)$	Distância da solução ideal negativa $d(x_i, x^-)$	Grau de satisfação $\eta(x_i)$	Pontuação normalizada $(v_i)$	Classificação
Alternativa 1	0,101	0,226	0,691	0,402	1
Alternativa 2	0,151	0,208	0,580	0,337	2
Alternativa 3	0,202	0,165	0,449	0,261	3

Fonte: Elaborado pelo autor

Observando os resultados, os decisores se surpreenderam com a classificação da final. Segundo eles, em um primeiro momento a escolha mais natural seria da alternativa 2, com quem já tinham trabalhado mais vezes. Questionados sobre o que os levaria a essa escolha, foram unânimes em citar o maior porte do fornecedor no que se refere ao número de funcionários e envergadura das obras já realizadas junto à Copel. Verificando as avaliações feitas, a equipe observou que os julgamentos foram muito parecidos em relação ao desempenho das alternativas 1 e 2 para os critérios prioritários. Porém, o julgamento em relação ao desempenho para com os critérios críticos favoreceu a alternativa 1, o que justificou o resultado endossado pelos decisores.

## 5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade é uma técnica que permite medir o impacto causado pela mudança de parâmetros e pressupostos de entrada de um modelo de decisão (SALTELLI et al., 2019). Para Saltelli et al. (2019), a análise de sensibilidade ajuda a mapear o que um modelo faz. Sua aplicação é bastante frequente em estudos envolvendo a proposição de modelos multicritério. São exemplos os estudos propostos por Safa et al. (2014) e Wood (2016), que aplicaram a análise de sensibilidade em modelos baseados nos métodos TOPSIS e *Fuzzy TOPSIS*, respectivamente.

Alguns testes envolvendo análise de sensibilidade foram feitos com o propósito de verificar como a variação dos valores do parâmetro  $\theta$  pode afetar os resultados de saída. Como descrito na seção 4.1.1, a aplicação piloto utilizou o parâmetro  $\theta$  como 0,5 para captar uma visão equilibrada dos tomadores de decisão (LIAO, XU; ZENG, 2014). Com o objetivo de avaliar o resultado da escolha de critérios considerando visões otimistas e pessimistas dos decisores, a partir de variações nos valores do parâmetro  $\theta$ , foram testados os seguintes cenários:

- a) cenário otimista: Com base Liao, Xu e Zeng (2014), o valor do parâmetro  $\theta$  foi definido como 0,1 para o cálculo do peso dos critérios. Para o cálculo da dificuldade de coleta de dados, foi utilizado  $\theta=0,9$ . Essa inversão nos valores de  $\theta$  para o cálculo da dificuldade de coleta de dados foi feita considerando que uma alta pontuação nessa dimensão impacta negativamente o critério avaliado;
- b) cenário pessimista:  $\theta=0,9$  para o cálculo do peso dos critérios e  $\theta=0,1$  para o cálculo da dificuldade de coleta de dados.

Em ambos os cenários, alterou-se apenas os valores de  $\theta$ . Os julgamentos dos decisores não foram modificados, assim como os valores de  $\theta$  para o cálculo do peso dos requisitos, que foi mantido como  $\theta=0,5$ . As novas pontuações obtidas pelos critérios nos dois cenários considerados, tanto para o peso como para a dificuldade de coleta de dados, são apresentadas na tabela 5. Essa tabela também detalha a pontuação dos critérios quando da aplicação, para efeito de comparação. É importante ressaltar que todos os valores apresentados nessa tabela foram normalizados conforme a equação 9.

Tabela 5 – Resultado do cálculo do peso e dificuldade de coleta de dados dos critérios para os cenários pessimista, aplicação e otimista.

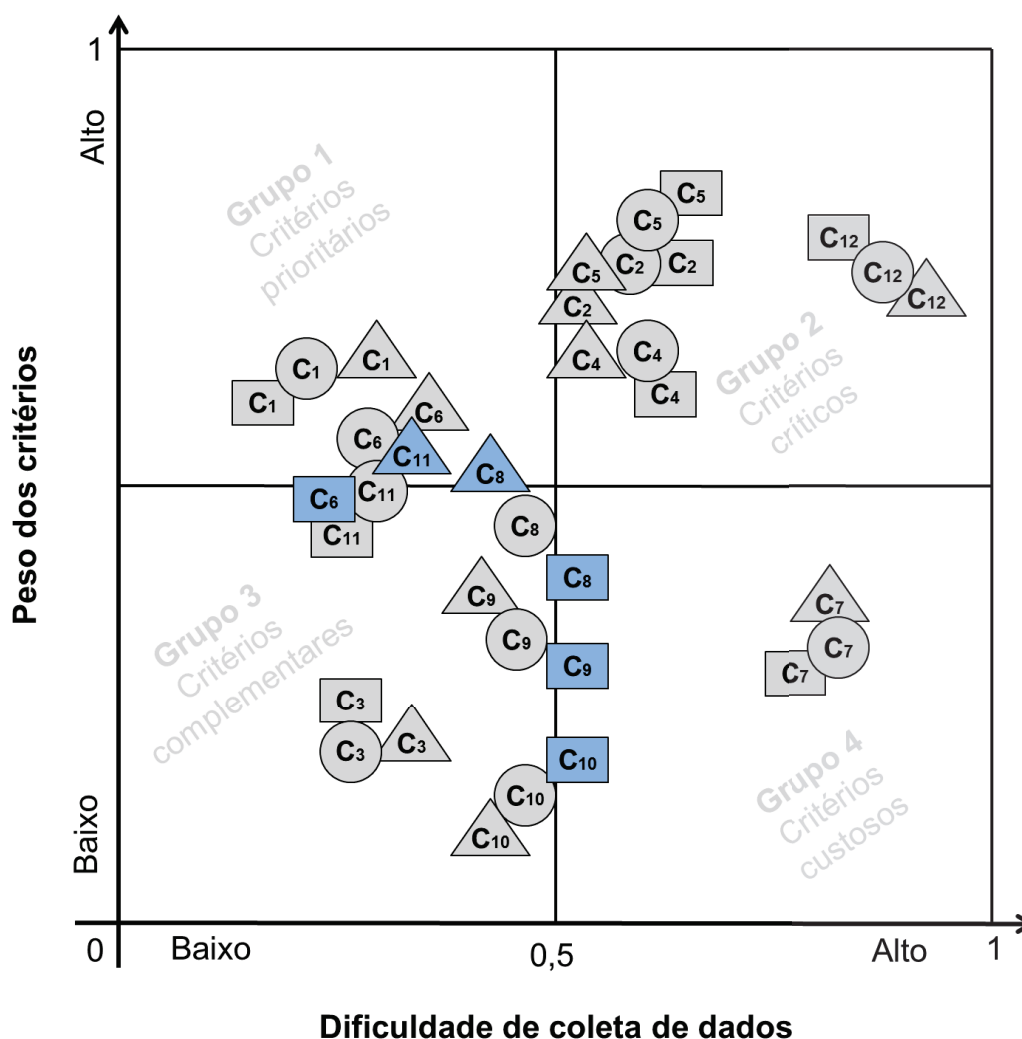
Critério	Cenário Pessimista			Aplicação (visão equilibrada)			Cenário Otimista		
	Peso dos critérios	Dificuldade de coleta de dados	Classificação	Peso dos critérios	Dificuldade de coleta de dados	Classificação	Peso dos critérios	Dificuldade de coleta de dados	Classificação
C <sub>1</sub>	0,604	0,161	Prioritário	0,638	0,215	Prioritário	0,646	0,280	Prioritário
C <sub>2</sub>	0,770	0,623	Crítico	0,747	0,578	Crítico	0,715	0,515	Crítico
C <sub>3</sub>	0,236	0,268	Complementar	0,215	0,281	Complementar	0,218	0,316	Complementar
C <sub>4</sub>	0,617	0,636	Crítico	0,648	0,594	Crítico	0,653	0,529	Crítico
C <sub>5</sub>	0,834	0,636	Crítico	0,785	0,594	Crítico	0,737	0,529	Crítico
C <sub>6</sub>	0,500	0,268	Complementar	0,552	0,281	Prioritário	0,586	0,316	Prioritário
C <sub>7</sub>	0,305	0,792	Custoso	0,324	0,817	Custoso	0,369	0,811	Custoso
C <sub>8</sub>	0,400	0,522	Custoso	0,448	0,472	Complementar	0,500	0,432	Prioritário
C <sub>9</sub>	0,305	0,504	Custoso	0,324	0,456	Complementar	0,369	0,421	Complementar
C <sub>10</sub>	0,189	0,504	Custoso	0,136	0,456	Complementar	0,094	0,421	Complementar
C <sub>11</sub>	0,442	0,268	Complementar	0,495	0,281	Complementar	0,541	0,316	Prioritário
C <sub>12</sub>	0,769	0,832	Crítico	0,746	0,880	Crítico	0,714	0,919	Crítico

