

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Marco Aurelio Stail Filho

MODELO MULTICRITÉRIO PARA DECISÃO LOCALIZACIONAL DE
UNIDADES INDUSTRIAIS

Porto Alegre

2019

Marco Aurelio Stail Filho

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA DECISÃO LOCALIZACIONAL DE
UNIDADES INDUSTRIAIS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Ricardo A. Cassel, *Ph.D.*

Porto Alegre

2019

Marco Aurelio Stail Filho

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA DECISÃO LOCALIZACIONAL DE
UNIDADES INDUSTRIAIS**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Ricardo Augusto Cassel, *Ph.D.*
Orientador PMPEP/UFRGS

Prof. Christine Tessele Nodari, Dr.
Coordenador PMPEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Prof. Carlos Navarro Fontanillas, Dr. - UFRJ

Prof. Cláudio José Müller, Dr. - UFRGS

Prof. Michel Jose Anzanello, *Ph.D.* - UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me abençoar e guiar na busca dos meus objetivos.

Aos meus pais, Marco e Mara, pelos esforços desmedidos para me proporcionar uma boa educação e formação.

À minha esposa e meu filho, Fernanda e Maximus, pelo apoio incondicional e compreensão nos momentos de ausência.

À Pandrol South América, na pessoa do seu diretor-presidente, Alexander Ellwanger, pelo incentivo ao meu desenvolvimento.

À Escola de Engenharia da UFRGS, na pessoa do orientador desta pesquisa, professor Ricardo Cassel, por proporcionar as bases que resultaram na materialização deste objetivo.

Ao professor Carlos Navarro Fontanillas, pelo interesse e contribuições para o avanço deste estudo.

Aos professores e colegas de mestrado, pelo aprendizado e troca de experiências. Em especial, ao Alessandro Coser, Heitor Carazza e Iuri Forte, pelo companheirismo e amizade cultivados além do ambiente acadêmico.

A todos aqueles que, de alguma maneira, colaboraram com a realização desta pesquisa e a conclusão do curso.

“You, me, or nobody is gonna hit as hard as life. But it ain’t about how hard you hit. It’s about how hard you can get hit and keep moving forward. How much you can take it and keep moving forward. That’s how winning is done!”

(Rocky Balboa)

RESUMO

A estratégia das empresas repercute diretamente definição sobre a localização geográfica de suas unidades industriais, sob diferentes aspectos: nível de proximidade da cadeia de fornecedores e clientes, visando racionalizar custos operacionais, logísticos e *lead times*; análise de competitividade, comparando o posicionamento de concorrentes e novos entrantes; programas de fomento ao desenvolvimento de determinadas regiões, através de incentivos fiscais e/ou estruturais; entre outros. Diante de tamanha complexidade, a busca por meios para sistematizar este tipo de decisão, ponderando as preferências do decisor, apresenta-se como uma medida pertinente para minimizar a suscetibilidade ao erro e às suas consequências. Foram empregados os procedimentos de *Design Science Research*, com o objetivo de estruturar um modelo multicritério que prestasse suporte a este problema de decisão. O desenvolvimento da pesquisa resulta na entrega de um artefato, validado em instâncias acadêmicas e organizacionais, o qual poderá auxiliar na decisão localizacional de unidades industriais.

Palavras-chave: tomada de decisão, multicritério, localização, unidades industriais.

ABSTRACT

Companies' strategy plays an important role in the designation of geographical localization of its industrial plants, over many aspects: proximity to suppliers and customers, aiming the reduction of operational costs, logistics and lead times; competitiveness analysis, comparing the position of competitors and new entrants; regional development programs, through fiscal and/or infrastructural grants; and others. Such complex scenario presents opportunities and pertinence of searching ways to systematize this kind of decision, taking into account the decision markers' preferences, in order to minimize the chances of errors and their consequences. Design Science Research procedures were applied, willing to structure a multicriteria model that gives support to this decision problem. The development of this research results in the delivery of an artifact, validated in academic and organizational instances, which can help in cases of industrial plants localization decision.

Keywords: decision making, multicriteria, localization, industrial plants.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estratégia para condução de pesquisas científicas	20
Figura 2 – Explicitação das aprendizagens e revisões do artefato	26
Figura 3 – Etapas do processo de tomada de decisão	33
Figura 4 – Vantagens do método AHP	54
Figura 5 – Sequência do AHP	56
Figura 6 – Fluxograma do método FITradeoff	66
Figura 7 – Perfis de consequências hipotéticas (AB)	67
Figura 8 – Perfis de consequências hipotéticas (CD)	68
Figura 9 – Perfis de consequências hipotéticas (C'D).....	69
Figura 10 – Síntese geração conhecimento revisão bibliográfica.....	79
Figura 11 – Estruturação hierárquica AHP.....	84
Figura 12 – Hierarquização do modelo	95
Figura 13 – Modelo multicritério de decisão localizacional (versão zero do artefato).....	99
Figura 14 – Modelo multicritério de decisão localizacional (versão 1.0 do artefato).....	102
Figura 15 – Preferências espontâneas dos critérios (AHP).....	107
Figura 16 – Preferências dos critérios com análise de consistência (AHP).....	108
Figura 17 – Vista aérea das instalações da alternativa A (Cachoeirinha).....	114
Figura 18 – Posicionamento geográfico Paraguai	123
Figura 19 – Análise de sensibilidade da quantidade de critérios.....	132
Figura 20 – Modelo multicritério de decisão localizacional (versão 2.0 do artefato).....	136

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo etapas DSR e adaptação autor.....	23
Quadro 2 – Características dos paradigmas Racionalista e Construtivista	43
Quadro 3 – Matriz de consequência	46
Quadro 4 – Exemplo de aplicação do método de Borda.....	63
Quadro 5 – Exemplo de criação de estímulos em Análise Conjunta	65
Quadro 6 – Síntese dos estudos para localização de instalações	87
Quadro 7 – Fatores explorados nos estudos de localização de instalações industriais e comerciais	89
Quadro 8 – Síntese das percepções capturadas no grupo focal	99
Quadro 9 – Etapas de aplicação do modelo ao caso	105
Quadro 10 – Escala fundamental para atribuição de pesos dos critérios e subcritérios (AHP)	107
Quadro 11 – Resumo preferências espontâneas dos subcritérios e com análise de consistência (AHP) ..	109
Quadro 12 – Escala para atribuição de pesos das alternativas (método de Borda).....	110
Quadro 13 – Preferências das alternativas (método de Borda).....	111
Quadro 14 – Resultado aplicação do modelo ao caso	126
Quadro 15 – Análise sensibilidade pesos dos critérios e subcritérios.....	128
Quadro 16 – Resultado com análise de sensibilidade dos pesos dos critérios e subcritérios.....	130
Quadro 17 – Resultado com análise de sensibilidade do julgamento de alternativas	132
Quadro 18 – Resultado com análise de sensibilidade da quantidade de critérios	133
Quadro 19 – Resultado com análise de sensibilidade da quantidade de alternativas.....	133

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.3 JUSTIFICATIVA	15
1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	17
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	18
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
2.1 METODOLOGIA DE PESQUISA	21
2.2 MÉTODO DE TRABALHO	23
2.2.1 Técnicas de Coleta de Dados	27
2.2.2 Técnicas de Análise de Dados	28
2.3 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO	29
3. REVISÃO DE LITERATURA	32
3.1 TEORIA DA DECISÃO	32
3.1.1 Processo Decisório	34
3.1.2 Modelos de Tomada de Decisão	35
3.1.2.1 <i>Modelo Racional</i>	36
3.1.2.2 <i>Modelo Comportamental</i>	37
3.1.2.3 <i>Modelo Processual</i>	37
3.1.2.4 <i>Modelo Político</i>	39
3.1.2.5 <i>Modelo Anárquico</i>	39
3.1.3 Informação	40
3.2 DECISÃO MULTICRITÉRIO	41
3.2.1 Problemáticas de Referência	43
3.2.2 Estruturas de Preferências	45
3.2.3 Critérios	45
3.2.4 Classificação dos Métodos Multicritério	46
3.2.5 Abordagem dos Métodos Multicritério	47
3.2.5.1 <i>Abordagem dos Métodos de Critério Único de Síntese</i>	47
3.2.5.2 <i>Abordagem dos Métodos de Sobreclassificação</i>	49
3.2.5.3 <i>Abordagem dos Métodos Interativos</i>	50
3.2.6 Métodos Multicritério	51
3.2.6.1 <i>MAUT</i>	51
3.2.6.2 <i>AHP</i>	53
3.2.6.3 <i>PROMETHEE</i>	57
3.2.6.4 <i>ELECTRE</i>	59
3.2.6.5 <i>Ponderação de Fatores e Fuzzy Logic</i>	60
3.2.6.6 <i>Método de Borda</i>	61
3.2.6.7 <i>Análise Conjunta</i>	63
3.2.6.8 <i>FITradeoff</i>	66
3.2.6.9 <i>Outros Métodos Multicritério</i>	70
3.2.7 Análise de Sensibilidade	72
3.2.7.1 <i>Alteração dos pesos relativos dos critérios</i>	73
3.2.7.2 <i>Alteração dos julgamentos das alternativas</i>	73
3.2.7.3 <i>Alteração na quantidade de critérios</i>	74
3.2.7.4 <i>Alteração na quantidade de alternativas</i>	75
3.3 DECISÃO LOCALIZACIONAL	75
4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO	80
4.1 MAPEAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	80
4.2 ANÁLISE DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO	81
4.3 DEFINIÇÃO DOS FATORES E DA HIERARQUIA DOS CRITÉRIOS	86
4.4 DEFINIÇÃO DO <i>SOFTWARE</i> AHP	96
4.5 GRUPO FOCAL	98

5. APLICAÇÃO DO MODELO EM UM CASO	104
5.1 ELICITAÇÃO DOS PESOS	104
5.1.1 Elicitação dos pesos dos critérios	106
5.1.2 Elicitação dos pesos dos subcritérios	108
5.1.3 Elicitação dos pesos das alternativas	110
5.2 DESCRIÇÃO DAS ALTERNATIVAS	112
5.2.1 Alternativa A (Cachoeirinha)	112
5.2.2 Alternativa B (Linhares)	116
5.2.3 Alternativa C (Ciudad Del Este)	120
5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS	125
5.4 REVISÃO DO MODELO DE APOIO À DECISÃO LOCALIZACIONAL DE UNIDADES INDUSTRIAIS.....	134
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
6.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	142
6.2 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	143
REFERÊNCIAS	
APÊNDICES	

1. INTRODUÇÃO

O processo de tomada de decisão está diretamente vinculado à rotina das organizações, envolvendo desde assuntos triviais relacionados ao chão de fábrica, até as definições estratégicas nas instâncias mais elevadas. Diariamente, centenas de decisões são tomadas dentro de uma empresa, seja pelos seus administradores, ou por seus colaboradores. E as escolhas feitas podem trazer repercussões internamente, no mercado e até na sociedade em geral.

Segundo Chiavenato (2003), a teoria das decisões foi lançada em 1947, por Herbert Simon, na tentativa de explicar o comportamento humano no mundo corporativo, através da sua obra *Administrative Behavior*. O estudo sobre o processo decisório organizacional tem sido objeto de investigação de acadêmicos e gestores corporativos. O fato de as decisões serem tomadas por pessoas torna este processo ainda mais complexo. Levando em conta o perfil do tomador de decisão, suas experiências, percepções, crenças e a influência do meio sobre o indivíduo, é praticamente impossível encontrar uma decisão perfeita. Logo, o que se deve buscar são as melhores alternativas diante da conjuntura encontrada, sendo que, na maioria dos casos, as variáveis e critérios são os mais diversos.

Foram desenvolvidos métodos e ferramentas que auxiliam na tomada de decisão. De acordo com Almeida (2013), os métodos de decisão multicritérios podem ser alinhados com diversas técnicas. Essa combinação se mostra pertinente, propiciando a avaliação comparativa de um conjunto de ações que irão suportar o processo de modelagem das preferências dos decisores, permitindo a inclusão de fatores subjetivos nas avaliações. Denota-se a conjugação dos métodos AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e Borda para solucionar problemas de decisão localizacional como algo inédito na literatura.

A escolha da localização de uma unidade de manufatura, particularmente, tem impactos significativos sobre o posicionamento das empresas, em termos de custos operacionais, agilidade na entrega, flexibilidade e aporte tecnológico para competir no mercado. Por exemplo, a proximidade da cadeia de fornecedores é um fator crítico para implementação do sistema de produção JIT (*Just-In-Time*) e de redes flexíveis de distribuição, que consistirão em redução de estoques e maior acuracidade na entrega. Esta decisão deve estar alinhada com o plano estratégico e contribuir para o sucesso no

atingimento dos objetivos financeiros, comerciais, de recursos humanos e produtivos da empresa (MOUNT, 1990).

1.1 PROBLEMA

Kotler (1998) conceitua o *Mix de Marketing*, também conhecido por composto de *Marketing*, como sendo o conjunto de variáveis controláveis que influenciam o comportamento dos consumidores, essencialmente embasado em quatro pilares: produto (objeto), preço (valor), promoção (comunicação) e praça (distribuição). Cada um dos pilares tem a sua importância, mas o último, particularmente, aborda como o produto é disponibilizado ao usuário final, a partir das relações com clientes, fornecedores e revendedores, estabelecendo as operações inerentes e os canais da cadeia logística da empresa. Aborda o potencial do ponto de venda de um comércio varejista, mas em um sentido mais amplo, contempla todas as operações de uma empresa, como a abrangência de uma fábrica ou centro de distribuição no acesso aos seus fornecedores e clientes.

A definição de Dornier *et al.* (2000) para operações industriais contempla qualquer processo físico que aceite entradas e use recursos para transformar essas entradas em saídas de valor. Mais especificamente, estas operações são um processo de planejamento, implementação e controle dos fluxos físicos e de informações, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, para atender as necessidades dos clientes, com eficiência em custos. Para os autores, logística é a gestão de fluxos entre as funções do negócio. Tradicionalmente, considera-se na definição de logística a simples entrada de matérias-primas e o fluxo de saída de produtos acabados. No entanto, esta definição se expandiu e inclui todas as formas de movimentos de produtos e informações (DORNIER *et al.*, 2000).

A importância da gestão de fluxos é evidente, tanto para as operações quanto para a logística das organizações, a qual deve contemplar a constante mudança dos ambientes de negócio e os reflexos sobre quatro fatores: mercado, concorrência, tecnologia e regulamentações governamentais (DORNIER *et al.*, 2000). A função principal da gestão de fluxos é otimizar as condições para o atingimento dos objetivos estabelecidos, considerando as variações nos fatores e os consequentes impactos. E entre as atividades,

procedimentos e definições que devem ser abordadas pela gestão de fluxos de uma organização, tem-se a decisão sobre a localização geográfica das operações.

A decisão sobre localização de *facilities* (instalações) vem recebendo crescente atenção dos meios acadêmico e corporativo, atraindo pesquisas com diferentes vieses: econômico, industrial, técnico e geográfico. O tema tem caráter estratégico, pois implica em compromissos de longo prazo e, normalmente, de natureza irreversível, englobando organizações que buscam definir ou redefinir a localização das suas operações, ou, ainda, expandi-las.

A seleção do local de uma unidade é um problema típico de decisão multicritério. Este tipo de problema permeia a gestão empresarial ao longo de décadas, onde as preferências dos tomadores de decisão sobre os critérios de escolha desempenham um papel fundamental na decisão final. Ao mesmo tempo, trata de um tema complexo e de extrema responsabilidade para os decisores nas organizações, pois deve considerar a diversidade de fatores inerentes a este processo, visando otimizar os fluxos (racionalizar as distâncias entre os entes da cadeia e, conseqüentemente, ser competitivo em custos). Com base no contexto apresentado, surge a questão de pesquisa deste trabalho: **como deve ser o modelo de apoio à decisão multicritério sobre a localização geográfica de unidades industriais, que possibilite a escolha da melhor alternativa disponível?**

No intuito de responder ao questionamento do parágrafo anterior, a hipótese a ser avaliada nesta pesquisa contempla um artefato constituído pelo modelo decisório processual, embasado nos preceitos da escola americana de decisão multicritério, com abordagem do critério único de síntese e aplicação conjunta dos métodos AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e Borda. Apesar da orientação fortemente vinculada ao paradigma racionalista, o artefato concebido por esta hipótese assume função de apoio ao processo decisório a que será aplicado, utilizando-se de uma característica inerente ao paradigma construtivista.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é propor um modelo para tomada de decisão multicritério sobre a localização geográfica de unidades industriais.

Os objetivos específicos são desdobrados em:

- Mapear os modelos de tomada de decisão, escolas (paradigmas) de decisão, problemáticas de referência, abordagens e métodos multicritério, a fim de determinar as características que se mostram mais favoráveis à solução do problema explorado pela pesquisa e que deverão compor o modelo.

- Identificar os fatores relevantes à decisão localizacional de parques fabris que devem ser contemplados no modelo.

- Validar os resultados obtidos, através da análise de grupo focal e aplicação do modelo em um caso prático, comparando-os com a perspectiva real da empresa avaliada.

1.3 JUSTIFICATIVA

O acirramento da competição pela permanência e crescimento de participação no mercado levou as empresas a procurar estratégias para reduzir custos, aperfeiçoar processos, racionalizar a utilização de recursos e, sobretudo, maximizar lucros. Este cenário tomou proporções ainda maiores com o fim da Guerra Fria e, principalmente, após o início do processo de globalização da economia, nas décadas de 1980 e 1990.

Este período é marcado pelo surgimento de inúmeras ferramentas de apoio à gestão organizacional, políticas de excelência no atendimento ao cliente, programas de controle da qualidade, consultorias externas, entre outras. Tudo isso visando proporcionar vantagem competitiva às empresas e seus produtos, em relação aos seus concorrentes. Esta dinâmica se tornou cada vez mais intensa e excludente, com o passar do tempo.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) indicam que 22,7% das empresas no Brasil fecham as portas no primeiro ano de funcionamento. Em um horizonte de até cinco anos, esta proporção sobe para 60,4%. Segundo Aguiar (2002, p.15), “a sobrevivência das empresas depende da sua capacidade de atender as necessidades dos seus clientes”. Para isso, elas devem ser capazes de promover mudanças rapidamente, de acordo com as demandas atuais do mundo globalizado. Para que as empresas sejam capazes de promover as mudanças necessárias, em tempo adequado, é preciso que tenham um sistema de gestão que as apoiem a enfrentar os desafios que irão encontrar.

Lousada e Valentim (2011) enfatizam a relevância das reflexões sobre a temática da tomada de decisão nas empresas, uma vez que as organizações necessitam, cada vez

mais, de decisões acertadas, em um espaço de tempo reduzido. A utilização de modelos de tomada de decisão proporciona aos gestores a compreensão ampliada da complexidade das estruturas organizacionais e de seus respectivos processos. Percebe-se a crescente relevância da pesquisa e desenvolvimento de modelos que culminem em técnicas de tomada de decisão organizacional baseadas em informação, sendo este o recurso fundamental para o referido processo. As organizações que não dispõem de informação para embasar as suas decisões estratégicas e a gestão do dia-a-dia dos seus negócios estão em posição de desvantagem, na comparação com os demais agentes do seu ambiente de competição: concorrentes, substitutos, fornecedores e clientes. Tanto pelo risco de ineficácia dos resultados, quanto pela falta de agilidade, quando o tempo for mínimo (PORTER, 2005).