Fonte: Elaborado pelo autor

Uma visão gráfica dessas alterações é apresentada na figura 14, onde a matriz diferencia a classificação dos mesmos critérios para os diferentes cenários da seguinte forma:

- círculo: representa a classificação dos critérios obtida na aplicação;
- retângulo: resultado da classificação dos critérios cenário pessimista;
- triângulo: classificação dos critérios no cenário otimista;
- elementos destacados (em cor azul): critérios que mudaram de grupo em relação à classificação obtida na aplicação.

Figura 14 - Matriz de classificação dos critérios nos ambientes da aplicação e simulações



Legenda

- |  |  |  |  |  |           |
|--|--|--|--|--|-----------|
|  | Cenário otimista                                 |  | Cenário pessimista                                 |  | Aplicação |
|  | Cenário otimista em grupo diferente da aplicação |  | Cenário pessimista em grupo diferente da aplicação |  |           |

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando os resultados, observa-se que em um ambiente com decisores pessimistas, o critério custo ( $C_6$ ) deixa a condição de prioritário para assumir uma classificação de complementar. Já os critérios poder financeiro ( $C_8$ ), políticas ambientais ( $C_9$ ) e programas de segurança ( $C_{10}$ ) mudaram sua classificação de complementares para custosos. Já no ambiente otimista ocorreu alteração na classificação dos critérios poder financeiro ( $C_8$ ) e tempo de entrega ( $C_{11}$ ), que deixaram de ser complementares para assumir a condição de prioritários. Esses resultados se mostraram bastante consistentes, já que no cenário pessimista quatro critérios foram classificados em grupos de menor importância, enquanto no cenário otimista a classificação de dois critérios melhorou. Portanto, diante desses resultados, constata-se que o modelo proposto é sensível às variações nos valores de  $\theta$ , o que permite incorporar uma visão otimista ou pessimista de modo efetivo sempre que necessário.



## 6 CONCLUSÃO

Esse estudo propôs um novo modelo de decisão para apoiar a seleção de fornecedores no ambiente de projetos de construção e/ou energia, baseado no método *hesitant fuzzy* QFD. Uma aplicação foi realizada em uma empresa do ramo de energia. A partir da coleta de dados junto a três especialistas da empresa, foram definidos os requisitos e critérios a serem utilizados na seleção de fornecedores. Os critérios capacidade de entrega ( $C_1$ ) e custo ( $C_6$ ) foram categorizados como prioritários, já que apresentaram alto nível de importância e baixa dificuldade de coleta de dados. Outros critérios classificados como críticos ou complementares também foram selecionados. Na sequência, com base na avaliação de três fornecedores usando os critérios previamente escolhidos, foi possível apontar a alternativa mais adequada para contratação. Adicionalmente, testes de análise de sensibilidade foram realizados com o objetivo de evidenciar o quão o modelo é sensível a variações no parâmetro de entrada  $\theta$ . Os resultados mostraram que as alterações na categorização dos critérios são coerentes com as visões incorporadas ao modelo em cada situação. Dessa forma, evidenciou-se que o modelo é capaz de incorporar visões otimistas ou pessimistas, de modo a atender assim uma formatação específica do ambiente de decisão, sempre que houver particularidades a serem consideradas pelos decisores e equipe do projeto.

No que se refere à gestão da cadeia de suprimentos, o modelo proposto suporta as etapas de escolha de critérios e de avaliação de fornecedores através do uso de termos e expressões linguísticas, facilitando o julgamento dos decisores no que tange à modelagem de incertezas inerentes à tomada de decisão. Já no que se refere à gestão de projetos, esse mesmo modelo se alinha às práticas do guia PMBOK (PMI, 2017), que aborda a necessidade de aplicação de métodos multicritério para a tomada de decisão quando da necessidade de escolher em diferentes cenários. Embora o PMBOK destaque essa necessidade, ele não fornece um maior detalhamento das possibilidades de técnicas e modelos existentes. O modelo proposto é capaz de orientar a escolha de fornecedores em projetos de construção civil e energia, podendo também ser aplicado em tipos de projetos distintos, onde exista a necessidade de contratar para o atendimento do escopo. Ainda em relação à gestão de projetos, o guia PMBOK (PMI, 2017) também recomenda a aplicação de métodos multicritério para a tomada de decisão em

relação às partes interessadas e riscos do projeto, o que reforça as possibilidades de ampliação da utilização do modelo proposto.

Em relação aos modelos prévios encontrados na literatura para apoiar a seleção de fornecedores em projetos, o modelo proposto apresenta os seguintes benefícios:

- a) diferentemente de Wu e Barnes (2010), o modelo proposto contempla a ponderação e seleção de critérios baseada em sua relação com os requisitos do contratante. Além disso, ao contrário de todos os modelos listados na Figura 1, considera a dificuldade de avaliação dos critérios como um fator decisivo na escolha destes;
- b) não apresenta limitações para o número de critérios e alternativas que podem avaliados, como ocorre nos modelos que se baseiam nos métodos comparativos AHP (WANG et al., 2013; TAMOSAITIENE et al., 2017; LUZON; EL-SAYEGH, 2016; POLAT; ERAY, 2015; ESHTEHARDIAN; GHODOUSI; BEJANPOUR, 2013), ANP (BAYAZIT, 2006; ESHTEHARDIAN; GHODOUSI; BEJANPOUR, 2013) e Fuzzy AHP (LU et al., 2019);
- c) permite considerar pesos diferentes para os julgamentos dos decisores, conforme seu nível de conhecimento técnico e experiência;
- d) diferentemente de todos os modelos prévios para seleção de fornecedores encontrados na literatura, possibilita utilizar expressões linguísticas para apoiar a tomada de decisão em ambientes de incerteza, onde a decisão ocorre com base em dados imprecisos, havendo também falta de informações, variáveis qualitativas e julgamentos subjetivos;
- e) possibilita incorporar visão pessimista e otimista no processo decisório por meio da configuração dos valores do parâmetro  $\theta$ .

Em relação às limitações do estudo, uma vez que o modelo proposto é voltado para decisões em ambientes de incerteza, sua aplicação para apoiar decisões baseadas em valores precisos de custos, como nos casos em que os orçamentos já estão definidos, torna-se inapropriada. Também foram percebidas dificuldades de uso no modelo decorrentes da adoção de sete termos linguísticos para representar o julgamento dos decisores. Ao longo da aplicação do modelo, constatou-se que essa gama de possibilidades tende a dificultar o consenso,

principalmente quando se trata de um grupo de decisores heterogêneo em relação ao conhecimento do negócio e experiência em projetos similares.

A partir do desenvolvimento deste estudo, foram identificadas algumas oportunidades para pesquisas futuras relacionadas à gestão de projetos, tomada de decisão e gestão da cadeia de suprimentos. Em relação à utilização do modelo proposto, sugere-se a realização de aplicações na seleção de fornecedores em projetos cujo escopo não se relacione ao de construção e/ou energia. Nessas aplicações, a partir da experiência vivenciada ao longo da pesquisa de campo, recomenda-se a participação de decisores que possuam o mesmo nível de *expertise* em suas diferentes áreas. Nos casos em que houver dificuldade de obtenção de consenso entre os decisores, é possível aplicar métodos de decisão iterativos como *fuzzy Delphi*. Outra sugestão para estudos futuros consiste na implementação do modelo na forma de software com interface gráfica a fim de avaliar sua adequação em situações reais de uso contínuo.

Em relação à gestão de projetos, a construção do referencial teórico revelou carência de publicações que descrevessem o impacto gerado pela decisão de contratar. O guia PMBOK (PMI, 2017), que norteou a construção do modelo proposto, considera que há complexidade em contratar e que os resultados dessa opção não podem ser completamente previstos. Diante disso, verifica-se a necessidade de desenvolver estudos que avaliem os impactos da decisão de produzir internamente ou terceirizar (*make or buy*) no contexto de projetos.

Por fim, sugere-se o desenvolvimento de novos modelos baseados na técnica *hesitant fuzzy QFD* para apoiar outros problemas de decisão multicritério relacionados à seleção, ordenação e categorização de alternativas. Por ter sido proposta recentemente, essa abordagem ainda é pouco estudada na literatura. Entretanto, as características dessa técnica possibilitam que expressões linguísticas possam ser usadas pelos decisores em problemas como seleção de funcionários, avaliação de riscos, seleção de equipamentos, entre outros.

## REFERÊNCIAS

- ADAMS, J. H.; KHOJA, F. M.; KAUFFMAN, R. An Empirical study of buyer-supplier relationships within small business organizations. **Journal of Small Business Management**, v. 50, n. 1, pp. 20-40, 2012.
- AGELL, N. et al. Ranking multi-attribute alternatives on the basis of linguistic labels in group decisions. **Information Sciences**, v.209, p.49-60, Nov. 2012.
- AKAO, Y. Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design, **Productivity Press**, Cambridge, Massachusetts, 1992.
- AL-JIBOURI, S. Effects of resource management regimes on project schedule. **International Journal of Project Management**, v.20, n4, p. 271-277, Nov. 2002.
- ANDERSON, J.; NARUS, J. **Business market management: understanding, creating, and delivering value**. 2. ed. New Jersey: Pearson-Prentice Hall, 2004.
- ANDRADE, M. M. Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- ARAÚJO, M. C., ALENCAR, L. H., MOTA, C. M. Project procurement management: A structured literature review. **International Journal of Project Management**, v.35, n.3, p.353-377, Abr. 2017.
- ARDITI, D.; GUNAYDIN, H. Total quality management in the construction process. **International Journal of Project Management**, v.15, n4, p. 235-243, Ago. 1997.
- ATKINSON, R.; CRAWFORD, L.; WARD, S. Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management. **International Journal of Project Management**, v.24, n8, p. 687-698, Nov. 2006.
- AWASTHI, A., GOVINDAN, K., GOLD, S. Multi-tier sustainable global supplier selection using a *fuzzy* AHP-VIKOR based approach. **International Journal of Production Economics**, v.195, p.106-117, Jan. 2018
- BAYAZIT, O. Use of analytic network process in vendor selection decisions. **Benchmarking: An International Journal**, v.13, p.566-579, 2006
- BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p.241-264, 2002.
- BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J., COOPER, M. B. **Gestão Logística de Cadeias de Suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BRASIL. Lei nº 13.303, de 30 de junho de 2016. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Disponível em:

<[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2016/Lei/L13303.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13303.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2019

BUSHRA LUZON, B., EL-SAYEGH, S. M. Evaluating supplier selection criteria for oil and gas projects in the UAE using AHP and Delphi. **International Journal of Construction Management**. v.16, n.2, p.175-183, Fev.2016.

CAVENDISH, P.; MARTIN, M. D. **Negotiating & Contracting for Project Management**. Upper Darby: Project Management Institute, 1982.

CENGIZ, A. E. et al. A Multi-criteria decision model for construction material supplier selection. **Procedia Engineering**, v.196, p. 294-30, 2017.