Tendo em vista as particularidades inerentes a cada segmento, cada organização e seus respectivos modelos de negócios, é pertinente propor o desenvolvimento de modelos multicritério de apoio a processos decisórios de temas específicos, como é a definição da localização geográfica de um parque fabril, através da apuração de método, informações e variáveis que devam ser considerados para tanto. O meio acadêmico já apresentou contribuições neste sentido, ao aprofundar o assunto em pesquisas científicas, que propuseram modelos de decisão multicritério relacionados a este tópico, construídos a partir da combinação com ferramentas, tais como: MAUT (*MultiAttribute Utility Theory*), AHP (*Analytic Hierarchy Process*), PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations*), ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*), entre outros métodos multicritério.

Nos últimos anos, houve um sensível incremento no volume de estudos voltados à decisão localizacional, orientados para diversos segmentos: hospitais e centros de saúde, centros comunitários, terminais de carga e bases militares. Identificou-se também trabalhos dedicados à solução das necessidades do meio industrial: Lopez e Henderson (1989), Yang e Lee (1997), Cohen (2000), Partovi (2006), Fontanillas (2008), Petison e Johri (2008), Alves e Alves (2015). Porém, a maioria destes estudos apresentam abordagens direcionadas para casos ligados a determinados segmentos, como indústria automotiva e de processamento de alimentos. Sem dúvida, estes ramos têm grande relevância no cenário socioeconômico mundial. Ao mesmo tempo, eles possuem necessidades e características peculiares, inerentes aos seus respectivos ambientes, como a governança sobre a cadeia de fornecedores exercida pelas montadoras de veículos, o

acesso facilitado às matérias-primas sendo fundamental para as processadoras de alimentos, ou a pulverização geográfica do público consumidor percebida em ambas.

Um modelo concebido especificamente para estas conjunturas e replicado para analisar o caso de uma empresa de outro segmento, com características dissonantes, pode contemplar critérios e fatores que não são prioritários (ou também descartar fatores-chave), distorcendo as informações geradas e comprometendo o seu papel de promover e apoiar a tomada de decisão. As lacunas percebidas nas pesquisas prévias abrem precedente para a realização de novos estudos, a fim de atender demandas de organizações pertencentes a outros segmentos da indústria, de maneira mais ampla. Novas explorações deste tema deverão se ater ao contexto atual, onde é desejável a geração quase instantânea de *outputs* (resultados imediatos) e *outcomes* (efeito dos resultados), sem a exigência de maiores esforços para tanto. O modelo a ser desenvolvido nesta pesquisa buscará meios para obter informações suficientemente ágeis e robustas, que apoiem a decisão multicriterial sobre a localização geográfica de unidades fabris. A agilidade será concebida a partir de um fluxo que permita capturar as percepções do tomador de decisão de maneira dinâmica. A robustez será agregada com a revisão dos critérios mais recorrentes em estudos anteriores e a sua melhor combinação, culminado na proposição do rol de fatores a ser contemplado pelo modelo, com vistas a garantir a consistência do fluxo estabelecido para captura e processamento das informações. Com isso, ratifica-se a oportunidade e a relevância científica da pesquisa, contribuindo para o amadurecimento do tema e para a inovação na gestão empresarial.

1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

O estudo em questão aborda a estruturação de um modelo de decisão multicritério, que avalie comparativamente as localidades com potencial para o estabelecimento de unidades industriais e preste suporte ao processo de escolha da melhor alternativa disponível. A realização de análise sistêmica proporciona uma visão global sobre processo decisório e decisão multicritério. A partir desta visão, é possível estabelecer o conjunto de características mais aderentes à solução do problema e a relevância destas para o desenvolvimento da ferramenta. A análise sistêmica de publicações científicas sobre decisão localizacional permite a compreensão ampliada dos fatores relacionados e

os diferentes níveis de impacto dos mesmos na tomada de decisão. Isto se dá com o fim de propor a combinação de fatores que devem ser apreciados, pro meio da aplicação do modelo.

A consolidação do modelo desenvolvido pela pesquisa inicia com a concepção de um protótipo (versão zero), a partir do conhecimento acumulado pelo autor, através da revisão de literatura, observação direta e análise documental. A versão inicial do modelo passará por distintos processos de validação. Os momentos de validação mais representativos estão concentrados na realização de grupo focal e na aplicação do modelo em um caso. Estas etapas marcam a apresentação de novas versões do modelo ao longo da pesquisa, com alterações no fluxo, revisão de atividades e de conceitos empregados. À medida em que se progride com as etapas predefinidas na pesquisa, as oportunidades de ajustes e aprimoramentos ficam evidentes e são implementadas, gerando atualizações intermediárias do modelo, até a obtenção do produto final.

A validação através de grupo focal contempla a participação de especialistas na área pesquisada, vinculados à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, os quais contribuíram para o resultado apresentado na versão 1.0 do modelo. O outro processo de validação estabelecido aborda uma situação real, vivenciada por empresa do setor metalmeccânico, situada na cidade gaúcha de Porto Alegre. Os resultados obtidos com esta ação são expressos na versão 2.0 do modelo. Entende-se que as delimitações da pesquisa não a inviabilizam, pois foi identificado na literatura oportunidade para propor solução abrangente e consistente que auxilie na decisão sobre a localização de unidades industriais, podendo o resultado alcançado com a pesquisa ser utilizado pelas organizações, bem como servir de base para o aprofundamento do tema em novos estudos.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em seis etapas. O capítulo inicial introduz o tema, apresenta o problema, os objetivos da pesquisa, suas justificativas (relevância e contribuição), assim como a estrutura empregada para o seu desenvolvimento. Os procedimentos metodológicos de pesquisa e de trabalho, as técnicas adotadas para coleta e análise de dados e a descrição do cenário do caso são apresentados no capítulo 2.

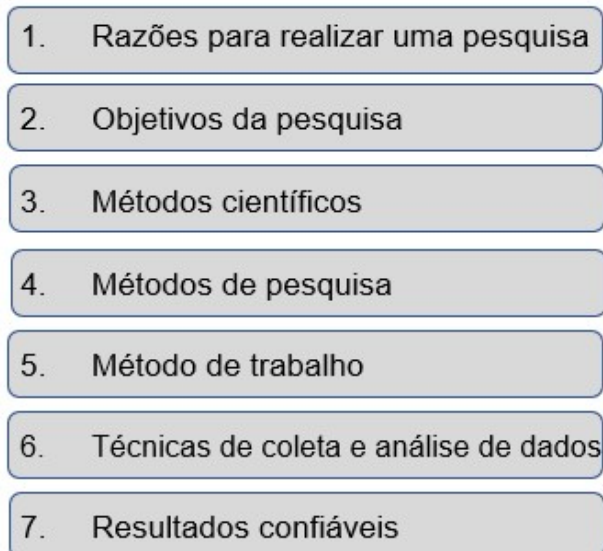
O capítulo 3 apresenta a base conceitual que irá nortear este estudo, construída a partir da revisão sistemática de literatura sobre teoria das decisões, processo decisório, modelos de tomada de decisão, os desdobramentos de decisão multicritério e decisão localizacional. Estes elementos serão de grande utilidade nas etapas seguintes, devendo aqueles que apresentarem maior aderência à solução do problema pesquisado fazer parte do modelo de apoio à tomada de decisão.

O capítulo seguinte contempla o avanço nas etapas do processo de construção do modelo de decisão multicritério sobre localização geográfica de parque fabril para empresas industriais. No quinto capítulo, o modelo proposto é aplicado em um caso para validação, integrado com a discussão geral sobre os resultados alcançados. O último capítulo expõe as conclusões, limitações da pesquisa e sugestões para pesquisas futuras.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Dresch *et al.* (2015) conceituam pesquisa como uma investigação sistemática, cujo objetivo central é o desenvolvimento ou refinamento de teorias e, em alguns casos, a resolução de problemas. Muitas vezes, a pesquisa se faz necessária diante da falta de informação adequada e sistematizada para responder a um determinado problema. Os métodos de pesquisa são definidos como um conjunto de passos reconhecidos pela comunidade acadêmica e utilizados pelos pesquisadores para construção do conhecimento científico (ANDERY *et al.*, 2004). Para Silva e Menezes (2005), a definição dos procedimentos metodológicos é fator primordial para o desenvolvimento exitoso de qualquer pesquisa, tendo em vista que estas definições irão nortear o seu planejamento. A estratégia para condução de pesquisas científicas proposta por Dresch *et al.* (2015), composta por sete etapas, é representada na Figura 1.

Figura 1 – Estratégia para condução de pesquisas científicas



Fonte: Dresch *et al.* (2015)

As razões para realização da pesquisa foram amplamente difundidas na seção de justificativa deste trabalho. O mesmo ocorre com os seus objetivos, que foram apresentados em seção designada para este fim, no capítulo de introdução. De acordo com Dresch *et al.* (2015), o método científico propõe as premissas sobre como o conhecimento é construído. Tendo em vista o ponto de partida da presente pesquisa – investigação de soluções que possam ser propostas para resolver uma situação de ordem prática, o método

abduativo apresenta maior adesão ao problema da pesquisa. O fluxo proposto por este método parte do estudo de fatos e criação de uma teoria para explicá-los, sugerindo hipóteses para determinado fenômeno. Para posterior teste de tais hipóteses, poderão ser utilizados outros métodos científicos (DRESCH *et al.*, 2015).

A abdução é um processo que aplica raciocínio criativo e, por isso, é o mais indicado para compreender um problema ou situação, sendo este método fator característico em descobertas científicas revolucionárias. Além do mais, trata-se do único método científico que permite a introdução de uma nova ideia (FISCHER; GREGOR, 2011). Por estas razões, o método abduativo será o método científico empregado. As próximas seções deste capítulo irão desdobrar os métodos de pesquisa e de trabalho adotados, bem como as técnicas de coleta e análise de dados e a descrição do cenário a ser explorado no caso.

2.1 METODOLOGIA DE PESQUISA

A definição do método de pesquisa e a justificativa da sua escolha auxiliam o pesquisador a garantir que a sua investigação, de fato, resolverá o problema da pesquisa. Além disso, também favorece o reconhecimento pela comunidade acadêmica, evidenciando a validade pragmática e confiabilidade da pesquisa para a área (DRESCH *et al.*, 2015). Silva e Menezes (2005) apontam as classificações clássicas de uma pesquisa, em função dos distintos pontos de vista: natureza, abordagem, objetivos, procedimentos técnicos.

Do ponto de vista da natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, dada a ênfase em reunir informações e proporcionar conhecimentos a serem aplicados posteriormente, na solução do problema enfrentado (BICKMAN E ROG, 2008). Quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa, tendo em vista que considera aspectos da realidade que não podem ser quantificados e que podem variar de acordo com a tomada de decisão. Em relação aos objetivos, é uma pesquisa exploratória que, de acordo com Gil (1991), busca aproximação com o assunto estudado, a fim de tornar o problema explícito ao leitor e possibilitar a formulação de hipóteses. A pesquisa exploratória contempla também o estudo de bibliografia e a possibilidade de entrevistar pessoas com experiência prática em contextos semelhantes, contribuindo para o entendimento do problema.

Segundo Lacerda *et al.* (2013), para garantir que uma pesquisa seja reconhecida como sólida e potencialmente relevante, tanto no campo acadêmico quanto para a sociedade em geral, ela deve demonstrar que foi desenvolvida com rigor e que é passível de debate e verificação. Neste âmbito, um método de pesquisa robusto é imprescindível para o sucesso na condução de um estudo. No tocante aos procedimentos técnicos, o *Design Science Research* (DSR) apresenta tais atributos e, por isso, é o método escolhido para condução desta pesquisa.

Para Dresch *et al.* (2015), quando o paradigma epistemológico é o *Design Science*, surge outro método de pesquisa: o *Design Science Research*. Diferentemente do que é percebido nos métodos de pesquisa fundamentados nas ciências tradicionais, que propiciam conhecimento puramente disciplinar e acadêmico (tipo 1), as pesquisas realizadas sob o paradigma do *Design Science* se mostram relevantes por construírem conhecimento transdisciplinar, voltado a resolução de problemas em contextos da aplicação (tipo 2), que pode ser a indústria, o governo ou até mesmo a sociedade, e que passa a ser produzido no momento em que alguém manifesta interesse na temática a ser estudada. Uma vez produzido, este conhecimento extrapola os limites das disciplinas individuais e da academia, além de diminuir as distâncias estabelecidas entre os meios acadêmico e organizacional. (GIBBONS *et al.*, 1994).

De acordo com Dresch (2013), o indivíduo que opta por seguir carreira na engenharia de produção tem como uma de suas atribuições a criação de coisas novas, ou a proposição de melhorias nos sistemas existentes, podendo auxiliar as organizações no alcance dos seus objetivos. O *Design Science Research* (DSR) apresenta relevantes contribuições auferidas às pesquisas em engenharia de produção, sendo recomendado quando o objetivo do trabalho é a resolução de um problema prático através da construção de um artefato. Neste caso, o artefato é o modelo para apoiar a decisão multicritério sobre localização geográfica de unidades industriais, a ser aplicado na prática, utilizando um caso para análise do artefato, conforme previsto nas etapas do DSR. Dresch *et al.* (2015) defendem que este método de pesquisa é particularmente adequado para investigação de problemas complexos dentro do contexto em que ocorrem (realidade) e que não há impedimento à utilização de casos para testar modelos, teorias ou hipóteses. Posteriormente, a continuidade dos passos estabelecidos pelo DSR possibilitará a proposição de soluções, a avaliação do artefato e a comunicação dos resultados encontrados (DRESCH, 2013).

2.2 MÉTODO DE TRABALHO

Esta etapa visa assegurar solidez, rigor e relevância da pesquisa, características inerentes aos procedimentos de *Design Science Research*. Para buscar uma solução para o problema, faz-se importante considerar as distinções feitas por Simon (1996), ao explicitar os conceitos de soluções ótimas (ideais) e soluções satisfatórias. Uma decisão ótima em um modelo simplificado raramente será ótima no mundo real. O tomador de decisão pode escolher entre decisões ótimas em um mundo simplificado, ou decisões suficientemente boas (que o satisfazem) em um mundo mais próximo da realidade (SIMON, 1996). Dresch *et al.* (2015) apontam que o DSR não se aplica na busca de uma solução ótima para os problemas, mas sim, por uma solução satisfatória. O Quadro 1 apresenta as doze etapas estabelecidas por Dresch (2013) para condução do DSR e as adaptações realizadas nesta pesquisa, as quais serão detalhadas a seguir.

Quadro 1 – Comparativo etapas DSR e adaptação autor

Etapas	Método proposto por Dresch (2013)	Método adaptado pelo pesquisador
1	Identificação do Problema	Escolha de uma situação complexa de interesse para academia e pesquisador
2	Conscientização do problema	Observação direta e revisão sistêmica de literatura, a fim de identificar estudos na área
3	Consulta as bases de conhecimento	
4	Busca por classes de problemas e artefatos existentes	Revisão sistêmica de literatura, a fim de identificar estudos na área
5	Proposição do Artefato	Desenvolvimento de modelo para decisão multicritério sobre localização geográfica de unidades industriais.
6	Projeto do Artefato	
7	Desenvolvimento do Artefato	
8	Análise do Artefato	Aplicação do artefato em um caso
9	Explicitação das Aprendizagens	Validação do artefato, através de grupo focal
10	Conclusões	Resultados da aplicação do artefato em estudo de caso e constatações do grupo focal
11	Generalização	Publicação da pesquisa para compartilhar conhecimento gerado
12	Comunicação dos Resultados	

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A primeira etapa compreende a identificação do problema, ou a procura por um problema de interesse do pesquisador e que possa ser otimizado (DRESCH, 2013). O problema estudado através do *Design Science Research* surge da carência percebida por um modelo estruturado de decisão multicritério sobre a localização geográfica de parques

fabris, que possa ser utilizado pelas empresas em geral. Os pontos levantados ao longo do capítulo 1 salientam o quanto este tipo de definição pode contribuir para o êxito das estratégias organizacionais. Através da observação direta do pesquisador, é possível a inserção no contexto e a conscientização sobre a relevância do problema, cumprindo a segunda etapa do DSR.

A etapa 3 traduz o entendimento de todos os aspectos do problema, tendo como apoio uma pesquisa ampla nas bases de conhecimento (DRESCH, 2013). Através de revisão sistemática da literatura, realizada no capítulo 3, foi possível atingir a compreensão em profundidade a respeito do tema e dos seus desdobramentos. É dado destaque a alguns artigos que requereram a sua leitura na íntegra para desenvolvimento de massa crítica que, posteriormente, foi um dos pilares para a construção deste trabalho. O critério para a escolha dos artigos foi baseado na abordagem de temas apresentados neste trabalho de forma combinada, sendo eles: processo decisório, decisão multicritério e localização geográfica. Também foi ocupada a observação direta sobre estes tópicos, para edificar o conhecimento a respeito do problema da pesquisa.

Segundo Dresch (2013), a busca por classes de problemas e artefatos existentes, explorados na etapa quarta etapa do DSR, tratam da procura na bibliografia sobre o que se tem na atualidade a respeito do tema proposto, bem como lacunas que ainda podem ser preenchidas. Para tanto, a revisão de literatura e a observação direta são novamente utilizadas como meio. Em suas explanações sobre teorias e fatos, Lakatos e Marconi (2003) advertem que a teoria serve para indicar os fatos e as relações que ainda não estão satisfatoriamente explicadas, em áreas da realidade que demandam pesquisa. É exatamente por a teoria resumir os fatos e também prever fatos ainda não observados, que se tem a oportunidade de indicar áreas não exploradas, ou fatos e relações que ainda não foram satisfatoriamente explicados. Antes de iniciar uma investigação, o pesquisador necessita conhecer a teoria já existente, pois este será o seu balizador para delimitar o campo mais carente de pesquisa (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Nas consultas às bases de produção científica, foi encontrado conteúdo razoável sobre decisão localizacional. As pesquisas realizadas neste campo cresceram consideravelmente nos últimos anos e alguns destes estudos se apresentam muito vinculados às características específicas de determinados segmentos, desconsiderando as particularidades de outros cenários. Este direcionamento restringe a amplificação dos resultados dos estudos para as organizações em geral. Diante das lacunas identificadas, é

pertinente propor o desenvolvimento de artefato que apoie a busca por uma solução prática para o problema de decisão multicritério sobre a localização geográfica de unidades industriais e que contemple o tema em todas as suas variáveis, podendo o mesmo ser aplicado abertamente em situações vivenciadas no meio corporativo.