CHANG, B.; CHANG, C.; WU, C. Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. **Expert Systems with Applications**, v.38, n3, p.1850-1858, Mar. 2001.

CHEN, L. H.; KO, W.C. Fuzzy linear programming models for NPD using a fourphase QFD activity process based on the means-end chain concept. **European Journal of Operational Research**, v.201, n2, p.619–632, 2010.

CHEN, Y. **Principles of Contracting for Project Management**. University of Management & Technology Press, 2003.

CHENG, L.C. et al. **QFD: planejamento da qualidade**, Belo Horizonte, UFMG, Escola de Engenharia, Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

CHIRAG BABBAR, C., AMIN, S. H. A multi-objective mathematical model integrating environmental concerns for supplier selection and order allocation based on fuzzy QFD in beverages industry. **Expert Systems with Applications**, v.92, p.27-38, Fev.2018.

CHUNG, W.; TALLURI, S.; NARASIMHAM, R. Flexibility or cost saving sourcing decisions with two suppliers. **Decision Sciences**, v. 41, n. 3, p. 623-650, 2010.

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

DE BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v.7, n.2, p.75-89, Jun.2001.

DE BOER, L.; VAN DER WEGEN, L.; TELGEN, J. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing and Supply Management**. v7, p.75-89, 2011.

DEMIRKESEN, S.; OZORHON, B. Impact of integration management on construction project management performance. **International Journal of Project Management**, v.35, n8, p. 1639-1654, Nov. 2017.

DUBROMELLE, Y. et al. AHP/ANP a Decision Making Service in PROSIS Model. **IFAC Proceedings**, v.43, n.4, p.138-143, 2010.

DURÁN, O., AGUILÓ, J. Selección de máquinas de control numérico usando *Fuzzy AHP*. **Revista Espacios**, v.27, n.1, 2006.

ESHTEHARDIAN, E., GHODOUSI, P., & BEJANPOUR, A. Using ANP and AHP for the supplier selection in the construction and civil engineering companies: Case study of Iranian company. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v.17, p.262–270, 2013.

FARASHAH, A. D.; THOMAS, J.; BLOMQUIST, T. Exploring the value of project management certification in selection and recruiting. **International Journal of Project Management**, v.37, n.1, p.14-26, 2019.

FENG, Q.; SHI, R. Sourcing from multiple suppliers for price-dependent demands. **Production and Operation Management**, v. 21, n. 3, pp. 547-563, 2012.

FLEMING, QUENTIN W. **Project Procurement Management** – Contracting, Subcontracting, Teaming.FMC Press Tusstin, California USA – 2003

FLEMING, Q.W.; KOPPELMAN, J.M. **Earned value project management**. 3. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2006.

GALANKASHI, M.R., HELMI, S.A., HASHEMZAHI, P. Supplier selection in automobile industry: A mixed balanced scorecard–*fuzzy AHP* approach. **Alexandria Engineering Journal**, v.55, n.1, p.93-100, Mar.2016.

GUMUS, S., KUCUKVAR, M., TATARI, O.Intuitionistic fuzzy multi-criteria decision making framework based on life cycle environmental, economic and social impacts: The case of U.S. wind energy. **Sustainable Production and Consumption**, v.8, p.78-92, Out. 2016

GUREL, O. et al. Determinants of the green supplier selection. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v.181, p.131-139, Mai.2015

HA, B.; PARK, Y.; CHO, S. Suppliers' affective trust and trust in competency in buyer – Its effect on collaboration and logistics efficiency. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 31, pp. 56-77, 2011.

HAMDI, F. et al. Supplier selection and order allocation under disruption risk. **IFAC – Papers On Line**, v49, n.12, p.449-454, 2016.

HARREL, C. R.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. **Simulation Using Promodel**. McGraw-Hill Education, 2000.

HAUSER, J.R., CLAUSING, D. The house of quality. **Harvard Business Review**, p.63-73, Mai.1988.

HENDERSON, L.S.; STACKMAN, R. W.; LINDEKILDE, R. The centrality of communication norm alignment, role clarity, and trust in global project teams. **International Journal of Project Management**, v. 34, n8, p. 1717-1730, Nov. 2016.

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, Abr. 2010.

HWANG, C.; YOON, K. **Multiple attributes decision making methods and applications**. Berlin: Springer, 1981

IGARASHI, M., DE BOER, L., FET, A. M.. What is required for greener supplier selection? A literature review and conceptual model development. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v.19, n.4, p.247-263, Dez.2013

International Organization for Standardization. **ISO 10006:2017**: Quality management systems - Guidelines for quality management in projects. 2017.

IPMA: **IPMA Project Excellence Baseline** (IPMA ICB). Version 1.0. Amsterdam, International Project Management Association, 2016.

JELODAR, M.B.; YIU, T.W.; WILKINSON, S. A conceptualisation of relationship quality in construction procurement. **International Journal of Project Management**, v.34, n.6, p. 997-1011, Ago.2016.

JUAN, Y. K. et al. Housing refurbishment contractors selection based on a hybrid *fuzzy*-QFD approach. **Automation in Construction**, v.18, n.2, p.139-144, Mar.2009.

KAHRAMAN, C.; CEBECI, U.; ULUKAN, Z. Multi-criteria supplier selection using *fuzzy*. **Logistics Information Management**, v. 16, p. 382-394, 2003.

KANNAN, D. et al. Integrated *fuzzy* multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v.47, p.355-367, Mai. 2013.

KERZNER, H. **Gestão de Projetos**: as melhores práticas. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

KERZNER, H. **Using the project management maturity model**: strategic planning for project management. New York: John Wiley & Sons, 2011.

KHAMOOSHI, H.; GOLAFSHANI, H. EDM: Earned duration management, a new approach to schedule performance management and measurement. **International Journal of Project Management**, v. 32, n6, p. 1019-1041, Nov. 2014.

KOSTALOVA, J.; TETREVOVA, L.; SVEDIK, J. Support of Project Management Methods by Project Management Information System. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v.210, p.96-104, 2015.

KRALJIC, P. Purchasing must become supply management. **Harvard Business Review**, n.61, 109-117, 1983.

KWONG, C. K. et al. A methodology of determining aggregated importance of engineering characteristics in QFD. **Computers and Industrial Engineering**, v. 53, p.667–679, 2007.

LAW, A. M. **Simulation Modeling and Analysis**. 5th Edition Mcgraw-Hill Education, 2015.

LI, C.; DEBO, L. G. Second sourcing vs. sole sourcing with capacity investment and asymmetric information. **Manufacturing & Service Operations Management**, v. 11, n. 3, pp. 448-470, 2009.