As etapas 5, 6 e 7 abordam, proposição, projeto e desenvolvimento do artefato, respectivamente. Os primeiros passos da sua elaboração, o que permite a visualização do problema da pesquisa de forma mais evidente. Estas etapas são materializadas ao longo do quarto capítulo, através do(a):

- Identificação das características de decisão multicritério que se mostram mais favoráveis à solução do problema.
- Análise dos métodos multicritério, a fim de identificar os atributos que justifiquem a escolha e a incorporação ao modelo de apoio à decisão.
- Mapeamento dos fatores relevantes que devem ser contemplados no modelo e a estruturação dos mesmos em critérios e subcritérios.

Para a etapa 8 do DSR, de análise do artefato, aplicou-se a técnica de grupo focal, com a finalidade de apresentação e validação do mesmo, sendo possível promover a discussão a respeito do que está sendo proposto e as oportunidades de ajustes. Cabe salientar que, ao aplicar o grupo focal, não foram seguidos todos os procedimentos determinados pela literatura, sendo que a discussão ocorreu de forma livre e com perguntas direcionadas aos participantes, sem a presença de um moderador. O grupo de participantes foi composto por especialistas em decisão multicritério, os quais estão familiarizados com o problema da pesquisa, tendo contribuído para o direcionamento dado à mesma. Ao todo, foram cinco participantes, vinculados à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, responsáveis pelo desenvolvimento de pesquisas acadêmicas concentradas nas seguintes áreas de conhecimento: métodos quantitativos, logística, estatística, custos, processos e métodos multicritério. A duração do grupo focal foi de duas horas e o seu conteúdo foi gravado para auxiliar na captura de detalhes das falas dos participantes. O grupo focal é desdobrado ao longo do capítulo 4, quando também ocorre a entrega de alguns objetivos estabelecidos para a pesquisa e isto culmina na apresentação de versão revisada do modelo de apoio à decisão multicritério sobre a localização de unidades industriais (artefato versão 1.0).

A explicitação das aprendizagens está prevista na nona etapa do DSR. Promoveu-se a sua realização através da aplicação da versão do artefato validada pelo grupo focal a

um caso, cujo cenário é descrito na seção 2.3. O quinto capítulo é dedicado à exploração deste caso em detalhes. A caracterização das alternativas propicia a imersão dos agentes de decisão no problema enfrentado pela empresa, além de contextualizar o leitor e gerar insumos importantes para a análise dos resultados. A atribuição dos pesos dos critérios, subcritérios e alternativas é realizada com a aplicação de questionários (apêndices I, II e III) ao tomador de decisão. Os passos realizados, resultados obtidos com a aplicação do modelo a as respectivas análises são destacados no capítulo 5. Os ajustes necessários nas diferentes versões do artefato ao longo da evolução da pesquisa foram realizados, com base nas contribuições advindas da revisão sistêmica de literatura, observação direta, análise documental, grupo focal e aplicação em um caso, com posterior apresentação da versão 2.0 do artefato, conforme fluxo ilustrado na Figura 2. Para tanto, apresenta-se colocações a respeito das evoluções do artefato na seção 5.4, a partir das contribuições do grupo focal e da aplicação do modelo em um caso prático, além da comparação dos resultados obtidos com a perspectiva real da empresa avaliada.

Figura 2 – Explicitação das aprendizagens e revisões do artefato



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

De acordo com Dresch (2013), a etapa 10 desdobra as conclusões, tendo como saída as constatações pós análise dos resultados obtidos com a pesquisa. As limitações da pesquisa e as sugestões para estudos futuros complementam as disposições do capítulo 6.

As etapas 11 e 12 finalizam a sequência proposta pelo DSR, tratando da generalização e comunicação dos resultados. No intuito de compartilhar o conhecimento gerado com o meio acadêmico, serão verificados os meios para publicação da pesquisa nos canais competentes, atestando a utilização do modelo desenvolvido para tomada de decisão multicritério sobre a localização geográfica de unidades industriais.

O Quadro 1 sintetiza a comparação do método proposto por Dresch (2013) e as adaptações propostas pelo autor ao método de trabalho para esta pesquisa. Com base no que foi apresentado até aqui, as próximas etapas deste capítulo irão aprofundar as técnicas de coleta e análise de dados, além de apresentar o cenário a ser explorado no caso. Os capítulos seguintes avançarão na edificação do modelo e na sua validação.

2.2.1 Técnicas de Coleta de Dados

A escolha da técnica para coleta de dados deve ser bem realizada, a fim de garantir o correto entendimento da sua proposta. Dresch (2013) determina as técnicas normalmente utilizadas para coleção de dados em pesquisas na engenharia de produção: documental, bibliográfica, entrevista, questionário, grupo focal e observação direta.

Para identificar as características e requisitos essenciais à decisão multicritério sobre localização geográfica de parque fabril de indústrias, este trabalho adotou o procedimento técnico de referências, através de revisões sistemáticas de bibliografias consoantes ao tema, identificadas em livros, artigos, teses e dissertações (GIL, 1991). Os artigos foram obtidos através de buscas nas bases Emerald Insight, SCI-Hub e SCOPUS; as teses e dissertações foram encontradas nas bases da CAPES e universidades brasileiras; considerou-se os livros que se destacam na área de estudo.

A validação da versão inicial do artefato e os insumos utilizados para os ajustes na versão a ser aplicada no caso foram alcançados através de grupo focal com especialistas em decisão multicritério. Esta atividade foi realizada nas dependências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Os procedimentos adotados e os resultados obtidos serão delineados na seção 4.5 da pesquisa.

A investigação documental e a observação direta foram ocupadas para levantamento de dados a serem utilizados, quando da aplicação do modelo em uma situação real. Tais técnicas puderam ser implementadas, graças à outorga de acesso do autor às informações orgânicas da empresa objeto do caso e, também, em função das suas percepções acumuladas ao longo de anos atuando como colaborador desta organização. Para tanto, cumpriu-se integralmente com as disposições sobre confidencialidade estabelecidas na política de *compliance* da empresa.

Houve a aplicação de questionários ao tomador de decisão do problema explorado no caso. Estes foram concebidos no conceito de formulários (apêndices I, II e III), os

quais compõem o artefato em desenvolvimento nesta pesquisa. A estruturação dos documentos e a programação de como e quando os mesmos foram aplicados é desdobrada na seção 5.1.

2.2.2 Técnicas de Análise de Dados

Para Dresch (2013, p.62), “é nesta etapa que o pesquisador faz a interpretação dos dados coletados, a fim de obter as respostas necessárias a pesquisa”. Existem diferentes técnicas que podem ser empregadas, entre as quais se destacam: preditiva, prescritiva, descritiva e diagnóstica. As técnicas de análise podem ser implementadas de várias maneiras distintas, sendo bastante eficiente a adoção de ferramentas que auxiliem no processo.

A realização das transcrições sistêmicas da pesquisa bibliográfica propiciou acúmulo de conhecimento por parte do autor que, posteriormente, permitiu elencar as variáveis a serem consideradas no modelo proposto. Neste sentido, a técnica utilizada foi a análise descritiva do conteúdo. Esse tipo de técnica é utilizada para dar pronta resposta a pedidos que necessitam de uma melhor compreensão no momento em que são realizados. É uma maneira de visualizar as informações não para aplicações no futuro, mas sim no presente (VAN RIJMENAM, 2014).

Desta forma, foi possível avaliar qual problemática de referência, abordagem (escola) e combinação de métodos multicritério são mais aderentes às características do problema da pesquisa, entre as demais variáveis contempladas na construção do modelo para decisão multicritério sobre localização geográfica de parque fabril de indústrias. A construção da base conceitual, associada à orientação com especialistas, proporcionou conhecimento de aplicação prática e atesta o viés exploratório da pesquisa (CASTRO, 1977).

Os dados quantitativos e qualitativos, introduzidos na seção 2.3 e abordados em profundidade a partir do quinto capítulo do trabalho, foram obtidos em levantamentos preliminares cedidos pela empresa objeto do caso, ou oriundos de relatórios realizados por consultorias externas contratadas em distintos momentos. Os mesmos deram condições para analisar a viabilidade de mudança geográfica do parque fabril da empresa. Foi adotada a técnica de análise prescritiva para estas informações. A análise prescritiva não foca apenas em quê, porquê, como e quando. Mas também recomenda como tirar

máximo proveito das circunstâncias, determinando novas maneiras para operar, equilibrando as restrições e estabelecendo novos objetivos. Van Rijmenam (2014) define a análise prescritiva como o futuro da análise de negócios.

2.3 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO

Para o entendimento do contexto a ser avaliado no caso, é pertinente fazer um breve resumo da trajetória da empresa e do problema enfrentado por ela. Trata-se de uma companhia originalmente local e familiar, fundada na década de 1960, na cidade gaúcha de Porto Alegre, e que competia em âmbito nacional com o líder global no segmento de componentes para construção e manutenção de ferrovias. A posição do líder foi construída com presença maciça em mercados estratégicos, ao longo dos seus 80 anos de atuação, com 22 unidades fabris espalhadas pelo mundo e fornecimentos para mais 100 países. A empresa local teve seu controle acionário adquirido por este concorrente no final da década de 1990, o qual incorporou integralmente o seu capital social, anos mais tarde.

Até então, esta unidade atendia o território nacional e alguns negócios eventuais de exportação, relacionados estritamente ao portfólio de produção local. Com o ingresso do novo acionista, houve uma reorganização no modelo de negócios, que expandiu a sua abrangência de atuação para toda América do Sul, além da gestão de revenda do portfólio das empresas coligadas na região, incorporando outras três linhas de produtos. Tais mudanças repercutiram em alavancagem nos níveis de faturamento, sem o acompanhamento de crescimento da estrutura na mesma proporção e velocidade.

A planta atual possui área total de 5.500 m² (1.400 m² de área construída), com 4 linhas de produção operando em 3 turnos e 70 funcionários. Além da produção própria dos itens de aço, com capacidade anual de até 15 milhões de peças, a empresa desenvolve localmente a produção terceirizada dos demais componentes do seu portfólio, através de fornecedores homologados: itens fundidos, forjados, plásticos e compostos de borracha. Um dos indícios da saturação de área no site atual, foi a necessidade de contratação de um depósito externo para acondicionar os itens locais fabricados por terceiros e os itens importados das empresas coligadas (revenda de soldas, equipamentos e itens de eletrificação férrea). A fábrica está localizada nos limites da cidade de Porto Alegre, nos

arredores do Aeroporto Internacional Salgado Filho, região originalmente com vocação industrial, mas que vem se transformando em um polo de comércio e serviços (hotéis, prédios comerciais, estacionamentos, casas de eventos, locadora de veículos, etc.). O contrato de locação vigente data de mais de 20 anos e o seu valor está defasado em relação aos patamares atuais para a região. As possibilidades de expansão para prédios vizinhos são inviáveis do ponto de vista financeiro, em função dos valores praticados em novos contratos de locação, decorrentes da valorização. Além disso, a mudança do perfil da vizinhança aumentou as exigências com relação ao nível de ruídos, movimentação de carga e demais características típicas de uma indústria de transformação.

Apesar da expansão territorial, a empresa tem uma participação de mercado peculiar. A presença no mercado brasileiro já chegou a praticamente 100% e, atualmente, está ao redor de 70%. Neste caso, o desafio é neutralizar as investidas dos concorrentes (*players* locais, novos entrantes e importadores de produtos genéricos), que reduziram o seu *share* de mercado aos patamares atuais, nos últimos anos. Por outro lado, a empresa detém uma participação minoritária nos negócios dos demais países da América do Sul, sendo este um indício de dominância da concorrência no restante da região. O cenário identificado para os próximos anos apresenta oportunidades interessantes e potencial de novos projetos, o que deve ser levado em consideração.

Historicamente, a unidade sempre foi sediada em Porto Alegre, na região sul do Brasil. Trata-se de uma unidade enxuta e com bom desempenho operacional, porém com restrições para expansão da sua capacidade produtiva, tanto dos itens de aço, como da eventual internalização da produção de itens plásticos, oportunidade que está sendo avaliada paralelamente. Os fornecedores dos seus principais insumos estão situados na região sudeste do país. E as entregas para seus principais clientes, que até o momento ainda são na maioria brasileiros, estão concentradas no sudeste e nordeste do país. Com isso, as distâncias impactam os custos logísticos nas distintas etapas da cadeia (*inbound* e *outbound*, entradas de matérias-primas e insumos e saídas de produtos acabados ou itens de revenda). A necessidade premente de intensificar a atuação junto ao restante do mercado sul-americano requer que os fatores para definir a localização da fábrica também contemplem esta demanda adicional, sobretudo no que diz respeito às particularidades relacionadas à logística internacional. Os principais concorrentes no mercado nacional (fabricantes e importadores) estão estabelecidos na região sudeste.

Dada a impossibilidade de expansão da estrutura atual, as questões mercadológicas sinalizam a necessidade de uma nova estrutura, condizente com o tamanho atual e o potencial do negócio, a qual disponibilize área física para realizar as expansões de capacidade produtiva, novos desenvolvimentos, além de comportar os novos níveis de estoque. Isto está diretamente relacionado à oportunidade de revisão do posicionamento estratégico, com medidas contundentes para neutralizar os avanços da concorrência. Apesar de compreenderem este contexto, os acionistas solicitam outros atrativos para aprovação do projeto, os quais podem ser obtidos através de atributos oriundos da redução de custos operacionais e/ou logísticos, ou de incentivos estruturais e tributários, com fins de acelerar o retorno do investimento na mudança do site e a competitividade do negócio. À medida que se fizerem necessárias, informações complementares sobre o cenário poderão ser adicionadas, durante a aplicação do modelo no caso, desenvolvido no capítulo 5.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta a teoria das decisões, caracteriza o processo decisório, os diferentes modelos de tomada de decisão e explora os conceitos de informação e informação orgânica. Em seguida, aprofunda-se na decisão multicritério e em todos os meandros pertinentes ao tema. Aborda também a caracterização da decisão localizacional, reunindo os principais conceitos que servem de base ao avanço da pesquisa e atingimento dos seus objetivos, podendo requerer complementação nas etapas seguintes.

3.1 TEORIA DA DECISÃO

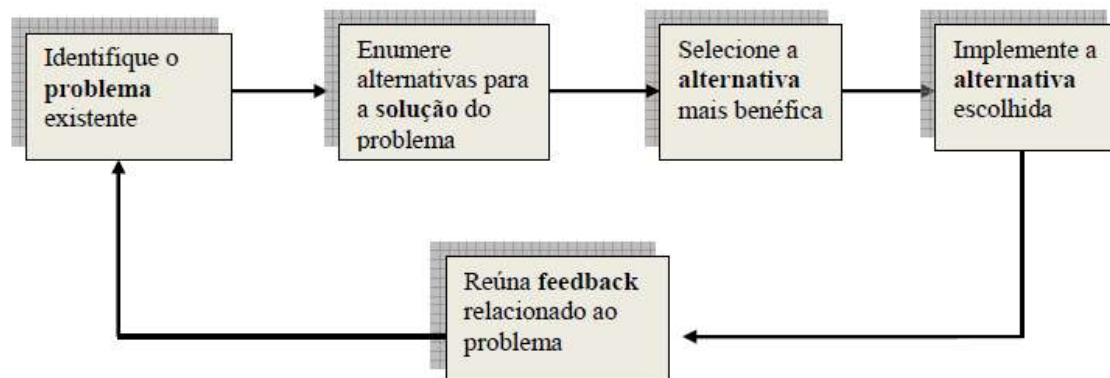
Segundo Simon (1997), a administração é tida como a arte “fazer as coisas”, com ênfase em processos e métodos para uma ação incisiva, mas com menor atenção para a escolha que prefacia toda a ação: a determinação do que deve ser feito, antes da realização em si. Embora qualquer atividade prática envolva tanto "decidir" quanto "fazer", não é comumente reconhecido que uma teoria da administração deva se preocupar com os processos de decisão, bem como com os processos de ação. Essa negligência talvez decorra da noção de que a tomada de decisões se limita à formulação da política geral. No entanto, o processo de decisão não chega ao fim quando o propósito geral de uma organização foi determinado. A tarefa de "decidir" permeia toda a organização administrativa tanto quanto a tarefa de "fazer" - está integralmente ligada à segunda. Uma teoria geral da administração deve incluir princípios de organização que assegurem a tomada correta de decisões, assim como devem incluir princípios que assegurem uma ação efetiva. Freitas e Kladis (1995, p.6) corroboram que “é impossível pensar a organização, sem considerar a ocorrência constante do processo decisório”.

A organização é um sistema de decisões, onde cada pessoa participa consciente e racionalmente, escolhendo e decidindo entre alternativas mais ou menos racionais que são apresentadas de acordo com sua personalidade, motivações e atitudes. Os processos de percepção das situações e o raciocínio são básicos para a explicação do comportamento humano nas organizações: o que uma pessoa aprecia e deseja influencia o que se vê e interpreta, assim como o que vê e interpreta influencia o que aprecia e deseja. Em outros termos, a pessoa decide em função de sua percepção das situações. “Em resumo, as

peessoas são processadoras de informação, criadoras de opinião e tomadoras de decisão”. (CHIAVENATO, 2003, p.348).

“Decisões são tomadas para resolver problemas, ou aproveitar oportunidades” (MAXIMIANO, 2009, p.58). Este processo inicia com uma situação de frustração, interesse, desafio, curiosidade ou irritação, gerada por um obstáculo para o atingimento de um objetivo, ou uma condição que deve ser corrigida, ou uma oportunidade a ser aproveitada. Do ponto de vista humano, há diferentes fatores que afetam o processo decisório: intuição, racionalidade e percepção. A atitude totalmente racional é utópica, pois nem sempre é possível acessar todos os dados disponíveis. Logo, é aceitável que haja situações que não são equacionadas por meio de regras, considerando sentimentos, experiências e estímulos. Para Maximiano (2009, p.71), “a diferença entre racionalidade e intuição está na proporção de informação, de um lado, opinião e sentimentos, de outro”. Quanto maior a base de informação, mais racional é o processo. E quanto maior a proporção de opiniões e sentimentos, mais intuitivo se torna. A racionalidade e a intuição são atributos humanos complementares e não concorrentes (MAXIMIANO, 2009). A fim de amenizar os fatores subjetivos, permitindo obter o melhor resultado possível e minimizar as chances de erro, Certo (2005) estabelece as etapas básicas do processo lógico de tomada de decisão, explicitados na Figura 3.

Figura 3 – Etapas do processo de tomada de decisão



Fonte: Certo (2005)

Simon (1997) complementa que cada decisão envolve a seleção de um objetivo e um comportamento relevante para ele. Essa meta pode, por sua vez, ser mediadora para um objetivo um pouco mais distante, e assim por diante, até que um objetivo relativamente final seja atingido. À medida em que as decisões conduzam à seleção dos

objetivos finais, elas são chamadas de juízos de valor. Quando envolvem a implementação de tais objetivos, são chamadas de julgamentos factuais.