LIAO, H., XU, Z., ZENG, X. Distance and similarity measures for hesitant *fuzzy* linguistic term sets and their application in multi-criteria decision making. **Information Sciences**, v.271, p.125–142, Jul.2014.

LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L., C. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. **Gestão e Produção**, v.20, n.4, p.781-801. Nov. 2013.

LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L., C. A comparison between *fuzzy* ahp and *fuzzy* topsi methods to supplier selection. **Applied Soft Computing**, v.21, p.194-209, Ago.2014.

LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. A multi-criteria approach based on *fuzzy* QFD for choosing criteria for supplier selection. **Computers & Industrial Engineering**, v.101, p.269-285, Nov.2016.

LIU, H.T. Product design and selection using fuzzy QFD and fuzzy MCDM approaches. **Applied Mathematical Modelling**, v.35, n.1, p.482–496, 2011.

LU, Z., SUN, X., WANG, Y., XU, C. Green supplier selection in straw biomass industry based on cloud model and possibility degree. **Journal of Cleaner Production**, v. 09, p.995-1005, Fev. 2019.

MARDANI, A. et al. A review of multi-criteria decision-making applications to solve energy management problems: Two decades from 1995 to 2015. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.71, p.216-256, Mai. 2017.

MATOS, S.; LOPES, E. Prince2 or PMBOK – A Question of Choice. **Procedia Technology**, v.9, p.787-794, 2013.

MIGUEL, P.A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v.17, n.1, p.216-229, 2007.

MILOSEVIC, D.; PATANAKUL, P. Standardized project management may increase development projects success. **International Journal of Project Management**, v.23, n.3, p.181-192, Abr. 2005.



MORENO, E., LOPEZ, M., MERINO, G. Perfeccionamiento del modelo adoma mediante la inclusión de la ambigüedad en alguno de sus parámetros. **Agricultura Técnica**, v.66, n.2, 2006.

MOSELY, G.; WRIGHT, N.; WRIGLEY, C. Facilitating design thinking: A comparison of design expertise. **Thinking Skills and Creativity**, v.27, p.177-189, 2018.

MOUSAKHANI, S., NAZARI-SHIRKOUHI, S., BOZORGI-AMIRI, A. A novel interval type-2 fuzzy evaluation model based group decision analysis for green supplier selection problems: A case study of battery industry. **Journal of Cleaner Production**, v.168, p. 205-218, Dec.2017.

MURPHY, JOHN E. **Guide to Contract Pricing: Cost and Price Analysis for Contractors, Subcontractors, and Government Agencies**, 3rd Edition, Management Concepts 2001

NGAN, S. A unified representation of intuitionistic fuzzy sets, hesitant fuzzy sets and generalized hesitant fuzzy sets based on their u-maps. **Expert Systems with Applications**, v.69, p.257-276, Mar. 2017.

OSIRO, L., LIMA-JUNIOR, F. F., CARPINETTI, L. C. A group decision model based on quality function deployment and hesitant fuzzy for selecting supply chain sustainability metrics. **Journal of Cleaner Production**, v.183, p.964-978, Mai. 2018.

ONAR, S. Ç. et al. A new hesitant fuzzy QFD approach: An application to computer workstation selection. **Applied Soft Computing**, v.46, p.1-16, Set. 2016.

PARKOUHI, S. V.; GHADIKOLAEI, a. S.; LAJIMI, H. F. Resilient supplier selection and segmentation in grey environment. **Journal of Cleaner Production**, v.207, p.1123-1137, Jan. 2019.

PERONA, M.; SACCANI, N. Integration Techniques in customer-supplier relationship: a empirical research in the Italian industry of household appliances. **International Journal of Production Economics**, v.89, p.189-205, 2004.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. Guia PMBOK® 6. Ed. EUA: Project Management Institute, 2017.

PINEDA, P. J. et al. An integrated MCDM model for improving airline operational and financial performance. **Journal of Air Transport Management**, v.68, p. 103-117, Mai.2018.

POLAT, G.; ERAY, E. An Integrated Approach using AHP-ER to Supplier Selection in Railway Projects. **Procedia Engineering**, v.123, p.415-422, 2015.

PRESSEY, A. D. WINKLHOFER, H. TZOKAS, N. X. Purchasing practices in small- to medium-sized enterprises: An examination of strategic purchasing adoption, supplier evaluation and supplier capabilities. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 15, p. 214-226, 2009.

QUIRÓS, P. et al. On cardinalities of finite interval-valued hesitant fuzzy sets - Research article. **Information Sciences**, v. 418-419, p.421-431, Dec. 2017.

RAJEEV, A. et al. Evolution of sustainability in supply chain management: A literature review. **Journal of. Clean. Production**, v.162, p.299-314, 2017.

RAMÍREZ, Y.; CISTERNAS, L. A.; KRASLAWSKI, A. Application of House of Quality in assessment of seawater pretreatment technologies. **Journal of Cleaner Production**, v.148, p.223-232, 2017.

REZAEI, J. A Systematic Review of Multi-criteria Decision-making Applications in Reverse Logistics. **Transportation Research Procedia**, v.10, p.766-776, 2015.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

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, Ago. 2013.

RUSSO, R. F.; CAMACHO, R. Criteria in AHP: A Systematic Review of Literature. **Procedia Computer Science**, v.55, p.1123-1132, 2015.

RUUSKA, I. et al. Supplier capabilities in large shipbuilding projects. **International Journal of Project Management**, v.31, n.4, p 542-553, Mai. 2013.

SAATY, T. L. Fundamentals of the analytic network process – multiple networks with benefits, costs, opportunities and risks. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, n. 3, p.348-379, Set. 2004.

SAATY, T. L. **Theory and applications of the analytic network process**: decision making with benefits, opportunities, cost and risk. Pittsburgh: RWS Publications, 2005.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**. v.1, p.83-98, Jan. 2008.

SAFA, M.; SHAHI, A.; HAAS, C.T.; HIPEL, K.W. Supplier selection process in an integrated construction materials management model. **Automation in Construction**, v. 48, p.64-73, 2014.

SALTELLIAB, A. et al. Why so many published sensitivity analyses are false: A systematic review of sensitivity analysis practices. **Environmental Modelling & Software**. v.114, p.29-39, Abr.2019.

SALVATORE, G.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J. R. **Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys**. 2 ed. New York: Springer, 2005.

SARKAR, S.; PRATIHAR, D. K.; SARKAR, B. An integrated fuzzy multiple criteria supplier selection approach and its application in a welding company . **Journal of Manufacturing Systems**, v.46, p.163-178, Jan.2018.

SERRAI, W. et al. Towards an efficient and a more accurate web service selection using MCDM methods. **Journal of Computational Science**, v.22, p. 253-267, Set. 2017.