3.1.1 Processo Decisório

Para Robbins *et al.* (2010, p.167) “a tomada de decisão ocorre em reação a um problema. Um problema existe quando se verifica uma discrepância entre o estado atual das coisas e seu estado desejável”. Certo (2005) complementa que decisão é a escolha feita entre duas ou mais alternativas disponíveis e que tomada de decisão é o processo de escolha da melhor alternativa. Contudo, trata-se de uma atividade suscetível a erros, já que sofre a influência das características pessoais do tomador de decisão.

Maximiano (2009) aponta dois tipos de decisões:

- **Programadas** (repetitivas): relativas a rotinas, que proporcionam economia de tempo e energia, evitando desgaste dos gestores na obtenção de soluções para problemas que já foram resolvidos antes. Um dos objetivos do processo decisório deve ser o de procurar criar o maior número possível de decisões programadas.

- **Não programadas** (únicas): preparadas uma a uma, para atacar problemas que as soluções padronizadas não são suficientes para resolver. Situações desconhecidas, que a organização está enfrentando pela primeira vez e permitem diferentes formas de resolução, com suas respectivas vantagens e desvantagens. Requerem um processo de análise sucessiva, desde o entendimento do problema até a tomada de decisão.

Chiavenato (2003) ressalta que toda decisão envolve seis elementos:

- **Tomador de decisão**: é a pessoa que faz uma escolha ou opção entre várias alternativas futuras de ação. Aquele a quem foi formal ou moralmente delegado o poder de decisão. Também chamado proprietário da decisão ou, simplesmente, decisor, é o responsável último pela decisão a ser tomada. Pode ser uma única pessoa ou um conjunto de indivíduos (um grupo, um comitê, uma companhia), a quem são dirigidas as recomendações sobre qual decisão deve-se tomar.

- **Objetivos**: aquilo que o tomador de decisão pretende alcançar com suas ações.

- **Preferências**: são os critérios que o tomador de decisão usa para fazer sua escolha.

- **Estratégia**: é o curso de ação que o tomador de decisão escolhe para atingir seus objetivos, dependendo dos recursos que pode dispor.

- **Situação:** são os aspectos do ambiente que envolve o tomador de decisão, alguns deles fora do seu controle, conhecimento ou compreensão e que afetam sua escolha.

- **Resultado:** é a consequência de uma estratégia.

De acordo com Roy (1996), o processo de tomada de decisão envolve confrontos entre as preferências dos diversos atores, com influência direta ou indireta. Dentre os atores, o papel central recai ao decisor por ser o responsável pela decisão e assumir suas consequências. Esse interveniente pode ser um indivíduo ou um grupo, a depender do modelo de decisão e da escolha do método. Os *stakeholders* são responsáveis por influenciar o decisor geralmente fazendo uso de pressão. E a terceira parte são os agentes que não participam da decisão, mas são afetados pelas suas consequências. Gomes (2007) apresenta outros dois participantes na prática decisória, além do tomador de decisão:

- **Agente de decisão** – indivíduo ou grupo de indivíduos que, direta ou indiretamente, realiza cálculos, gera estimativas, ordena preferências e juízos de valor que se empregam ao longo da análise de decisão.

- **Analista da decisão** – profissional conhecedor dos fundamentos e dos métodos da Teoria da Decisão, a quem se atribui a tarefa de administrar a estruturação do problema, sua análise e a produção de recomendações ao tomador de decisão. Pode-se também dizer que a modelagem e a resolução do problema são as atividades essenciais do analista da decisão, que, constantemente, interage com os agentes de decisão e com o próprio tomador de decisão.

Mesmo que, em última instância, a responsabilidade direta da decisão caiba ao tomador de decisão, é importante salientar que as funções desempenhadas pelo tomador de decisão e pelo analista da decisão são complementares.

3.1.2 Modelos de Tomada de Decisão

Habitualmente, o processo de tomada de decisão e a resolução de problemas são embasados em modelos preestabelecidos. Os modelos mais conhecidos do grande público são o racional, o comportamental e o processual, ainda que existam outros modelos, que se aplicam a determinados contextos e serão abordados a continuação.

3.1.2.1 Modelo Racional

Para Lousada e Valentim (2011), o modelo de tomada de decisão racional é o mais sistematizado e estruturado entre todos, pois pressupõe regras e procedimentos pré-definidos, que devem ser seguidos para se atingir um bom resultado. Há predomínio de sistemas fechados, cuja estrutura organizacional é altamente burocrática e as diretrizes da organização são definidas através de regras formais. Trata-se de um ato orientado para se alcançar os objetivos, por meio da solução de problemas. Um comportamento regulado por normas e rotinas, que permite que a organização aja de maneira procedimental e intencionalmente racional. As questões-chave deste modelo residem em:

- Qual é o problema?
- Quais são as alternativas?
- Quais são os custos e vantagens de cada alternativa?
- O que deve ser observado como padrão para tomar decisões em situações similares?

Stoner e Freeman (1992) explicam que o processo decisório não se encerra com a escolha da decisão. Após a escolha da melhor alternativa há o monitoramento da decisão, que se refere à análise e acompanhamento dos resultados obtidos da escolha implantada, tanto os positivos quanto os negativos.

Este modelo presume uma metodologia que pode ser aplicada em distintas situações, por se tratar de um método sistematizado, define bem as etapas a serem seguidas pelo decisor, cujo objetivo é obter um resultado satisfatório e, portanto, é de fácil aplicação e entendimento. Segundo Robbins *et al.* (2010, p.114), “quando enfrentam problemas simples, com poucas alternativas de ação ou quando o custo de procurar e avaliar alternativas são pequenos, o modelo racional oferece uma descrição bastante precisa do processo decisório”. Para Caravantes *et al.* (2005), no modelo racional o tomador de decisão detém informações perfeitas (relevantes e acuradas) e uma lista interminável de alternativas a serem escolhidas. Possui perfil lógico e tem sempre em mente os principais interesses da organização.

3.1.2.2 Modelo Comportamental

Caravantes *et al.* (2005) definem o modelo comportamental como o contraponto ao modelo racional. Neste modelo, o tomador de decisão dispõe de informações imperfeitas (incompletas ou imprecisas) e não contempla todas as alternativas possíveis (ou não as entende plenamente). Sua racionalidade é definida e restrita a valores, experiências e hábitos. Irá escolher a primeira alternativa minimamente aceitável.

Simon (1997) esclarece os aspectos fundamentais da lógica de escolha, distinguindo julgamentos de valor (que conduzem à seleção de objetivos finais) e julgamentos factuais (que envolvem a implementação de tais objetivos). Na confrontação de fatos versus valores, há de se considerar também a relação do indivíduo e do grupo na tomada de decisão e as influências sobre o indivíduo oriundas de fatores como autoridade, lealdade organizacional, eficiência, treinamento, conselhos e informações. A partir da relação de meios e fins com a tomada de decisão, Simon (1997) classifica as decisões baseadas no modelo comportamental em: objetivas, subjetivas, conscientes, deliberadas, organizacionais e pessoais.

3.1.2.3 Modelo Processual

Lousada e Valentim (2011, p.152) indicam que o modelo processual “apresenta várias semelhanças ao modelo racional e suas principais características são confluentes em muitos aspectos”. Porém, ele difere no quesito flexibilidade, outorgando aos decisores a realização de ajustes, quando necessário. As questões-chave do modelo processual são:

- Quais são as organizações que atuam nesse tipo de circunstância?
- Quais são as rotinas e procedimentos utilizados usualmente?
- Quais são as informações disponíveis?
- Quais são os procedimentos padrões utilizados nesses casos?

Para Choo (2006), este modelo se concentra nas fases, nas atividades e na dinâmica dos comportamentos decisórios. Com isso, acaba reunindo um número considerável de elementos: três fases decisórias principais, três rotinas de apoio às decisões e seis grupos de fatores dinâmicos. As três principais fases decisórias são:

- **Identificação:** reconhece a necessidade de tomar uma decisão e desenvolve a compreensão das questões implicadas na decisão. Consiste em rotinas de reconhecimento e rotinas de diagnóstico do problema.

- **Desenvolvimento:** de uma ou mais soluções para um problema, crise ou oportunidade. Consiste na busca (memória, passiva, armadilha, ativa) e rotinas de criação;

- **Seleção:** avalia as alternativas e escolhe uma delas.

As três rotinas de apoio no modelo processual são:

- **Rotinas de controle:** guiam o processo decisório e consistem em planejamento, determinam os limites do espaço da decisão.

- **Rotinas de comunicação:** reúnem e distribuem a informação, como parte do processo decisório.

- **Rotinas políticas:** importantes nos processos estratégicos, pois podem assumir a forma de barganha, de persuasão ou de cooptação.

Os seis grupos de fatores dinâmicos são:

- **Interrupções:** intervenções ambientais, tanto internas quanto externas.

- **Adiantamento de prazos:** acelerar o ritmo das atividades do processo decisório.

- **Adiamento de prazos:** diminuir o ritmo das atividades do processo decisório.

- **Feedback:** surge quando os responsáveis guardam os resultados de ações praticadas para serem usadas mais tarde.

- **Ciclos de compreensão:** necessários para lidar com questões complexas.

- **Ciclos de fracasso:** ocorrem quando não se consegue chegar a uma decisão (CHOO, 2006).

O modelo processual fornece uma estrutura pela qual as organizações podem administrar o fluxo dinâmico das atividades decisórias, antecipar e tirar vantagem das interrupções, dos bloqueios e da introdução de novas opções, que são aspectos inerentes à decisão estratégica. Quando os objetivos são claros, mas os métodos e as técnicas para atingi-los são incertos, a necessidade de tomar uma decisão dá início a um processo marcado por muitas interrupções e repetições. Apesar disso, o processo revela uma linha geral de desenvolvimento, cujo início se dá com o reconhecimento e o diagnóstico do problema, prossegue com a análise das alternativas, por meio de buscas de soluções prontas ou da criação de soluções customizadas, e termina com a avaliação e seleção de uma alternativa que deve ser autorizada ou aprovada (CHOO, 2006).

3.1.2.4 Modelo Político

O modelo político, inicialmente desenvolvido por Graham Allison (1971), percebe a política como o mecanismo de decisão, quando diferentes indivíduos ocupam diferentes cargos e posições, os quais exercem diferentes graus de influência, de modo que as decisões resultam mais dos altos e baixos da política do que de uma escolha racional. A sobreposição dos interesses das pessoas, dos grupos e das organizações compõem posições nas quais o indivíduo joga o jogo da decisão. Neste modelo, as ações e decisões são decorrentes da barganha entre jogadores que perseguem seus interesses, partindo de suas posições de influência, de acordo com as regras e com seu poder de permutar exercendo a influência de que dispõem (ALLISON, 1971).

Nioche *et al.* (1993) assegura que, na abordagem política, o conjunto de atores que formam a organização, através de indivíduos ou grupos deles, normalmente possuem interesses e objetivos próprios. Assim sendo, conduzem estratégias particulares a partir de uma situação própria, controlando diferentes recursos como: autoridade, status, recursos, ideias e informações. Diferentemente dos modelos anteriores, no modelo político os envolvidos possuem objetivos distintos, muitas vezes conflitantes entre si. Assim, a tomada de decisão é tida predominantemente por preferências do indivíduo, compreendido como sendo o mais influente.

Daft (2008) explica que o modelo político é útil para tomada de decisões não programadas (aquelas não rotineiras), quando as condições são incertas e a informação é limitada. Não há acordo entre os indivíduos sobre as metas a serem atingidas e o curso de ação a ser tomado.

3.1.2.5 Modelo Anárquico

Choo (2006) explica que o modelo anárquico de decisão pode ser comparado a uma lata de lixo, onde vários tipos de problemas e soluções são atirados pelos indivíduos, à medida que são gerados. “A decisão ocorre quando problemas e soluções coincidem” (CHOO, 2006, p. 295). As preferências usadas na tomada de decisão anárquica são mal definidas e incoerentes, não são sistematizadas como nos modelos racional e processual. “A organização trata as situações de forma obscura, assim como os processos e

procedimentos não são muito bem definidos, o que gera falta de entendimento e insegurança em seus colaboradores” (LOUSADA; VALENTIM, 2011, p.153).

Neste modelo, as organizações não apresentam coerência em relação às situações vivenciadas, visto que os problemas e as soluções são jogados pelos decisores e “as decisões resultam do encontro de correntes independentes de problemas, soluções, participantes e situações de escolha” (CHOO, 2006, p.297). Trata-se de um modelo que não segue nenhum tipo de estrutura, ou sequência, uma vez que é regido pelo acaso e pela sorte, onde as decisões são tomadas de três maneiras:

- **Resolução:** é a tomada de decisão que ocorre depois de se pensar sobre o problema, por determinado tempo.

- **Inadvertência:** uma escolha é adotada rápida e incidentalmente, para outras escolhas serem feitas.

- **Fuga:** ocorre quando os problemas abandonam a escolha, quando não há resolução do problema (CHOO, 2006).

3.1.3 Informação

Dada a relevância da informação e da sua acurácia para o êxito do processo decisional, faz jus a uma seção dedicada à sua caracterização. Na definição de Ferreira (1994, p.944), “informação é uma medida de redução das incertezas sobre determinado estado das coisas”. A informação é insumo do processo decisório empresarial, tendo papel fundamental para qualquer modelo de gestão. Para tomar a decisão certa, o gestor deve possuir informações internas, externas, selecionadas, tratadas, organizadas e acessíveis, de forma que propicie a redução das incertezas. Louzada e Valentim (2011) enfatizam a importância do acesso à informação no tempo certo, de fonte confiável e consistente.

Nomeia-se informação orgânica aquela produzida no ambiente interno de uma organização, visto que é gerada em decorrência do cumprimento das funções organizacionais, pelos seus próprios colaboradores que, ao mesmo tempo, são produtores e consumidores. Trata-se de um dos elementos que subsidia o processo decisório. Está presente em todos os níveis organizacionais (estratégico, tático e operacional), sendo gerada em todos os setores e por todas as pessoas que nela atuam. É um recurso informacional acessível somente pela própria organização, fato que a torna um recurso informacional estratégico, principalmente após análises diferenciadas em que é possível

agregar valor à informação original, transformando-a em um insumo informacional diferenciado (LOUSADA; VALENTIM, 2011).

Destaca-se alguns tipos de informação orgânica em ambientes organizacionais: diretivas, relatórios, planejamentos, programas, normas, procedimentos, orçamentos, balanços financeiros, atas, contratos, processos de clientes, processos de contratação de pessoal, entre outros (ROUSSEAU; COUTURE, 1998). Identificar os tipos de informações produzidas internamente permite aos gestores de uma organização detectar possíveis desvios e/ou gargalos de fluxos informacionais, que possam vir a prejudicar a dinâmica organizacional, a qual engloba o processo decisório. Este tipo de informação se constitui em um dos fatores responsáveis pela sobrevivência das organizações, visto que desempenha papel relevante no processo decisório, propiciando ao gestor conhecimento sobre os pontos fortes e fracos da organização e, conseqüentemente, proporciona mais segurança no momento da decisão em relação aos riscos e incertezas, influenciando diretamente no desempenho da organização (LOUSADA; VALENTIM, 2011).

3.2 DECISÃO MULTICRITÉRIO

Segundo Vincke (1992), a decisão multicriterial surgiu na segunda metade do século XX, combinando técnicas e métodos para auxiliar as pessoas e as organizações em problemas de decisão, onde são considerados diversos pontos de vista. Zeleny (1982) aponta que os métodos multicritério correspondem a abordagens que auxiliam na organização e síntese das informações em um processo de decisão, visando uma solução satisfatória, que é dificultada pela presença de critérios conflitantes.

Um problema de decisão multicritério representa uma situação em que há pelo menos duas ações para se optar e deve focar na satisfação de múltiplos objetivos (ALMEIDA, 2013). Um processo que resulte numa boa decisão requer uma seqüência lógica daquilo que se deseja. Este desejo fica evidente, a partir das preferências que se tem pelas várias conseqüências das decisões, que distribuídas no tempo, podem ser incertas, dependendo do que se sabe com relação às alternativas e daquilo que se pode fazer através das alternativas disponíveis (CAMPELLO DE SOUZA, 2007).

Para Zeleny (1982), no problema de decisão multicritério não há uma solução que seja a melhor para todos os critérios simultaneamente. Busca-se a solução de melhor

compromisso diante da avaliação dos critérios. Costa *et al.* (2012) complementam que os métodos multicritérios amparam o processo de escolher, classificar ou ordenar as potenciais ações, agregando múltiplos aspectos no processo. Nestas abordagens, o caráter científico se alinha ao enfoque subjetivo, permitindo que a solução agregue características quantitativas e qualitativas, facilitando o entendimento do problema.

Parreiras (2006) aponta que um problema de decisão multicritério contempla os seguintes elementos básicos:

- **Conjunto A de alternativas (ações, opções ou possíveis soluções).** Nos problemas classificados como discretos, tal conjunto corresponde a uma lista discreta, finita e geralmente pequena, em que cada elemento $a \in A$ corresponde a uma opção. Em problemas de decisão originados no contexto da otimização multiobjetivo, este conjunto corresponde a um subconjunto de k , em que cada alternativa corresponde a um vetor de variáveis de otimização $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k)$. Nesse tipo de problema, classificado como contínuo, A tende a ser mais denso do que nos problemas discretos, sendo frequentemente contínuo e limitado apenas por restrições matemáticas.

- **Conjunto de consequências (efeitos ou atributos).** A decisão final exige que as alternativas sejam comparadas entre si, levando em conta os efeitos da implementação de cada uma delas. Assim, em problemas discretos, cada alternativa $a \in A$ pode ser descrita por suas consequências ou atributos (a_1, a_2, \dots, a_m) . No contexto específico da otimização multiobjetivo, cada alternativa a corresponde a um vetor de parâmetros de otimização \vec{x}_a e suas consequências podem ser definidas a partir da avaliação das funções objetivo $(f_1(\vec{x}_a), f_2(\vec{x}_a), \dots, f_m(\vec{x}_a))$.

- **Conjunto C de critérios.** São esses critérios que regem as comparações entre alternativas. Cada critério representa um ponto de vista, segundo o qual as comparações são realizadas, sendo modelado, na prática, por uma função $ci(.) : A \rightarrow \mathbb{R}$, que associa um número a cada alternativa. Esse número deve refletir a nota dada pelo decisor à alternativa, considerando o efeito de sua implementação, segundo somente esse ponto de vista. Vale ressaltar que é admissível que uma ou mais consequências da implementação de uma alternativa se refiram ao mesmo critério.

Na literatura, MCDA (*Multiple Criteria Decision Aid*) e MCDM (*MultiCriteria Decision Making*) muitas vezes são tratados como sinônimos. Ensslin *et al.* (2001) explicam que os métodos voltados ao apoio à decisão (MCDA) adotam o construtivismo, ao contrário dos métodos voltados à tomada de decisão (MCDM) que seguem o

paradigma racionalista. O Quadro 2 apresenta um comparativo entre as principais características dos paradigmas racionalista e construtivista.