SIMIC, D. et al. 50 years of fuzzy set theory and models for supplier assessment and selection: A literature review. **Journal of Applied Logic**, v.24, p.85-96, Nov. 2017.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STANLEY, J.; VAN DE VELDE, D. Risk and reward in public transport contracting. **Research in Transportation Economics**, v.22, n.1, p.20-25, 2008.

STREULE, T. et al. Implementation of Scrum in the Construction Industry. **Procedia Engineering**, v.164, p.269-276, 2016.

SULLIVAN, L. P. Quality function deployment: a system to assure that customer needs drive the product design and production process. **Quality. Progress**, p.39-50, Jun. 1986.

SUN, G. et al. An innovative TOPSIS approach based on hesitant fuzzy correlation coefficient and its applications. **Applied Soft Computing**, v.68, p. 249-267, Jul. 2018.

SUREEYATANAPAS, P. et al. Supplier selection towards uncertain and unavailable information: An extension of TOPSIS method. **Operations Research Perspectives**, v.5, p.69-79, Fev.2018.

TAMOSAITIENE, J. et al. A novel hybrid MCDM approach for complicated supply chain management problems in construction. **Procedia Engineering**, v.172, p.1137-1145, 2017.

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

TREVELEN, M.; SCHWEIKHART, S. B. A risk/benefit analysis of sourcing strategies: single vs. multiple sourcing. **Journal of Operations Management**, v. 7, n. 4, pp. 93-114, 1988.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

TUNCA, I. T.; WU, Q. Multiple sourcing and procurement process selection with bidding events. **Management Science**, v. 55, n. 5, pp. 763-780, 2013.

TURSKIS, Z. Multi-attribute contractors ranking method by applying ordering of feasible alternatives of solutions in terms of preferability technique. **Technological and Economic Development of Economy**. v.14, n.2, p.224-239, 2008.

VALLE, ANDRÉ B. et al. **Fundamentos do gerenciamento de projetos**. Rio de Janeiro: FGV, 2007.

VERRECCHIA, R. Essays on disclosure. **Journal of Accounting and Economics**, v. 22, p. 97-180, 2001.

VUKOMANOVIĆ, M.; YOUNG, M.; HUYNINK, S. IPMA ICB 4.0 — A global standard for project, programme and portfolio management competences. **International Journal of Project Management**, v.34, n.8, p.1703-1705, 2016.

WAGNER, A.; CECHIN, A. L. . The Extraction of Fuzzy Rules From Neural Nets trained with Robotic Forward Kinematics. **SCIENTIA - Revista do Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada**, UNISINOS, São Leopoldo -RS, v. 13, Fev. 2003.

WAGNER, S. Indirect and direct supplier development: performance implications of individual and combined effects. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v.57, n.4, p. 536–546, 2010.

WALTERS, J. Potential cost implications of contracting risks – the views of bus operators in South Africa. **Research in Transportation Economics**, v.69, p.235-244, Set. 2018.

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

WANG, A. et al. Group Decision Making Model of Urban Renewal Based on Sustainable Development: Public Participation Perspective. **Procedia Engineering**, v.145, p.1509-1517, 2016.

WANG, W., et al. Applying the AHP to support the best-value contractor selection – lessons learned from two case studies in Taiwan. **Journal of Civil Engineering and Management**. v. 19, p. 24–36, 2013.

WINTER, S.; LASCH, R. Environmental and social criteria in supplier evaluation – Lessons from the fashion and apparel industry. **Journal of Cleaner Production**. v.139, pp. 175-190, Dez. 2016.

WOOD, D. Supplier selection for development of petroleum industry facilities, applying multi-criteria decision making techniques including fuzzy and intuitionistic fuzzy TOPSIS with flexible entropy weighting. **J. Natural Gas Science and Engineering**, v.28, p.594-612, 2016.

- WU, C., BARNES, D. Formulating partner selection criteria for agile supply chains: A Dempster–Shafer belief acceptability optimization approach. **International Journal of Production Economics**, n.125, p. 284-293, 2010.
- 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, Dez. 2011.
- WU, Y.; CHEN, K.; ZENG, B.; XU, H.; YANG, Y. Supplier selection in nuclear power industry with extended VIKOR method under linguistic information. **Applied Soft Computing**, v. 48, p.444-457, 2016.
- XAVIER, C. M. **Gerenciamento de projetos**: como definir e controlar o escopo do projeto. Rio de Janeiro: Saraiva, 2005.
- XU, Z., ZHANG, S. An overview on the applications of the hesitant fuzzy sets in group decision-making: Theory, support and methods. **Frontiers of Engineering Management**, <https://doi.org/10.1007/s42524-019-0017-4>, 2019. No prelo.
- YAGER, R. R. Categorization in multi-criteria decision making. **Information Sciences**, v.460–461, p.416-423, Set. 2018.
- YU, H.; ZENG, A. Z.; ZHAO, L. Single or dual sourcing: decision-making in the presence of supply chain disruption risks. **Omega**, v. 37, n. 4, pp. 788-800, 2009.
- ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and Control**, v.8, p. 338-353, 1965.
- ZHANG, Y. Selecting risk response strategies considering project risk interdependence. **International Journal of Project Management**, v.34, n5, p. 819-830, Jul. 2016.
- ZHANG, F.; YANG, M.; LIU, W. Using integrated quality function deployment and theory of innovation problem solving approach for ergonomic product design. **Computers & Industrial Engineering**, v.76, p.60–74, 2014.
- ZHOU, W., XU, Z.. Expected hesitant VaR for tail decision making under probabilistic hesitant fuzzy environment. **Applied Soft Computing**, v.60, p.297-311, Nov.2017.
- ZHOU, W., CHEN, J., XU, Z., MENG, S. Hesitant fuzzy preference envelopment analysis and alternative improvement. **Information Sciences**, v.465, p.105-117, Out. 2018.
- ZOU, W. et al. Identifying the critical success factors for relationship management in PPP projects. **International Journal of Project Management**, v.32, n.2, p. 265-274, Fev.2014.

## APÊNDICE: FORMULÁRIO ELABORADO PARA COLETA DE DADOS

Identificação do decisor: \_\_\_\_\_

Área de atuação: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

### APRESENTAÇÃO DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa é desenvolver um modelo de tomada de decisão multicritério para a seleção de fornecedores no ambiente de desenvolvimento de projetos. Esse modelo segue no método hesitant *fuzzy* QFD, o qual permite que as avaliações dos fornecedores sejam feitas mediante julgamentos dados por expressões linguísticas como: “Muito baixo”, “Maior que baixo”, “Menor que alto”, “Baixo”, “Entre alto e muito alto” e “Pelo menos médio”.

A avaliação do desempenho dos fornecedores deve ocorrer de forma a considerar somente a percepção e experiência do entrevistado, não sendo necessário então considerar dados históricos de compras. O participante da pesquisa deve fornecer as seguintes informações:

- A. Escolher um conjunto de requisitos e critérios relevantes para o contexto da empresa;
- B. Avaliar o nível de importância (peso) dos requisitos definidos para uma gestão de projetos efetiva usando expressões linguísticas;
- C. Avaliar a intensidade de relacionamento entre os requisitos e critérios definidos;
- D. O grau de dificuldade da coleta de dados para cada um dos critérios definidos;
- E. O desempenho das alternativas de fornecimento segundo os critérios definidos.

## TABELAS PARA PREENCHIMENTO

## A) Escolha dos requisitos e dos critérios de decisão

Requisitos

Assinalar 4 requisitos de maior relevância para a seleção do(s) fornecedor(es) do projeto:

Tabela 1 - Lista de requisitos

1 ( )	Gerenciamento da integração	6 ( )	Gerenciamento dos recursos
2 ( )	Gerenciamento do escopo	7 ( )	Gerenciamento das comunicações
3 ( )	Gerenciamento do cronograma	8 ( )	Gerenciamento dos riscos
4 ( )	Gerenciamento dos custos	9 ( )	Gerenciamento das aquisições
5 ( )	Gerenciamento da qualidade	10 ( )	Gerenciamento dos stakeholders

Fonte: Elaborado pelo autor com base no guia PMBOK

Critérios

Assinalar os 10 critérios de maior relevância para a seleção do(s) fornecedor(es) do projeto:

Tabela 2 - Lista de critérios

1 ( )	Apoio a projetos comunitários	53 ( )	Garantia do produto / serviço
2 ( )	Ativos	54 ( )	Habilidade de gerenciamento de recursos humanos
3 ( )	Auditorias de segurança	55 ( )	Histórico de acidentes
4 ( )	Canais de comunicação	56 ( )	Honestidade
5 ( )	Capacidade de co-design	57 ( )	Imagem ambiental
6 ( )	Capacidade de desenvolvimento	58 ( )	Influência na indústria
7 ( )	Capacidade de design	59 ( )	Informação oportuna
8 ( )	Capacidade de entrega	60 ( )	Instituições educacionais
9 ( )	Capacidade de processo	61 ( )	Localização geográfica
10 ( )	Capacidade de produção	62 ( )	Materiais técnicos aceitáveis
11 ( )	Capacidade de resolução de problemas	63 ( )	Método de pagamento
12 ( )	Capacidade de resposta à mudanças	64 ( )	Nível de serviço
13 ( )	Capacidade em gerenciar o projeto	65 ( )	Nível tecnológico

- |        |   |        |   |
|--------|---|--------|---|
| 14 ( ) | Capacidade técnica                      | 66 ( ) | Orientação estratégica  |
| 15 ( ) | Características ecológicas              | 67 ( ) | Perfil do fornecedor  |
| 16 ( ) | Certificação ambiental                  | 68 ( ) | Poder de negociação   |
| 17 ( ) | Certificação de qualidade               | 69 ( ) | Poder financeiro  |
| 18 ( ) | Compatibilidade                         | 70 ( ) | Política de reembolso   |
| 19 ( ) | Competência ambiental                   | 71 ( ) | Políticas ambientais  |
| 20 ( ) | Competência técnica                     | 72 ( ) | Posição estratégica no mercado                                      |
| 21 ( ) | Competências únicas                     | 73 ( ) | Potencial para colaboração  |
| 22 ( ) | Compliance                              | 74 ( ) | Preço competitivo   |
| 23 ( ) | Compromisso com a melhoria da qualidade | 75 ( ) | Preço unitário do produto   |
| 24 ( ) | Compromisso com a redução de custos     | 76 ( ) | Produção de resíduo químico   |
| 25 ( ) | Compromisso de garantia de qualidade    | 77 ( ) | Produção de resíduo sólido  |
| 26 ( ) | Comunicação                             | 78 ( ) | Programas de redução de estoque                                     |
| 27 ( ) | Condição financeira                     | 79 ( ) | Programas de saúde  |
| 28 ( ) | Condições de pagamento                  | 80 ( ) | Programas de segurança  |
| 29 ( ) | Condições de trabalho                   | 81 ( ) | Qualidade (geral)   |
| 30 ( ) | Condições tecnológicas                  | 82 ( ) | Qualidade do produto  |
| 31 ( ) | Confiabilidade (geral)                  | 83 ( ) | Reciclagem  |
| 32 ( ) | Confiabilidade de entrega               | 84 ( ) | Relação com o fornecedor  |
| 33 ( ) | Confiabilidade do serviço               | 85 ( ) | Relacionamento com stakeholders                                     |
| 34 ( ) | Conformidade do produto                 | 86 ( ) | Relações governamentais   |
| 35 ( ) | Conhecimento técnico                    | 87 ( ) | Relações locais   |
| 36 ( ) | Consciência ambiental                   | 88 ( ) | Reputação   |
| 37 ( ) | Consumo de recursos                     | 89 ( ) | Resiliência   |
| 38 ( ) | Coordenação de projetos sociais         | 90 ( ) | Reutilização de embalagens  |
| 39 ( ) | Cultura organizacional                  | 91 ( ) | Rotatividade de estoques  |
| 40 ( ) | Custo                                   | 92 ( ) | Serviço   |
| 41 ( ) | Custo de atendimento de pedidos         | 93 ( ) | Sistemas de informação  |
| 42 ( ) | Custo de transporte                     | 94 ( ) | Suporte de gerenciamento sênior                                     |
| 43 ( ) | Descontos atraentes                     | 95 ( ) | Tempo de entrega  |
| 44 ( ) | Disponibilidade de tecnologia limpa     | 96 ( ) | Tempo decorrido desde o conceito até o lançamento de novos produtos |
| 45 ( ) | Emissão de carbono                      | 97 ( ) | Termo de pagamento  |
| 46 ( ) | Entrega integral no prazo               | 98 ( ) | Trabalho infantil   |



47 ( ) Estrutura para compartilhamento de informações	99 ( ) Tratamento dos riscos
48 ( ) Estrutura tecnológica	100 ( ) Treinamento de equipe
49 ( ) Facilidade de comunicação	101 ( ) Treinamento de segurança
50 ( ) Familiaridade com o produto	102 ( ) Uso de material favorável ao meio ambiente
51 ( ) Ferramentas e métodos de medição	103 ( ) Variação no preço
52 ( ) Flexibilidade nas condições de pagamento	104 ( ) Velocidade de resolução de problemas
	105 ( ) Volume médio de emissão de poluentes atmosféricos