Quadro 2 – Características dos paradigmas Racionalista e Construtivista

	PARADIGMA RACIONALISTA	PARADIGMA CONSTRUTIVISTA
TOMADA DE DECISÃO	Momento em que ocorre a escolha da solução ótima	Processo ao longo do tempo envolvendo interação entre os atores
DECISOR	Totalmente racional	Dotado de sistema de valores próprio
PROBLEMA A SER RESOLVIDO	Problema real	Problema construído (cada decisor constrói seu próprio problema)
MODELOS	Representam a realidade objetiva	Constituem ferramentas aceitas pelos decisores como úteis no apoio à decisão
RESULTADOS DOS MODELOS	Soluções ótimas	Recomendações que visam a atender aos valores dos decisores
OBJETIVO DA MODELAGEM	Encontrar a solução ótima	Gerar conhecimento aos decisores sobre seu problema
VALIDADE DO MODELO	Modelo é válido quando representa a realidade objetivamente	Modelo é válido quando serve como ferramenta de apoio à decisão
PREFERÊNCIA DOS DECISORES	São extraídas pelo analista	São construídas com o analista de decisão
FORMA DE ATUAÇÃO	Tomada de decisão	Apoio à decisão

Fonte: Ensslin *et al.* (2001)

Ensslin *et al.* (2001) afirmam que as considerações válidas para um paradigma podem ser consideradas completamente inválidas para outro, já que o objetivo e a validação dos modelos são totalmente diferentes. A busca pelo ótimo idealizada no racionalismo é inválida aos praticantes do construtivismo. Logo, uma vez escolhido o paradigma a ser utilizado, faz-se necessário seguir as suas normas, não sendo possível mitigar os paradigmas.

3.2.1 Problemáticas de Referência

Nos problemas de decisão, o decisor deseja realizar uma escolha sobre as alternativas, de acordo com uma das problemáticas – aqui uma problemática diz respeito

à forma de classificar o tipo do problema de decisão, a partir de como o decisor deseja comparar as alternativas do conjunto em questão (ALMEIDA, 2013). Estabelecer a problemática de referência compreende o tipo de solução que se deseja dar ao problema decisório em questão. De acordo com Roy (1996), existem quatro tipos de problemáticas:

- **Problemática de escolha $P.\alpha$** , em que se almeja estabelecer um subconjunto com as melhores alternativas de todo o espaço de ações possíveis (para escolher uma alternativa).

- **Problemática de classificação $P.\beta$** , que tem como objetivo a alocação das alternativas em classes ou categorias definidas *a priori* (segmenta o conjunto, obedecendo determinadas normas).

- **Problemática de ordenação $P.\gamma$** , onde as ações são colocadas em uma ordem decrescente, da melhor para a pior.

- **Problemática de descrição $P.\delta$** , que ajuda na decisão através da descrição das ações e o seu conjunto de consequências, agregando as informações necessárias para que o decisor possa entender as características de cada ação.

Belton e Stewart (2002) acrescentam outras duas classes:

- **Problemática de portfólio**, que tem por finalidade a escolha de um subconjunto de alternativas dentre um conjunto de possibilidades, considerando as características individuais para cada alternativa e a forma como elas interagem.

- **Problemática de *design***, cujo objetivo consiste em procurar, identificar ou criar novas alternativas de decisão, de acordo com as metas estabelecidas.

Em linhas gerais, não existe relação de superioridade de nenhuma das problemáticas sobre as demais. O estudo cuidadoso da natureza do problema a ser analisado conduzirá à escolha da opção mais adequada (ROMERO, 1996). Considerada a mais tradicional, a problemática de escolha ($P.\alpha$) consiste no seguinte processo: dado um conjunto de alternativas A prover o menor conjunto possível A' , que corresponda às melhores ações. Como resultado, quando A' corresponde a um único elemento, incorre-se no caso particular de otimização (ROY, 1996). Segundo Gomes *et al.* (2008), analisar um problema decisório sob esta ótica implica que o decisor estará separando, dentro de um conjunto de alternativas, uma ou várias delas para compor o conjunto de opções viáveis consideradas boas. Este tipo de análise contribui para o descarte das opções inadequadas para a decisão e evidencia a melhor alternativa, do ponto de vista racional.

3.2.2 Estruturas de Preferências

Segundo Vincke (1992), as estruturas de preferências são responsáveis pela modelagem de preferência do decisor através de relações binárias. É necessário identificar a subjetividade dos atores, ressaltando suas percepções individuais. Um modelo de preferência satisfaz a representação formal de comparações entre as ações. Confrontando duas ações A e B, um decisor pode manifestar opiniões como: indiferença entre as ações, preferência por uma das ações ou rejeição entre elas (VINCKE, 1992). De acordo com Roy (1996), tais comparações resultam no sistema básico de relações de preferências, constituído por quatro conjunturas:

- **Indiferença (I):** satisfaz a existência de razões claras e objetivas que justifiquem a equivalência entre duas ações.

- **Preferência Estrita (P):** obedece a existência de razões claras e objetivas que justifiquem uma preferência significativa em favor de uma (bem identificada) das duas ações.

- **Preferência Fraca (Q):** corresponde à existência de razões claras e objetivas que invalidem a preferência estrita em favor de uma (bem identificada) das duas ações, mas essas razões são insuficientes para diferenciar uma preferência estrita em favor da outra, ou uma indiferença entre essas duas ações. Consequentemente, não é possível diferenciar nenhuma das duas situações precedentes.

- **Incomparabilidade (R):** satisfaz a existência de razões claras e objetivas que justifiquem qualquer uma das três situações precedentes.

Nas relações de preferências, para cada par de ação de A, pelo menos uma dessa coleção é aplicada (princípio da exaustividade); e, para cada par de ação de A, não pode haver justaposição com outra relação, tendo por base o princípio da exclusividade (ALMEIDA, 2013).

3.2.3 Critérios

Para Vincke (1992), os critérios devem obedecer ao princípio da exaustividade, sem que haja redundância. Um critério é uma função G , dado um conjunto A de preferências do decisor. A avaliação de uma alternativa a em relação ao critério I é representada por $GI(a)$, que por sua vez apresenta diversas classificações, como:

- **Critério verdadeiro:** corresponde ao modelo tradicional e requer uma pré-ordem completa na estrutura de preferência.

- **Semicritério:** associa-se a uma semiordem para a modelagem de preferência, que corresponde a presença de um limiar.

- **Critério de intervalo:** requer modelagem de preferência associada a uma ordem de intervalo, relativa ao modelo com limiar variável ao longo da escala de valor.

- **Pseudocritério:** a estrutura de preferência assume uma pseudo-ordem, que corresponde a um modelo de duplo limiar.

Nos modelos multicritérios, quando as ações e os critérios para julgamento são conhecidos, é possível formular uma matriz de decisão, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Matriz de consequência

Alternativas	Critérios			
	C_1	C_2	...	C_m
a_1	$v_1(a_1)$	$v_2(a_1)$...	$v_3(a_1)$
a_2	$v_1(a_2)$	$v_2(a_2)$...	$v_3(a_2)$
...
a_n	$v_1(a_n)$	$v_2(a_n)$...	$v_3(a_n)$

Fonte: Almeida (2013)

O procedimento intracritério incide na avaliação de cada ação I para todo critério J, resultando numa função $VJ(AI)$ para ponderar as consequências (*payoffs*) entre tais elementos. A avaliação intercritério, por sua vez, corresponde à análise entre as ações e pode ser realizada de duas formas: por um *score* (valor) global para cada ação; ou por um procedimento que permita a comparação entre as ações, sem a atribuição de um valor pleno (ALMEIDA, 2013).

3.2.4 Classificação dos Métodos Multicritério

Os métodos de decisão multicritério podem ser rotulados de diversas formas. Segundo Almeida (2013), a classificação do método quanto à natureza do conjunto de alternativas pode ser:

- **Discreto:** abrangendo os problemas de ordem gerencial, dotados de ações discretas (poucas alternativas).

- **Contínuo:** englobando os métodos que usam programação matemática (muitas alternativas).

Os métodos multicritérios ainda podem ser divididos em:

- **Compensatórios:** nestes prevalecem a ideia de *trade-off*, que compensa um pior desempenho de uma ação em certo critério por um melhor desempenho em outro critério;

- **Não compensatórios:** é o caso contrário, quando não há *trade-off* entre os critérios (ALMEIDA, 2013).

3.2.5 Abordagem dos Métodos Multicritério

Pardalos *et al.* (1995) propõem a divisão dos métodos multicritérios em três conjuntos:

- Métodos de critério único de síntese
- Métodos de sobreclassificação
- Métodos interativos

Vincke (1992) corrobora tal classificação, considerando indistintos os limites entre as três abordagens. Os conceitos de cada abordagem serão aprofundados, com vistas a identificar aquele que melhor pode contribuir para o problema da pesquisa.

3.2.5.1 Abordagem dos Métodos de Critério Único de Síntese

De acordo com Parreiras (2006), o critério único de síntese é considerado a abordagem clássica na análise multicritério. Desenvolvida por pesquisadores da escola americana, é fundamentada em modelos matemáticos restritivos e axiomáticos rígidos, que determinam como o decisor deve agir para que sua decisão seja racional (KEENEY; RAIFFA, 1976). Em contrapartida, teve contribuições nos campos da psicologia, da sociologia e da ciência cognitiva, que levaram ao desenvolvimento de outros modelos multicritérios, reunidos na escola francesa ou europeia (PARREIRAS, 2006).

Conforme Roy (1996), o facilitador tem por objetivo descrever um sistema de preferências e elaborar prescrições com base em hipóteses normativas validadas pela realidade descrita. A modelagem das preferências é feita através da construção de uma função de agregação. Azevedo (2001) assinala cinco formas de agregação e, para cada uma delas, o problema consiste em explicitar as hipóteses e os axiomas capazes de

justificar seu uso, em um dado contexto. As hipóteses e axiomas tratam principalmente com o que está na mente do decisor, desde que a função valor (utilidade) reflita exatamente quais são as preferências do decisor. Além disso, estas hipóteses e axiomas também tratam da natureza da informação (relativo às grandezas representadas por uma escala ordinal, medidas exatas sobre uma escala de intervalos, variáveis randômicas, etc.), expressas em valores de desempenho numérico. Desta maneira, é função do facilitador identificar uma forma de representar as preferências do decisor de acordo com as formas de agregação existentes (AZEVEDO, 2001).

- (1) **Forma geral aditiva:**
$$U(a) = \sum_{j=1}^n w_j [g_j(a)] ,$$
 onde, $w_j(g_j(a))$ é uma função não decrescente de $g(a)$.
- (2) **Soma ponderada:**
$$U(a) = \sum k_j . g_j(a) , \text{ com } k_j \geq 0$$
- (3) **Forma de valor esperado:**
$$U(a) = \sum u(y_1, \dots, y_n) . \delta_a(y_1, \dots, y_n) ,$$
 onde $u(y_1, \dots, y_n)$ é uma função de utilidade multicritérios.
- (4) **Forma aditiva de utilidade:**
$$U(a) = \sum k_j . g_j(a) ,$$
 onde, $k_j \geq 0$, com $\sum_{j=1}^n k_j = 1$, e $g_j(a) = \sum_{y^j} u_j(y_j) . \delta_{aj}(y_j)$, onde $u_j(y_j)$ é uma função utilidade parcial agregada ao atributo j e $\delta_{aj}(y_j)$ é a distribuição da probabilidade marginal de y_j .
- (5) **Forma multiplicativa de utilidade:**
$$U(a) = \frac{\prod_{j=1}^n [1 + k . k_j . g_j(a)] - 1}{k} , \text{ } k_j \geq 0, k \neq 0, k > -1$$
 com $\sum_{j=1}^n k_j \neq 1$, $g_j(a) = \sum_{y^j} u_j(y_j) . \delta_{aj}(y_j)$, onde $u_j(y_j)$ é uma função de utilidade parcial agregada ao atributo j e $\delta_{aj}(y_j)$ é a distribuição da probabilidade marginal de y_j .

Roy (1996) aponta que as formas de agregação 1 e 2 são as mais comuns, sendo a segunda (modelo da soma ponderada) um caso especial do modelo aditivo, muito

conhecido e aplicado na prática. Neste modelo, as funções de valor marginal $U_j(g_j) = w_j g_j$ são lineares. As retas de inclinação w_j e as curvas de indiferenças são retas no espaço dos critérios. Ambas tratam com casos determinísticos, ainda que não exclusivamente. Já as fórmulas 3, 4 e 5 tratam exclusivamente de casos probabilísticos. Nestes casos, a agregação é baseada no conceito de valor esperado. Por definição, a fórmula geral do valor esperado considera uma função utilidade multiatributos $U(y_1, \dots, y_n)$.

A função de agregação mais aplicada, na prática, é o modelo da soma ponderada $V(g) = \sum W_j g_j$, onde, W_j compreende a importância relativa do critério g_j , usualmente chamado de peso, ou de fator de escalarização (VANSNICK, 1984). A problemática do processo de modelagem consiste na determinação das taxas de substituição em vários pontos do espaço dos critérios, que permitirão a definição da função de valor global (critério único de síntese) explicitando as preferências do decisor. Os principais métodos encontrados na literatura que utilizam a abordagem do critério único de síntese são o MAUT - *MultiAttribute Utility Theory* e o AHP - *Analytic Hierarchy Process* (GOMES, 2007).

3.2.5.2 Abordagem dos Métodos de Sobreclassificação

Também denominada relação de subordinação de síntese, ou *outranking*, esta abordagem tem origem na escola francesa/europeia e consiste na construção das relações de sobreclassificação, que representam as preferências estabelecidas pelo decisor, para posterior exploração no apoio à solução do problema, através de uma relação binária. Caracteriza-se, inicialmente, pela aceitação de situações de incomparabilidade e sua principal ideia está no enriquecimento das relações de dominância de uma alternativa sobre outra, ao invés de supor que uma única solução (melhor) pode ser identificada. Segundo Vinke (1992), esta abordagem evita hipóteses matemáticas muito rígidas e questionamentos difíceis para o decisor, o que a difere da teoria da utilidade multiatributo, dificultando a modelagem de problemas reais.

A relação de preferências é baseada na subordinação e, em seguida, explicitada por uma regra (teste de subordinação), que permita uma resposta sintética, exaustiva e definitiva do problema. Esta relação é explorada, principalmente, pelos métodos ELECTRE e PROMETHEE (ROY, 1996). A sobreclassificação requer uma informação intercritério correspondente à importância relativa entre os critérios. Assim, os métodos

com esta abordagem favorecem ações mais balanceadas, que têm uma melhor performance média (ALMEIDA, 2013). Promover o apoio à tomada de decisão consiste em reconhecer todas as fases do processo. O sucesso de tal atividade só será alcançado mediante eficaz estruturação da análise do contexto decisional, de modo que sejam contempladas as características objetivas e subjetivas envolvidas no processo.

3.2.5.3 Abordagem dos Métodos Interativos

Cavassin (2004) afirma que, diferentemente das outras abordagens, nas quais a preferência é introduzida *a priori*, este grupo envolve os métodos que alternam passos de cálculos e diálogos com o decisor. O primeiro passo de cálculos apresenta uma solução inicial que é apresentada ao tomador da decisão, que reage dando informações extras sobre suas preferências. Com a incorporação dessas informações, uma nova solução pode ser construída.

Trata-se de um processo relativamente informal, predominante em contextos onde a racionalidade subjacente à decisão alcançada não precisa ser substancialmente documentada, não requerendo desta forma, justificativas para outros atores. Tal processo consiste numa sequência de interações entre o facilitador e o decisor, centradas de cada vez sobre um pequeno número de alternativas e suas consequências. Estas interações são alternadas com fases de cálculos, em que o facilitador seleciona uma alternativa, de acordo com as respostas anteriores do decisor e submete à sua apreciação no diálogo seguinte, ou ao seu melhoramento, a fim de se determinar uma nova alternativa, a qual deve ter um valor maior que o da primeira na função de valor. A continuidade do processo se faz até que o decisor se dê por satisfeito com a alternativa proposta como melhor, satisfazendo-se com a solução apresentada.

Para ser definido como um método interativo, o papel do decisor deve ser não apenas no sentido de definir o problema, mas também de intervir no procedimento, para elaboração da solução. Dentre os métodos propostos na literatura, o STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), criado por Benayoun *et al.* (1971), é um exemplo que reduz progressivamente o espaço das soluções de compromisso pela adição de restrições aos valores dos critérios. O método de Vanderpooten, criado por Daniel Vanderpooten e Philippe Vincke, em 1989, propõe comparações par-a-par entre a

alternativa preferida corrente e outra que represente um potencial de melhoramento (CAVASSIN, 2004).

No ramo contínuo (denominado Programação Multiobjetivo), os problemas possuem objetivos múltiplos, em que as alternativas podem adquirir um número infinito de valores (CAVASSIN, 2004). Um problema de decisão com várias funções objetivo pode ser representado da seguinte forma: $\text{Max } F(x)$, $x \in X$, onde x é o vetor $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ das n variáveis de decisão; X é o conjunto de todos os valores possíveis para as variáveis de decisão; $F(x)$ é o vetor $[f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)]$ de p Funções Objetivo (FO) do problema. Entre os métodos multicriteriais contínuos, destacam-se:

- Programação por Metas (*Goal Programming*): concebido por Abraham Charnes e William Cooper, em 1961.

- Método das Restrições (*Constraint Method*): desenvolvido por Lawrence Cohen e Robert Marks, em 1975.

Já no ramo discreto, o decisor possui uma escolha dentre várias alternativas existentes – o problema possui um número finito de alternativas e um conjunto de medidas de desempenho (critérios que são apresentados em várias perspectivas), sob as quais as alternativas discretas são avaliadas. Pode-se assumir como exemplos de métodos multicriteriais discretos os desenvolvimentos das escolas americana e francesa, excetuando-se a programação por metas (CAVASSIN, 2004).

3.2.6 Métodos Multicritério

Os principais métodos de análise para tomada de decisão multicritério são apresentados. As características dos métodos são exploradas, no intuito de evidenciar as dicotomias entre as abordagens exploradas na subseção anterior, auxiliando na identificação do método (ou combinação deles) que traz maiores contribuições para solucionar o problema examinado neste trabalho.

3.2.6.1 MAUT

A MAUT (*MultiAttribute Utility Theory*), também conhecida como teoria do valor e da utilidade, adota a abordagem do critério único de síntese para definir uma função única, na qual um determinado critério é transformado em uma função de valor/utilidade,

que pode ser especificada numericamente, assumindo a preexistência de um sistema de preferências, transitividade e independência das preferências do decisor (CAVASSIN, 2004). Trata-se de um contexto no qual cada alternativa é descrita por uma lista de atributos, em que o tomador da decisão busca sempre a solução correspondente ao maior valor possível da função de utilidade. No conjunto de métodos multicritérios, a MAUT é a única que, a rigor, recebe o nome de teoria, embora seja empregada como método analítico, em alguns casos. O fato de ser considerada também como teoria sugere a sua sólida fundamentação. Por outro lado, a sua aplicação como método para análises heurísticas se mostra inadequada (GOMES *et al.*, 2002).

De acordo com Miranda e Almeida (2004), a teoria da utilidade multiatributo foi idealizada pela escola americana e se baseia nos conceitos de modelagem de preferência tradicional, admitindo apenas duas situações: preferência estrita (P) e indiferença (I), ambas transitivas. É construída uma função utilidade de agregação $U(g_1, \dots, g_i, \dots, g_n)$, que estabelece uma pré-ordem completa, agregando os critérios g_j ($j = 1, \dots, n$) em um critério único de síntese, explicitando as preferências do decisor (MIRANDA; ALMEIDA, 2004).

$$(1) \quad U(g_j) = U(g_1, \dots, g_j, \dots, g_n) = f[u(g_1), \dots, u(g_j), \dots, u(g_n)]$$

A MAUT admite que cada alternativa decisória resulte em consequências que são avaliadas pelo decisor, de acordo com cada critério. As preferências são apuradas por meio da construção das funções utilidade $U(g_i)$ (função utilidade de cada critério). Essa função representa o desejo do decisor, associando um valor aos prêmios que ele poderá obter. Pode-se adotar diferentes decisões por pessoa para um mesmo problema, conforme a disposição de cada pessoa em assumir riscos. Essas pessoas poderiam ser classificadas em três categorias em função desta disposição: avesso ao risco, propenso ao risco e neutro ao risco (RAIFFA, 1970). Quando há incerteza nos problemas de decisão, é possível associar diferentes consequências e suas probabilidades à cada alternativa, inserindo no modelo uma etapa de modelagem probabilística, em complemento à modelagem de preferências do decisor. Neste tipo de situação, as alternativas são avaliadas pela utilidade esperada (GOMES *et al.*, 2002).

A teoria da utilidade multiatributo envolve a junção dos vários pontos de vista (critérios) considerados em uma única função de síntese (critério único de síntese). O

objetivo é encontrar a forma da função utilidade multiatributo que represente as preferências do decisor de acordo com os pontos de vista considerados. A forma da função utilidade depende das condições de independência dos critérios. Consoante às condições de independência, a função pode ser bastante simplificada. Essas condições são: independência em utilidade e independência aditiva (MIRANDA; ALMEIDA, 2004).

No caso geral, um atributo Y , em que $Y \subset X$, é independente em utilidade de seu completo \bar{Y} , se a ordem de preferência envolvendo apenas mudanças no nível de Y não depender do nível no qual os atributos Y são fixados. Os atributos $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$ são independentes, aditivamente, se as preferências dependem apenas das probabilidades marginais dos atributos $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, mas não da probabilidade conjunta desses atributos (KEENEY; RAIFFA, 1976).

$$(2) \quad u(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot u_i(x_i)$$

Quando houver a independência aditiva entre dois atributos, a função utilidade pode adquirir a forma de uma função aditiva, através da forma descrita acima. Isso permite adicionar as contribuições dos dois atributos, encontrando mais facilmente a utilidade total $u(y,z)$. Neste caso, a condição de independência aditiva não permite que haja nenhuma interação entre os critérios (KEENEY; RAIFFA, 1976).

3.2.6.2 AHP

De acordo com Gomes (2007), o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é tido como um método de critério único de síntese, que decompõe o problema em níveis hierárquicos, determinando uma medida global para cada alternativa, através da síntese dos valores dos agentes da decisão, classificados ou priorizados. O AHP foi um dos primeiros métodos desenvolvidos para a tomada de decisão, baseado em múltiplos critérios, quantitativos e qualitativos. Criado por Thomas Saaty, na década de 1970, o AHP é um processo que permite lidar com problemas políticos e socioeconômicos, incorporando julgamentos e valores pessoais, seguindo uma lógica estruturada para solucionar a complexidade dos problemas, que podem ter critérios quantitativos e qualitativos. Utilizando a comparação dois a dois, em uma escala de um a nove, o método auxilia o tomador de decisão a

especificar suas preferências e definir pesos, auxiliando no processo de decisão de forma objetiva. O sucesso do modelo depende de duas premissas básicas:

a) imaginação, experiência e conhecimento para estruturar a hierarquia do problema,

b) coerência, intuição e experiência para fazer julgamentos.

Após seguir essas premissas básicas, o AHP conecta as primeiras informações do problema aos julgamentos postulados, para obter o resultado combinado. É um processo que permite identificar, entender e estimar as interações (ações ou reações recíprocas) do sistema como um todo. Concebido para se moldar à natureza humana, ao invés de forçar decisores a seguir uma determinada maneira de pensar (que viola o bom senso), com o AHP é possível testar o resultado alcançado, através de mudanças de informação (alimentação do problema), utilizando, para tanto, análises de sensibilidade. A Figura 4 ilustra as vantagens intrínsecas à flexibilidade do modelo AHP para a tomada de decisão (SAATY, 1990).

Figura 4 – Vantagens do método AHP



Fonte: Saaty (1990)

Por outro lado, Saaty (1990) lembra que julgamentos, valores ou ideias podem ser questionados – fortalecidos ou enfraquecidos - por evidências apresentadas por outrem.

O caminho para moldar a realidade ainda não estruturada demanda participação, negociação e compromisso. A concepção de qualquer problema que utilize o AHP requer previamente o entendimento, por parte do analista da decisão, de que ideias, julgamentos e fatos emitidos pelas pessoas são características essenciais do problema.

Para definir um problema complexo e desenvolver julgamentos judiciosos, Saaty (1990) alega que o AHP deve ser progressivamente repetido e sofrer iterações ao longo do tempo. Isto se deve a mudanças inexoráveis relacionadas ao problema - políticas, conjunturais, ou sistêmicas - sendo praticamente improvável esperar resultados instantâneos para problemas muito complicados. Quanto a este aspecto, uma característica diferencial do AHP, que contribui para sua escolha na avaliação do problema da presente pesquisa, é justamente sua flexibilidade, permitindo a existência de revisões sucessivas – decisores podem tanto expandir os elementos da hierarquia do problema, como também mudar seus julgamentos. Isto permite que a sensibilidade do resultado seja investigada, testando possíveis consequências diante de quaisquer tipos de mudanças prognosticadas. Outra característica marcante do AHP é a possibilidade de checar a consistência (estabilidade) dos julgamentos e preferências emitidos pelo decisor.

Para Wolff (2008), o método estrutura problemas complexos e seu funcionamento o direciona a transformar uma decisão complexa em algumas decisões mais simples, de maneira hierárquica. A operação do método AHP tem como objetivo, a partir de um conjunto de alternativas, estimar as prioridades para cada uma delas. O procedimento se desenvolve pela comparação das alternativas, duas a duas, em relação a determinados critérios. O resultado é o vetor de prioridades das alternativas, ou a ordenação de importância delas. Desta forma, cada iteração do AHP pode ser entendida como o processo de aplicar e testar hipóteses, levando a um refinamento progressivo e, conseqüentemente, a uma compreensão mais acurada do sistema (SAATY, 1990). O método AHP quebra uma situação complexa, não estruturada, em suas partes componentes; arruma essas partes, ou variáveis em ordem hierárquica; designa valores numéricos e julgamentos subjetivos denotando a importância relativa de cada variável; e sintetiza os julgamentos para determinar quais variáveis têm a mais alta prioridade e deveriam ser trabalhadas para influenciar o resultado da situação.

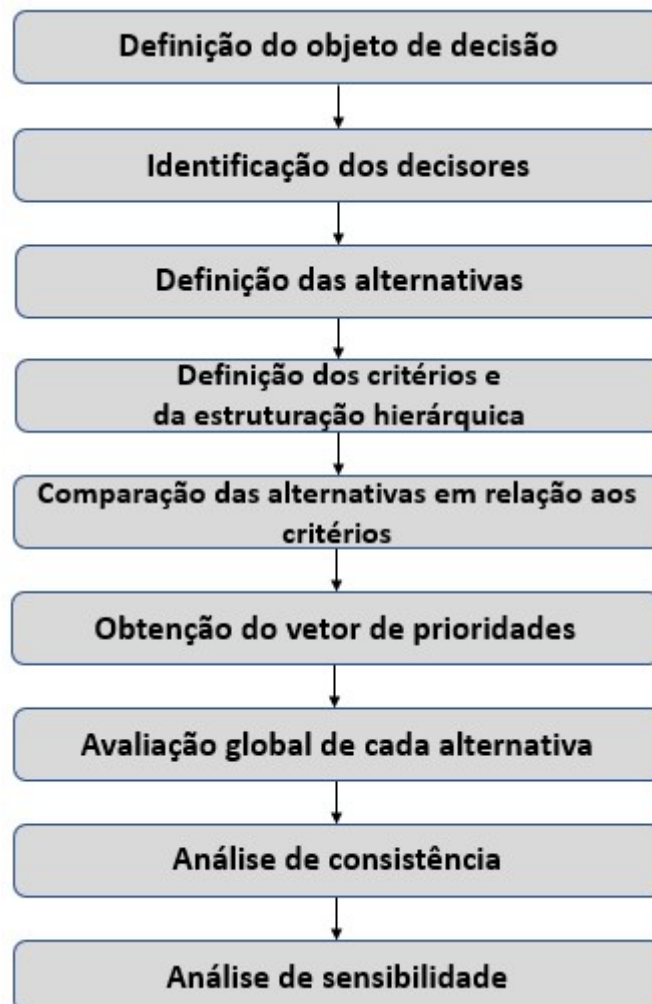
A Figura 5 apresenta a sequência lógica dos passos que constituem o processo analítico do AHP, proposto por Vieira (2006), devendo facultar a identificação de uma

nova alternativa, ou sugerir a inserção de um novo critério não considerado anteriormente.

Saaty (2001) comenta que o método AHP possui sete pilares básicos de sustentação:

1. Escalas de razão, proporcionalidade e escalas de razão normalizadas
2. Comparações par-a-par recíprocas
3. Sensibilidade do autovetor direito principal
4. Homogeneidade e clusterização
5. Síntese que pode ser estendida para dependência e feedback
6. Reversibilidade e preservação de ordem
7. Decisão em grupo

Figura 5 – Sequência do AHP



Fonte: Vieira (2006)

Colin (2007) apresenta o AHP como um método apropriado para tratar problemas com uma definição ou formulação menos clara, por intermédio do qual são tratados

muitos pontos negativos, levantados pelos críticos dos métodos de Análise Quantitativa e Pesquisa Operacional. O AHP utiliza a matemática para processar as preferências subjetivas de indivíduos (ou grupos) que tomam decisões, devendo ser entendido mais como um facilitador – um processo de estruturação do pensamento – do que um algoritmo que resolve problemas. O método já foi utilizado em uma grande diversidade de áreas como: solução de conflitos, política energética, influência de nações, gestão de sistemas de saúde, alocação de recursos, estratégia corporativa e outras áreas de nível estratégico. Problemas em áreas com maior viés tático e operacional também têm sido contempladas de forma bastante satisfatória pelo AHP, tais como: seleção de carteiras, seleção de projetos e alocação de orçamento (COLIN, 2007).

A aplicação do método AHP calcada nos sete pilares propostos por Saaty (2001), deve contemplar a observação e compreensão de:

- **Estruturação hierárquica do problema de decisão (representação da hierarquia):** desenvolvimento da hierarquia do problema decisório em seus vários níveis de elementos inter-relacionados.

- **Comparações par-a-par:** avaliação das preferências relativas do decisor com relação a cada elemento de decisão em um dado nível da hierarquia.

- **Solução usando autovetores e autovalores:** estimativa dos pesos relativos dos elementos de decisão, em um dado nível da hierarquia.

- **Determinação da consistência:** avaliação da consistência da matriz de comparações par-a-par criadas pelo decisor.

- **Agregação das prioridades e escolha final:** agregação das prioridades de modo a avaliar o resultado referente ao objetivo.

3.2.6.3 PROMETHEE

Brans e Mareschal (2002) afirmam que os métodos da família PROMETHEE (método de organização e ranqueamento de preferências para enriquecimento das avaliações, do inglês *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) estão baseados em duas fases distintas: a construção de uma relação de sobreclassificação, com a agregação de informações entre os critérios e alternativas; depois, a exploração dessa relação para o apoio ao processo decisório, através da construção de uma relação de sobreclassificação valorada.

Para cada critério, é atribuído um peso, que representa a sua importância relativa e aplicado na função de diferença, que avalia o desempenho das alternativas, com variação entre 0 e 1, sendo 1 a sua forma mais básica. Nas situações onde há limiares de indiferença, ou de preferência, ou ainda de ambas as situações, a função de diferença deve ser estabelecida representando as preferências do decisor, assumindo até seis formas básicas de acordo com os parâmetros: critério usual; quase-critério; limiar de preferência; pseudocritério; área de indiferença; e o critério Gaussiano. A partir da intensidade de preferência estabelecida na apuração do índice de preferência, deve-se encontrar o índice de preferência multicritério e, então, a consideração dos fluxos uni-critério. O fluxo positivo de sobreclassificação representa a intensidade de preferência de uma alternativa sobre as demais. O fluxo negativo de sobreclassificação (fluxo de entrada) diz respeito à intensidade de preferência de todas as outras alternativas sobre uma específica (ALMEIDA, 2013).

Behzadian *et al.* (2010) indicam que o PROMETHEE possui uma gama considerável de versões e variações, que devem ser implementadas de acordo com a problemática e os objetivos a serem atingidos:

- PROMETHEE I: estabelece uma pré-ordem parcial.
- PROMETHEE II: estabelece uma pré-ordem completa, em ordem decrescente dos fluxos líquidos.
- PROMETHEE III: introduz a noção de indiferença, tendo a característica de incluir tratamento estocástico.
- PROMETHEE IV: proporciona uma pré-ordem completa ou parcial e se destina à problemática de ordenação, para o caso de um conjunto contínuo de soluções viáveis.
- PROMETHEE V: após a aplicação do PROMETHEE II, as restrições do problema são adicionadas e, para resolver o problema, incorpora-se programação inteira.
- PROMETHEE VI: define uma pré-ordem completa ou parcial; deve ser utilizado para problemática de ordenação, quando o decisor não está apto, ou não deseja estabelecer os pesos para os critérios – neste caso, são definidos intervalos de possíveis valores.
- PROMETHEE TRI: para estabelecer resultados para problemas de classificação.
- PROMETHEE CLUSTER: para problemas de classificação nominal.

Por exemplo, no método PROMETHEE I, duas pré-ordens são geradas a partir dos fluxos positivos e negativos. Neste caso, de uma pré-ordem decrescente de fluxo positivo e uma pré-ordem crescente de fluxo negativo e, quando ocorre a intersecção

destas duas pré-ordens, gera uma pré-ordem parcial, a partir das relações de preferência, indiferença e incomparabilidade. (ALMEIDA, 2013).

O método PROMETHEE II utiliza o fluxo líquido (resultado da subtração entre o positivo e negativo) de sobreclassificação. Sendo que, quanto maior o resultado da equação, melhor é a alternativa. As alternativas são ordenadas de forma decrescente, de acordo com a preferência e indiferença. Almeida (2013) complementa que o PROMETHEE II estabelece uma pré-ordem completa, mas no PROMETHEE I podem ocorrer incomparabilidades.

Além das versões citadas, existe também o método PROMETHEE SORTING – PROMSORT, criado por Araz e Ozkarahan (2007). Trata-se de um procedimento cujas etapas estão baseadas nas construções estabelecidas no PROMETHEE I e II, alocando as alternativas para categorias pré-definidas ordenadas. A designação de uma alternativa para certa categoria resulta da sua comparação com os perfis que definem os limites das categorias e com as alternativas de referência.

3.2.6.4 ELECTRE

A família de métodos ELECTRE (eliminação e escolha de reflexo da realidade, tradução livre de *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*) é caracterizado pela análise sistemática da relação entre todos os pares possíveis de diferentes opções sobre um conjunto de critérios de avaliação (ROY; BOUYSSOU, 1993). Segundo Roy (1991), obedece a lógica não compensatória, explorando as preferências do decisor por uma relação binária.

Estes métodos adotam o poder de veto, através das noções de concordância e discordância. A concordância é relativa à força da hipótese de que uma alternativa é, pelo menos, tão boa quanto a outra. Assim, é possível dizer que A sobreclassifica A', se A é considerada pelo menos tão boa quanto A'. Enquanto a discordância preconiza as forças de evidências contra essa hipótese (ROY, 1991).

É possível verificar também quais as ações do problema são dominantes. Uma alternativa A domina a alternativa B, se não existirem argumentos suficientes para dizer que A é pior que B. É considerada como alternativa dominada aquela que “perde” para as demais, ou são piores em um maior quantitativo de critérios (BELTON; STEWART, 2002). Segundo Roy (1996), a família ELECTRE apresenta diversas versões, cada qual

com suas particularidades operacionais quanto ao tipo de problema a ser resolvido, tais como:

- ELECTRE I: procura selecionar um conjunto de alternativas dominantes, sendo recomendado para as problemáticas de escolha (P. α).
- ELECTRE II: resulta em um ranking das alternativas não dominadas, sendo aconselhado para as problemáticas de ordenação (P. γ).
- ELECTRE III: aplicável aos casos em que se tem uma família de pseudocritério, sendo indicado para as problemáticas de ordenação (P. γ).
- ELECTRE IV: é igualmente aplicável nos casos com pseudocritério, diferenciando-se pela ausência do uso de ponderação associada à importância relativa dos critérios, sendo indicado para as problemáticas de ordenação (P. γ).
- ELECTRE IS: indicado para as problemáticas de escolha (P. α) e para a família com estrutura de pseudocritério.
- ELECTRE TRI: aplicável aos casos de pseudocritério, sendo recomendado para as problemáticas de classificação (P. β).

3.2.6.5 Ponderação de Fatores e Fuzzy Logic

A ponderação de fatores (por *scores* ou *ranking*) é um método que, tradicionalmente, utiliza mais de um critério para sua avaliação, atribuindo um peso para cada critério ou indicador. Então, são criadas faixas de controle, onde cada faixa recebe uma pontuação. Através da soma da pontuação de todos os critérios é criado um *ranking* (KAPLAN; NORTON, 1997).

Apesar de ser amplamente aplicado em diversas organizações, este método tende a imprecisão, pois a definição dos pesos e faixas de controle é feita de maneira não-estruturada pelo tomador de decisão, podendo levar a uma decisão que não seja a mais otimizada possível. Dentro deste escopo, Kaplan e Norton (1997) desenvolveram um método chamado de *Balanced Score Card* (BSC), para avaliação de desempenho focada em critérios não apenas financeiros, levando em consideração quatro perspectivas: financeiros, processos internos, clientes e aprendizagem.

De acordo com Laudon e Laudon (2000), a lógica é uma técnica que permite a tomada de decisão, a partir de conhecimentos imprecisos e incompletos, ou até que possuam dados ambíguos. Vaclavik (2011) destaca que a mente humana tende a pensar

em termos relativos e não absolutos. Desta forma, a autora defende que a *Fuzzy Logic* (lógica difusa) permite solucionar problemas através da computação, sendo capaz de simular o pensamento da mente humana, onde as variáveis de decisão não se limitam a “sim” ou “não”, sendo possível a programação utilizando respostas mais abstratas como “talvez” ou “um pouco menos”. A aplicação da técnica de lógica difusa em pesquisas acadêmicas apresenta tendência de ser combinada com outros métodos de tomada de decisão multicritério (VACLAVIK, 2011).