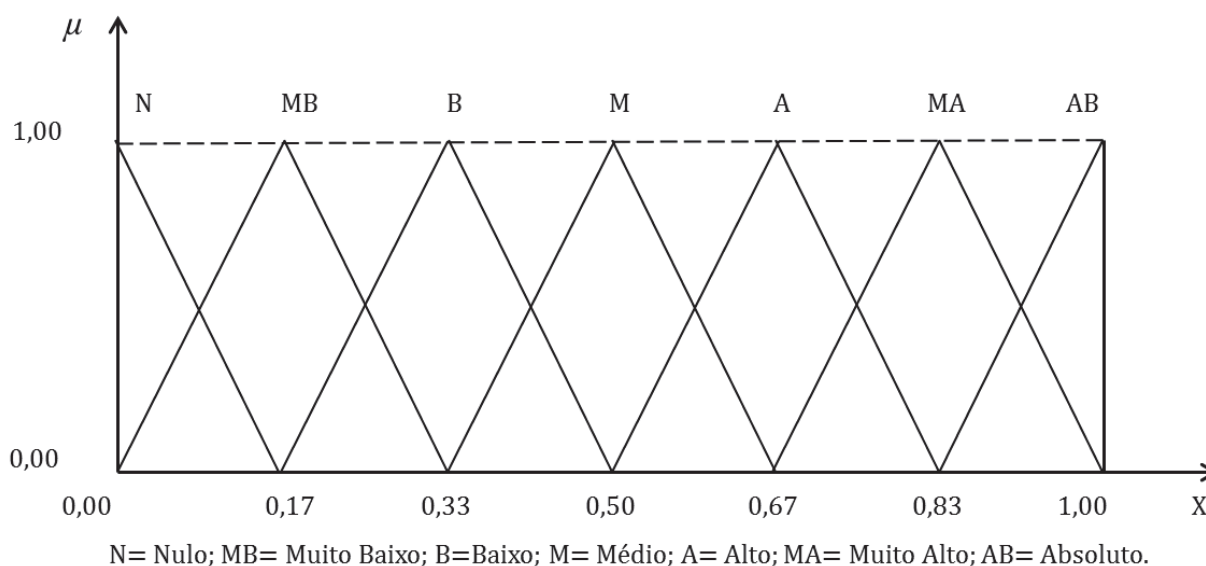
Fonte: Elaborado pelo autor

#### B) Nível de importância dos requisitos e critérios definidos

Para avaliar o nível de importância dos requisitos o entrevistado deve indicar na tabela uma ou mais classificações para cada requisito e critério, tendo como referência a seguinte escala de termos e expressões:

Escala de termos linguísticos.

Figura 1 - Conjunto básico de termos linguísticos definidos com sete termos



Fonte: Rodriguez, Martinez e Herrera (2013)

Expressões linguísticas usadas para avaliação dos requisitos, critérios e fornecedores.

Quadro 1 - Expressões linguísticas usadas para avaliação dos requisitos, critérios e fornecedores

Expressão	Exemplo de uso	Valores Selecionados
“No máximo...”	No máximo alto	Nada, muito baixo, baixo e alto
“Menor que..”	Menor que baixo	Nada e muito baixo
“Pelo menos..”	Pelo menos médio	Médio, alto, muito alto e absoluto
“Maior que...”	Maior que médio	Alto, muito alto e absoluto
“Entre ... e ...”	Entre baixo e alto	Baixo, médio e alto

Fonte: Baseado em Rodriguez, Martinez e Herrera (2013)

Funções usadas para conversão das expressões linguísticas em termos hesitant *fuzzy*:

- 1)  $E_{GH}(s_i) = \{s_i / s_i \in S\}$ ;
- 2)  $E_{GH}(\text{no máximo } s_i) = \{s_j / s_j \in S \text{ e } s_j \leq s_i\}$ ;
- 3)  $E_{GH}(\text{menor que } s_i) = \{s_j / s_j \in S \text{ e } s_j < s_i\}$ ;
- 4)  $E_{GH}(\text{pelo menos } s_i) = \{s_j / s_j \in S \text{ e } s_j \geq s_i\}$ ;
- 5)  $E_{GH}(\text{maior que } s_i) = \{s_j / s_j \in S \text{ e } s_j > s_i\}$ ;
- 6)  $E_{GH}(\text{entre } s_i \text{ e } s_j) = \{s_k / s_k \in S \text{ e } s_i \leq s_k \leq s_j\}$ ;

Tabela 3 - Nível de importância dos requisitos definidos

Nível de importância dos requisitos definidos	
Requisitos	Expressão
1	
2	
3	
4	

Fonte: Elaborado pelo autor

## C) Intensidade de relacionamento entre requisitos e critérios definidos

Para determinar a intensidade de relacionamento o entrevistado deve preencher a tabela, julgando a intensidade de relacionamento entre os requisitos e critérios, de acordo com a mesma lógica utilizada no item B.

Tabela 4 - Intensidade de relacionamento entre requisitos e critérios

		Intensidade de Relacionamento entre Requisitos e Critérios			
		Requisitos			
		1	2	3	4
Critérios					
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
12					

Fonte: Elaborado pelo autor

D) Grau de dificuldade da coleta de dados sobre os critérios definidos

O entrevistado deve avaliar a dificuldade na obtenção de informações sobre os critérios em relação a cada uma das alternativas de fornecimento, considerando os seguintes fatores:

- ✓ Disponibilidade de informações: as informações disponíveis, registros históricos ou conhecimento tácito dos tomadores de decisão;
- ✓ Recursos humanos e tempo necessário: o número de pessoas envolvidas no processo e o tempo necessário para a avaliação;
- ✓ Recursos adicionais: leva em conta qualquer outro recurso necessário, como a contratação de serviços de terceiros.

O preenchimento da tabela segue a mesma lógica dos itens B e C.

Tabela 5 - Grau de dificuldade da coleta de dados sobre os critérios definidos

<b>Grau de dificuldade da coleta de dados sobre os critérios definidos</b>				
<b>Critérios</b>		<b>Item</b>		
		1	2	3
		Disponibilidade de informações	Recursos humanos e tempo necessário	Recursos adicionais
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Fonte: Elaborado pelo autor

E - Desempenho das alternativas de fornecimento segundo os critérios definidos.

O entrevistado avalia o desempenho de cada uma das alternativas de fornecimento em relação aos critérios definidos, seguindo a mesma linha dos itens B, C e D.

Tabela 6 - Desempenho das alternativas de fornecimento em relação aos critérios

<b>Desempenho das alternativas de fornecimento em relação aos critérios</b>				
<b>Critérios</b>		<b>Fornecedor</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Fonte: Elaborado pelo autor