3.2.6.6 Método de Borda

O método desenvolvido por Jean-Charles de Borda, em 1781, buscava corrigir algumas falhas no sistema de escolha colegiada, conhecido como eleição. Estas falhas matemáticas poderiam levar a uma coincidência em que a alternativa mais aprovada também poderia ser a mais rejeitada. Isso se dá, quando a maioria das pessoas que não optou pela alternativa preferida considera esta a pior de todas (FONTANILLAS *et al.*, 2014). Segundo Kangas *et al.* (2006), o método Borda é considerado um método de avaliação multicritério ordinal, avaliando como as alternativas se ajustam aos critérios definidos. Para uso deste método, o eleitor deve ordenar as alternativas de acordo com as suas preferências: a alternativa preferida recebe o maior ponto, a segunda alternativa recebe a segunda maior pontuação, e assim sucessivamente. Ao final, os pontos atribuídos pelos eleitores a cada alternativa são somados e a alternativa que tiver obtido a maior pontuação é escolhida. A qualidade do resultado do método dependerá da relevância dos critérios usados, sendo importante descartar aqueles considerados irrelevantes. Durante a aplicação deste método, todas as escolhas são feitas de forma voluntária, democrática e sem nenhuma indução (SILVA, 2015). Para Costa (2010), o método consiste em estabelecer uma combinação de ordenações individuais escolhida por cada um dos eleitores em uma ordem global, através das seguintes etapas:

- Definição das pessoas que participarão como eleitores.
- Definição dos critérios de avaliação.
- Definição das alternativas, também referenciadas como candidatos, que serão julgadas pelos eleitores.

- Os eleitores podem votar em mais de uma alternativa, porém limitados ao número máximo (n) de alternativas permitidas. Os eleitores votam nas n alternativas da seguinte forma:

a) Atribui-se a nota n àquela alternativa que o eleitor considera como a melhor opção.

b) Atribui-se a nota $n-1$ àquela alternativa considerada como a segunda melhor opção.

c) Atribui-se a nota $n-2$ àquela alternativa considerada como a terceira melhor opção.

d) Isto se repete, até que todos os eleitores realizem as n votações.

e) As notas recebidas por cada alternativa são somadas. A alternativa com maior pontuação é associada à primeira posição, a alternativa com a segunda maior pontuação é associada à segunda posição; e assim por diante. Ao final, a ordenação obtida refletirá a ordem de preferência das alternativas na percepção dos eleitores, sendo a primeira posição aquela de maior aceitação por todos os participantes (COSTA, 2010).

O método de Borda também pode ser aplicado a situações que envolvam múltiplos critérios de avaliação (BARBA-ROMERO; POMEROL, 1997; COSTA, 2014). Este uso é exemplificado, considerando o processo de escolha de um automóvel, onde o eleitor tem três alternativas para escolha (A1, A2 e A3), e existem seis critérios (C1, C2, C3, C4, C5 e C6) de avaliação. Neste caso, o eleitor deve avaliar todas as três alternativas para cada um dos critérios, atribuindo a nota 3 ao automóvel que considere como melhor opção; a nota 2 ao automóvel que considere como segunda melhor opção; e a nota 1 ao automóvel que considere como terceira melhor opção. O automóvel escolhido será aquele que obtiver a maior soma de pontos. O Quadro 4 exemplifica a aplicação do método de Borda e destaca a escolha do automóvel A2 como sendo o de maior relevância, na opinião coletiva dos eleitores.

No método de Borda, o eleitor e o critério têm o mesmo efeito matemático. Cada eleitor equivale a um critério. Isto acarreta que, para este método, todos os critérios têm o mesmo peso. A divisão da somatória dos pontos pelo número de critérios/eleitores indicará a média aritmética (FONTANILLAS *et al.*, 2014). Adicionalmente, existe a possibilidade de aplicação simplificada do método Borda, onde somente um número reduzido de alternativas recebe votos, enquanto as demais recebem pontuação zero.

Quadro 4 – Exemplo de aplicação método de Borda

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Soma
A1	3	1	3	1	1	3	12
A2	2	2	2	2	3	2	13
A3	1	3	1	3	2	1	11

Fonte: Costa (2010)

Tal abordagem é indicada quando houver um número significativo de alternativas (SAARI; NEWNHIZEN, 1988). Sobre a seleção dos eleitores, Silva (2015) destaca que o método Borda não faz nenhuma exigência sobre o método de escolha destes participantes ou sobre a necessidade de especializações. Contudo, se a votação contemplar termos e conhecimentos técnicos específicos, estes devem ser dominados pelos participantes.

3.2.6.7 Análise Conjunta

A Análise Conjunta é uma técnica multivariada utilizada para avaliar como os consumidores desenvolvem preferências por produtos ou serviços. Também conhecido como Método da Preferência Declarada, ou ainda *Trade-Off Analysis* (BATTESINI, 2002), teve crescente utilização desde o seu surgimento e alcançou forte aceitação nas organizações e na academia (HENRIQUE; SOUZA, 2006). Foi concebida a partir do trabalho realizado por Green e Rao (1971), que identificaram a necessidade de se dispor de uma medida quantitativa da importância relativa percebida pelo mercado consumidor de um atributo em comparação com outro. Ao longo das décadas, o método foi aprimorado, tornando-se bastante útil em problemas de análise competitiva e segmentação de mercado, pois auxilia no mapeamento de características prioritárias de produtos e serviços, definição de preços e previsão de níveis de consumo. Isto se aplica para apurar o potencial de lançamentos, mesmo que em estágio conceitual, e também para o reposicionamento de marcas disponíveis no mercado (AAKER *et al.*, 2001, BATTESINI, 2002).

A Análise Conjunta possibilita que qualquer conjunto de objetos (marcas, empresas) ou de conceitos (posicionamento, benefícios, imagens) seja avaliado como uma coleção de atributos. Em uma visão ampliada, é possível empregar este método em

praticamente qualquer área abordada pela teoria das decisões (HAIR JR. *et al.*, 2005). A flexibilidade e a unicidade do método estão embasadas nas seguintes características:

- Habilidade de acomodar tanto uma variável dependente métrica, quanto não-métrica.
- Uso de variáveis preditoras categóricas.
- Uso de suposições gerais sobre as relações de variáveis independentes com a variável dependente.

Uma das vantagens do uso da Análise Conjunta é apresentação dos atributos e seus níveis, o que aproxima os consumidores da situação real de compra, onde a escolha é definida pela opção com a melhor combinação de atributos. Adicionalmente, evita-se a dificuldade inerente do respondente em hierarquizar a importância de múltiplos atributos (CHURCHILL, 1995). Os níveis são os valores possíveis para cada fator. Já o fator é a variável que o pesquisador manipula e que representa um atributo específico (HENRIQUE; SOUZA, 2006). De acordo com Aaker *et al.* (2001), à medida que o número de atributos aumenta, a tarefa de julgar os perfis individuais se torna muito complexa e demandante. Neste caso, existe a probabilidade de sobrecarga de informações, quando a avaliação envolver mais de cinco atributos, o que pode levar o respondente a ignorar as variações nos fatores menos importantes.

Segundo Henrique e Souza (2006), as combinações entre os níveis selecionados de cada atributo são apresentadas aos respondentes que fornecem as avaliações preferidas. Essas manifestações sugerem a importância do atributo. Assim, o pesquisador escolhe um conjunto de atributos do produto, ou serviço, de acordo com a preferência do consumidor, analisando a influência de cada atributo e de cada valor dado ao atributo, referente ao julgamento de um respondente quanto à utilidade. A utilidade é um julgamento subjetivo de preferência por um indivíduo que representa o valor do objeto específico. A análise de utilidade é uma medida numérica das preferências individuais para um determinado nível de atributo. Quanto maior o valor, maior a preferência. O pesquisador deve descrever o produto/serviço, em termos de seus atributos e todos os valores relevantes para cada atributo específico, ou outra característica do produto/serviço, na busca do estímulo. O estímulo é o conjunto específico de fatores e níveis avaliado pelo entrevistado (MALHOTRA, 2001). Um método para definir estímulos é obtido, considerando todas as combinações em todos os níveis (BATTESINI, 2002). O exemplo trazido no Quadro

5 apresenta dois fatores com três níveis cada (3 x 3), o que criaria nove estímulos diferentes.

Quadro 5 – Exemplo de criação de estímulos em Análise Conjunta

Fator/Atributo	Níveis de Atributos
Marca	A
	B
	C
Preço	91,00
	95,00
	100,00
Total de Estímulos/Combinações	9

Fonte: Henrique e Souza (2006)

Quando o número de estímulos é demasiadamente grande para avaliação do respondente, são criados planos sistemáticos (delineamento fatorial fracional), que empregam um subconjunto dos possíveis estímulos (HAIR JR. *et al.*, 2005). O estímulo representa a descrição do produto, ou serviço. Ao buscar o estímulo, o pesquisador está buscando entender a estrutura de preferência do respondente. Essa estrutura de preferência explica a importância de cada fator na decisão geral e como os níveis distintos dentro de um fator podem influenciar a formação de uma preferência geral. O conhecimento da estrutura de preferência para cada indivíduo permite ao pesquisador ter flexibilidade quase ilimitada para examinar reações agregadas e individuais em uma ampla variedade de questões ligadas a produtos, ou serviços (NOVAES *et al.*, 1996).

Malhotra (2001) propõe que o uso da Análise Conjunta como uma ferramenta na compreensão das preferências do respondente e do processo de julgamento dos consumidores seja desdobrado nos seguintes estágios:

- Formulação do problema
- Construção dos estímulos
- Descrição sobre a forma dos dados de entrada
- Interpretação dos resultados
- Avaliação da confiabilidade e da validade

Para Henrique e Souza (2006), após determinar as preferências na avaliação geral do consumidor, o pesquisador poderá:

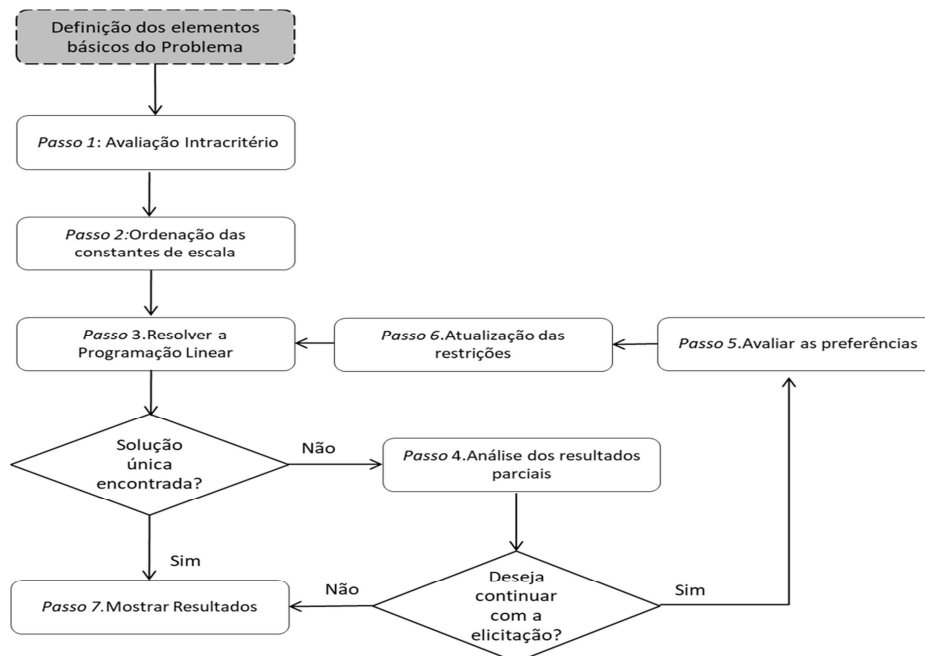
- Definir a combinação ótima de características necessárias ao objeto, ou conceito.

- Apurar as contribuições relativas de cada atributo e cada nível, para a avaliação geral do objeto.
- Usar as estimativas de julgamentos de comprador, ou cliente, para prever preferências entre objetos com diferentes conjuntos de características.
- Isolar grupos de clientes potenciais, segmentos com potenciais altos e baixos.
- Identificar oportunidades e explorar o potencial de mercado.

3.2.6.8 FITradeoff

O *Flexible and Interactive Tradeoff* foi desenvolvido com a finalidade de minimizar as inconsistências originadas nos procedimentos tradicionais de *Trade-off Analysis* (KEENEY E RAIFFA, 1976), que possuem uma estrutura axiomática robusta e exigem um alto esforço cognitivo em sua aplicação. Trata-se de um método baseado no procedimento de agregação aditiva, com ênfase na elicitación das constantes de escala (FONTE, 2018). A fluxo de aplicação do FITradeoff é demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Fluxograma do método FITradeoff

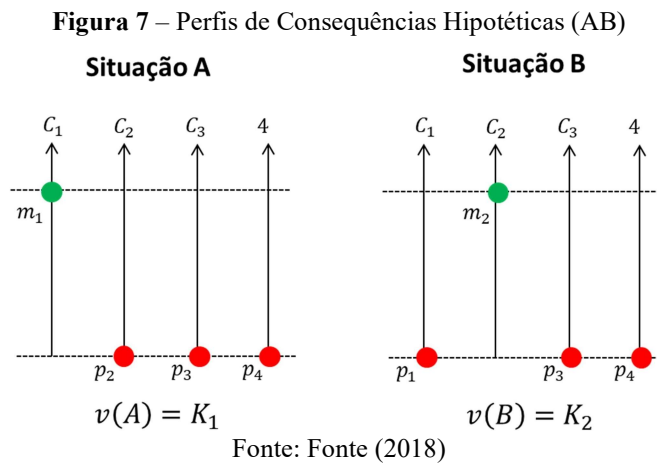


Fonte: Fonte (2018)

O processo flexível de elicitación consiste em buscar informações parciais sobre as preferências do decisor, menos estafante do que a captura destas informações na

íntegra, sendo que o método permite interrupções e novas interações para retomada da elicitação, caso haja necessidade de mais informações (DELL'OVO *et al.*, 2017).

Os passos relativos à avaliação intracritério e ordenação das constantes de escala ocorrem de forma similar ao procedimento de *trade-off* tradicional (FREJ *et al.*, 2017). Para obter a ordenação, deve-se questionar o decisor sobre a sua preferência em relação a duas situações hipotéticas, como exemplificado na Figura 7.



A situação A apresenta a melhor consequência para o critério 1 e a pior para os demais critérios. Já a situação B tem no critério 2 a melhor consequência e as piores nos critérios 1, 3 e 4. Se a situação A for preferível à situação B para o decisor, $k_1 > k_2$ (FONTE, 2018). Este procedimento é repetido até que se obtenha a ordenação completa para todas as constantes (DELL'OVO *et al.*, 2017).

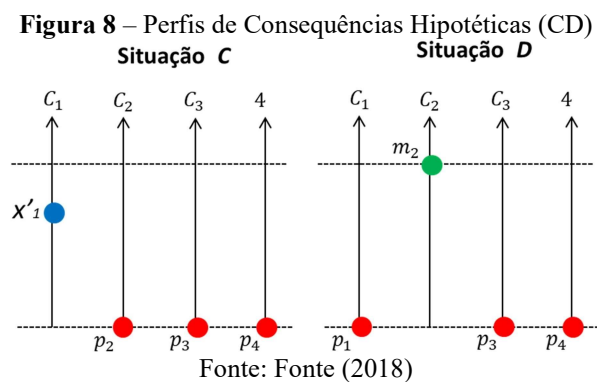
No passo 3 do método, é feita a avaliação da potencial otimalidade das alternativas, resolvendo os problemas de programação linear, apresentados a seguir:

- (1) $Max \sum_{c=1}^n kc vc(xca), a = 1, 2, \dots, m$
- (2) $\sum_{c=1}^n kc vc(xca) \geq \sum_{c=1}^n kc vc(xcb), b = (1, 2, \dots, a, b \neq a)$
- (3) $\sum_{c=1}^n kc = 1$
- (4) $kc \geq 0, c = 1, 2, \dots, n$
- (5) $k1 > k2 > k3 > \dots > kn$

$$(6) \quad kc+1 \leq kc \text{ vc } (x'c) - \varepsilon \quad \text{para } c = 1 \text{ até } n-1$$

$$(7) \quad kc+1 \geq kc \text{ vc } (x''c) + \varepsilon \quad \text{para } c = 1 \text{ até } n-1$$

Almeida *et al.* (2016) enfatizam que, por ser um método interativo e flexível, as restrições da programação linear, que determinam o espaço de pesos, modificam-se no decorrer do procedimento, ao passo que novas informações do decisor são obtidas. Primeiramente, elas se resumem às restrições obtidas através da condição de potencial otimalidade, da normalização, da não negatividade e da ordenação das constantes de escala, representadas pelas equações 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Então, como resultado inicial, encontram-se as alternativas potencialmente ótimas, para as quais o valor global é maior, ou igual, ao valor global das outras alternativas para pelo menos um vetor dentro do espaço de pesos (FONTE, 2018). Caso seja encontrada uma única alternativa potencialmente ótima, o problema está resolvido. Do contrário, no passo seguinte, o decisor avalia os resultados parciais e decide se deseja continuar a elicitacão (FREJ *et al.*, 2017). Se o decisor optar pelo avanço no processo, outras restrições (representadas pelas equações 6 e 7) irão aparecer no passo 5 do fluxograma, a partir da avaliação das preferências do decisor, obtidas através de comparação de situações hipotéticas, exemplificadas na Figura 8.



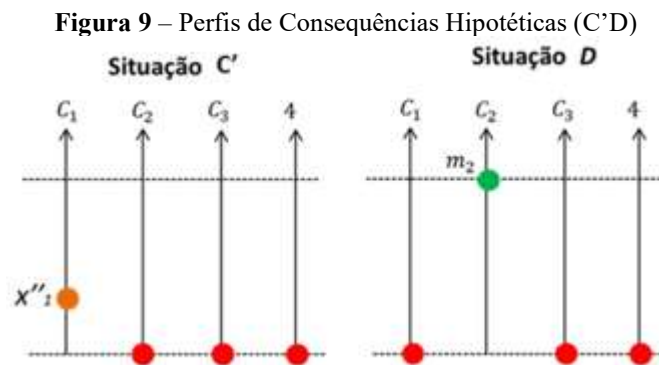
Supondo que, a partir da ordenação realizada no passo 2, a relação $k1 > k2$ foi obtida, pode-se apresentar as seguintes situações hipotéticas ao decisor, em que C possui desempenho intermediário $x'1$ no critério C1 e pior desempenho nos demais, ao

passo que D possui o melhor desempenho possível em C2 e pior nos demais (FONTE, 2018).

Se para o decisor a situação C for preferível à situação D, como $v(m_i) = 1$ e $v(p_i) = 0$, surge a inequação representada pela equação:

$$(8) \quad k_2 < k_1 v_1(x'1)$$

Em outro momento, o desempenho no critério C1 pode ser alterado de tal forma que o decisor prefira a situação D à C', como demonstra a Figura 9.



Fonte: Fonte (2018)

Então, surge a inequação representada pela equação:

$$(9) \quad k_2 > k_1 v_1(x''1)$$

Dell'Ovo *et al.* (2017) ressaltam que não é necessário chegar ao ponto exato de indiferença entre as duas situações hipotéticas, dado que o método trabalha com relação de preferência estrita. Avançando no passo 6 do fluxograma (Figura 6), essas inequações serão inseridas como novas restrições no problema e a programação linear será resolvida novamente a fim de refinar o subconjunto de alternativas potencialmente ótimas. A cada interação com o decisor, mais inequações podem aparecer. Esse procedimento pode ser repetido várias vezes até que se chegue a uma solução única, ou que o decisor decida parar o processo (FREJ *et al.*, 2017). O passo 7 do fluxograma consiste na apresentação dos resultados obtidos.

Para Fonte (2018), a vantagem do menor esforço para o tomador de decisão é gerar menos inconsistências, ao longo do processo de especificação de preferências. No entanto, a ausência de estudos direcionados que atestem esta afirmativa (ALMEIDA *et al.*, 2016) faz da simplificação obtida com FITradeoff uma suposição a ser corroborada no ambiente acadêmico.

3.2.6.9 Outros Métodos Multicritério

Esta seção desdobra os demais métodos multicritério encontrados na revisão bibliográfica. Contudo, não foram identificados estudos anteriores propondo a aplicação dos mesmos para escolha de localização geográfica.

O ANP (*Analytic Network Process*) foi desenvolvido por Thomas Saaty. Trata-se de um método de apoio à decisão baseado em multicritérios e tido como uma forma genérica do AHP. Contudo, ao passo que o AHP é estruturado através da decomposição hierárquica de um objetivo em critérios e alternativas, a estrutura do ANP é baseada em uma rede de nós. Enquanto existirem relações entre esses nós, eles são comparados dois a dois, incorporando as relações de interdependência entre critérios e alternativas (SAATY, 2005). Assim como o AHP, o ANP utiliza uma matriz para representação e comparação dos pares da rede. Segundo Saaty (1999), o ANP representa o efeito de dependência e *feedback*, entre os conjuntos de elementos avaliados. Sarkis e Talluri (2002) sugerem utilização do método ANP para seleção e avaliação de casos empíricos.

Proposto por Charnes *et al.* (1978), o DEA – *Data Envelopment Analysis* (análise envoltória de dados) é um método baseado em programação linear que utiliza o conceito de eficiência, dado um conjunto de recursos (*inputs*) e resultados (*outputs*). Segundo Macedo e Manhães (2009), o método utiliza o conceito de quanto menor o valor dos *inputs*, melhor e quanto maior os *outputs*, melhor. São utilizadas unidades de tomada de decisão (DMUs – *Decision Making Unit*) que podem ser empresas, unidades de negócio, cidades ou qualquer outra unidade homogênea que se busque comparar. Este método tem como base estudos progressos sobre eficiência e propõe uma técnica para mensurar qualquer DMU, através da busca do máximo de resultados com um mínimo de recursos ponderados (CHARNES *et al.*, 1978). Weber *et al.* (1998) definem o DEA como um método de programação matemática, que auxilia a tomada de decisão, com base em múltiplos parâmetros, permitindo escolher a melhor opção e, conseqüentemente, reduzir

os custos de aquisição. O DEA, em seu formato original, não gera uma classificação dos DMUs, mas os classifica entre os grupos de unidades eficientes e ineficientes (SINUANY-STERN *et al.*, 2000, ARUEIRA, 2014). Esta técnica não é habitualmente utilizada em casos de seleção da melhor alternativa, ou criação de ranking de alternativas, embora o autor perceba grande capacidade deste método para isso (SEYDEL, 2006, LOPES; ALMEIDA, 2008).

O DEMATEL – *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory* (laboratório de julgamento e avaliação de tomada de decisão, em tradução livre) é classificado como um método eficaz para a identificação de componentes de cadeia de causa-efeito de sistemas complexos (SI *et al.*, 2018). Amiri *et al.* (2011) apuram que o DEMATEL foi desenvolvido pelo programa de ciência e assuntos humanos do Battelle Geneva Research Centre, entre 1972 e 1976. De acordo com as propriedades dos assuntos objetivos, a metodologia pode confirmar a interdependência entre as variáveis (atributos) e restringir a relação, que reflete as propriedades com um sistema essencial e tendência de desenvolvimento. O produto final do processo DEMATEL é uma representação visual – um mapa individual da mente – através do qual o respondente organiza sua própria ação no mundo (AMIRI *et al.*, 2011).

A TOPSIS – *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (técnica para ordenar a preferência pela similaridade com a solução ideal, em tradução livre) é um método desenvolvido por Liu e Wang (2009), que visa avaliar o desempenho das alternativas possíveis, através da similaridade com a solução ideal. Uma estrutura pré-definida é utilizada para encontrar a melhor solução ideal (positiva) e a mais distante da solução ideal (negativa). A solução ideal positiva consiste na solução que maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios de custo. Por outro lado, a solução ideal negativa maximiza o custo e minimiza os critérios de benefício. Para Roszkowska (2011), no método TOPSIS clássico, as classificações de alternativas e pesos são representadas por dados numéricos e o problema é resolvido por um único tomador de decisão. A complexidade surge quando há mais de um tomador de decisão, porque a solução preferida deve ser acordada por interesse de grupos, que geralmente têm objetivos diferentes.

De acordo com Sayadi *et al.* (2009), o método VIKOR foi originalmente desenvolvido por Serafim Opricovic para resolver problemas de decisão discreta, com critérios conflitantes e não comensuráveis (diferentes unidades de medida). Assumindo

que o comprometimento é aceitável para resolução de conflitos, o tomador de decisão deseja uma solução que seja a mais próxima do ideal e as alternativas sejam avaliadas de acordo com todos os critérios estabelecidos. O VIKOR classifica alternativas e determina a solução denominada comprometimento, que é a mais próxima do ideal. Anos mais tarde, o conceito de solução de comprometimento foi incorporado aos estudos de decisão multicritério de Po-Lung Yu e Milan Zeleny, com o aprimoramento do algoritmo de ordenação de compromisso VIKOR (OPRICOVIC; TZENG, 2004).

3.2.7 Análise de Sensibilidade

O procedimento de análise de sensibilidade consiste em estudar mudanças nas alternativas, ou resultados, obtidos pela hierarquia. Esta análise tem a finalidade de avaliar a velocidade com que a solução se degrada a um nível predeterminado (GOMES *et al.*, 2002). Para Campos (2011), a solução encontrada pode apresentar:

- Estabilidade fraca, se após a análise de sensibilidade, a melhor solução permanece dentro do conjunto de soluções não dominadas.
- Estabilidade forte, se após a análise de sensibilidade, o conjunto de soluções não dominadas não se altera.

Quando o tempo permite a realização de tais análises, ou quando a ordenação das alternativas não reflete os valores e crenças da empresa, ou do decisor, há que se efetuar uma avaliação mais acurada do problema para diagnosticar possíveis necessidades de refazer determinados julgamentos (VIEIRA, 2006). Ressalta-se que a análise de sensibilidade é uma ferramenta disponível para a validação do modelo adotado (estrutura hierárquica) e dos resultados (ordenação ou pontuação das alternativas). Contudo, cada problema deve ser analisado conforme suas especificidades, com a possível realização de análises de sensibilidade, desde que estas realmente impliquem no entendimento mais acurado acerca do problema. As análises de sensibilidade de problemas decisórios envolvem a alteração de (BALTAR; NETTO, 1998, GOMES, 2009):

- Pesos relativos dos critérios.
- Julgamentos das alternativas.
- Quantidade de critérios.
- Quantidade de alternativas

3.2.7.1 Alteração dos pesos relativos dos critérios

Para Gomes (2009), o conjunto de critérios de um problema é o eixo estruturante que permite a avaliação do problema. Um peso excessivo auferido a um determinado critério pode privilegiar fortemente uma alternativa em relação às outras. Assim, uma variação sensível dos pesos relativos pode constatar a resistência da ordem das alternativas no resultado final. Por exemplo, se o valor da comparação relativa do critério i em relação ao critério j é $a_{ij} = 5$ (importância grande do critério i em relação ao critério j), é possível alterá-lo para $a_{ij} = 4$ e para $a_{ij} = 6$. Para todas as comparações par-a-par entre critérios, pode-se alterar os valores das comparações relativas em valores pequenos em relação à escala fundamental e testar a resistência da ordem final das alternativas. Almeida *et al.* (2016) atestam que esta análise é significativa para determinar a robustez do resultado.

Outra forma mais trabalhosa de verificar a resistência das alternativas no resultado final é a possibilidade de variar os julgamentos dos critérios em todos os valores possíveis da escala fundamental. Por exemplo, altera-se $a_{ij} = 1/9$ (importância absoluta do critério j em relação ao critério i) até $a_{ij} = 9$ (importância absoluta do critério i em relação ao critério j). Tal procedimento pode ser útil quando o decisor precisa avaliar o impacto da ordenação final das alternativas, comparando os resultados caso as avaliações iniciais fossem substituídas por avaliações alternativas (GOMES, 2009).

3.2.7.2 Alteração dos julgamentos das alternativas

A informação sobre a análise das alternativas deve ser organizada e interpretada, de forma que forneça indicadores de sensibilidade, ou estabilidade da solução proposta (BALTAR; NETTO, 1998). Neste caso, a alteração do valor numérico das comparações não abrange todo o espectro de valores possíveis da escala fundamental, porque pressupõe que os critérios sejam suficientemente específicos para avaliar as alternativas e distingui-las. Sendo assim, apenas uma variação sensível em torno dos valores de julgamentos inicialmente estabelecidos para as alternativas pode proporcionar uma análise que permita medir a resistência global das alternativas em relação aos julgamentos do decisor. Admite-se que as preferências da matriz de decisão $A = [a_{ij}]$ possam variar entre uma

tendência otimista e pessimista, resultando na análise de três matrizes de julgamento que conduzem a um determinado resultado final (GOMES, 2009).

Há, ainda, a possibilidade de utilizar os julgamentos pessimistas, otimistas, além do julgamento original a fim de obter uma matriz de julgamentos representativa A^* , tal que minimize os valores de preferência expressos pelo decisor nos diferentes juízos. Toma-se o menor dentre os valores obtidos na comparação par-a-par das alternativas para ser o julgamento representativo e, a partir desses valores, os cálculos posteriores são realizados (VIEIRA, 2006).

3.2.7.3 Alteração na quantidade de critérios

Em se tratando de alteração na quantidade de critérios utilizada na estrutura hierárquica do problema em questão, duas possibilidades podem ser avaliadas: a inserção e a retirada de critérios. Em ambos os casos, deve-se considerar os cinco fatores indispensáveis para estabelecer a hierarquia do problema: completude, operacionalidade, decomponibilidade, ausência de redundância e tamanho mínimo. Quando a inserção ou retirada de critérios não provocar alterações abruptas na ordenação final das alternativas, então a estrutura hierárquica inicial do problema se mostra adequada para julgá-lo (BALTAR; NETTO, 1998). Exemplifica-se com a decisão hipotética sobre o aluguel de uma loja, em que os critérios visibilidade, imagem e conforto são considerados. Após a realização do procedimento analítico, observa-se que o critério visibilidade parece estar influenciando fortemente uma das alternativas; o critério conforto não estabelece distinção entre elas e o critério imagem, por ser de difícil avaliação, pode introduzir informações imprecisas nos cálculos, comprometendo o resultado final. Neste caso, Gomes (2009) orienta para a análise do impacto da retirada de um desses critérios no resultado final, sugerindo uma revisão da estrutura hierárquica do problema, já que é recomendável a eliminação de critérios que não estabeleçam distinções entre as alternativas (decomponibilidade, ausência de redundância e tamanho mínimo).

Por outro lado, a árvore de decisão deve estar completa, com todos os critérios importantes e decisivos para a avaliação do problema. Incluir outros critérios importantes para a análise do problema pode garantir a completude e operacionalidade desejáveis, avaliando a robustez da ordenação global das alternativas. Em outras palavras, caso a inserção de critérios importantes para o decisor e que foram desconsiderados

anteriormente provoca uma alteração substancial na ordenação das alternativas, provavelmente a estrutura hierárquica do problema não estava completa (GOMES, 2009).

3.2.7.4 Alteração na quantidade de alternativas

Para Vieira (2006), a alteração na quantidade de alternativas sempre representará uma mudança substancial no problema proposto, porque há uma mudança significativa na base da hierarquia do problema. A decisão sobre acrescentar ou retirar uma determinada alternativa ocorre quando não é possível estabelecer claramente as possíveis opções existentes, ou quando se tem uma longa lista, restando ao decisor priorizar algumas em detrimento de outras, julgadas potencialmente melhores. Em casos assim, há que se avaliar o impacto da retirada de uma alternativa não computada anteriormente, quando ela é dominada pelas outras. Quando a sua pontuação final é bastante inferior (BALTAR; NETTO, 1998, GOMES, 2009).

3.3 DECISÃO LOCALIZACIONAL

Esta seção é dedicada à revisão do contexto inerente à decisão sobre a localização geográfica das organizações, propiciando a sua compreensão em profundidade. Segundo Vargas (2001), a forma de escolher a localização de uma empresa varia em função do perfil do negócio e o tipo de organização. Isto ocorre de maneiras distintas, se a empresa é administrada por seus donos, ou por uma gestão profissionalizada; se são multinacionais, ou pequenos negócios locais; se é uma companhia pública, ou privada. Para o entendimento acerca das principais necessidades referentes à localização das empresas, é preciso identificar e compreender para qual público-alvo ela está orientada, qual perfil de seus clientes e fornecedores. A relevância da localização diverge, de acordo com as distâncias em relação ao público-alvo com o qual a empresa se relaciona e também é influenciada pela frequência desse contato (VARGAS, 2001).

Quando o controle é dissociado da propriedade, a tendência é de impessoalidade na decisão sobre a localização. Quando o local não é de propriedade da empresa e quando a direção da organização é profissionalizada, a probabilidade é a tomada da decisão mais benéfica para a estratégia do negócio, deixando interesses dos decisores, ou de outros

agentes envolvidos, em segundo plano (VARGAS, 2001). No entanto, o estudo da conveniência da localização, do ponto de vista do usuário, não deve ser pensado exclusivamente na expectativa de permanência por longos períodos. Ainda que seja uma realidade menos aceitável para grandes estruturas e processos de complexa implementação, a agilidade proposta pelas tecnologias recentes pode influenciar na frequência e agilidade da mudança de endereço das empresas.

A definição do local de uma unidade deve ponderar dados concretos. Os esforços do decisor e dos agentes envolvidos no processo de decisão devem estar concentrados na pesquisa de informações sobre os clientes, fornecedores, concorrentes, infraestrutura e logística. Essa pesquisa pode ser realizada a partir da observação e análise do tomador de decisão, ou delegada a profissionais especializados em pesquisa mercadológica (FONTANILLAS, 2008). A escolha do ponto ideal não requer apenas conhecimento de mercado, sendo indicado avaliar também os critérios científicos. Trata-se de uma etapa de grande relevância para qualquer organização e deve ponderar os princípios estatísticos. As dúvidas dos tomadores de decisão aumentam em proporção ao número de opções e diminuem, quando os objetivos são bem definidos. As alternativas devem ser avaliadas, considerando principalmente a acessibilidade do público-alvo, no caso de empresas de comércio e de prestação de serviços. Já as operações indústrias devem estar mais atentas a questões ligadas à logística de transporte, com vistas ao fluxo de carga de matéria-prima e produtos acabados (CERQUEIRA, 2004).

Especificamente sobre a definição da localização de empreendimentos industriais, Cerqueira (2004) disserta que uma etapa importante é a descrição detalhada do fluxo operacional, em termos de características técnicas do produto, etapas do processo produtivo (da matéria-prima ao produto acabado), *layout* do processo produtivo, tecnologias utilizadas, controle de qualidade, transporte e armazenagem, entre outros. A apuração destas informações visa analisar a natureza do trabalho que será realizado, por quem e com que ferramentas e equipamentos. Faz-se necessário identificar quem detém conhecimento e experiência que permita visualizar o processo operacional como um todo. Com isso, é possível elencar quais os requisitos em termos de infraestrutura. Slack (2007) defende o foco no mapeamento das necessidades que as instalações devem atender, em função dos procedimentos operacionais. Archer e Smith (2003) demonstram que a concentração de unidades de industriais nos subúrbios das cidades não está vinculada

apenas às particularidades de localização e transporte, mas também está relacionada com a demanda de atividades diversas nas fábricas.

Por outro lado, os negócios que envolvem atividades de pesquisa e desenvolvimento requerem proximidade de centros tecnológicos (universidades e laboratórios). Para Logan e Molotch (1987), algumas atividades de pesquisa e desenvolvimento suportam diretamente as decisões corporativas, em nível estratégico, o que justifica serem desempenhadas na mesma unidade onde se localizam as sedes (*headquarters*). Quanto mais especializadas são atividades da empresa, maior será o grau de concentração no centro de negócios.

A localização da unidade industrial irá repercutir nos fluxos físicos da cadeia em que a empresa está inserida, com maior ou menor intensidade, tanto na logística de *inbound* (etapas prévias ao processo produtivo), quanto na logística de *outbound* (etapas posteriores ao processo produtivo). No que se refere ao espaço geográfico e percepção das distâncias, Polèse (1998) distingue três níveis de tratamento para análise econômica do espaço: como distância, como superfície e como lugar. O espaço como distância é referenciado nos estudos econômicos, com ênfase, principalmente, aos custos com transporte. Além do aspecto físico, é suscitada a questão da percepção da distância, que também pode ser influenciada por fronteiras políticas, diferenças de cultura, de idioma e diferenças sociais (POLÈSE, 1998). Para Fontanillas (2008), os processos aglomerativos são contraponto à influência das distâncias sobre as cadeias produtivas. A economia de aglomeração resulta da proximidade espacial de atividades semelhantes, vinculadas, ou complementares, localizadas em um espaço restrito. A partir da especialização em determinadas atividades, a aglomeração promove também sinergias e ganhos de escala (CASTELLS, 2000).

A sensibilidade aos custos de localização é outro ponto a ser verificado. Ela oscila, de acordo com a função econômica da atividade desempenhada e com a importância da localização para a viabilidade operacional e financeira da empresa. As atividades das empresas implicam em necessidades diferentes, no que tange a localização. As empresas de grande porte tendem a se estabelecer em cidades maiores, o que proporciona melhor infraestrutura e conexão nacional e internacional (serviços de entregas expressas, aeroportos, etc.). O fator preço contrapõe os atributos de localização. Conforme as qualidades físicas do local crescem, maior tende a ser o preço de compra ou locação. Com

base nisso, Cerqueira (2004) propõe que a organização deverá balancear a relação entre três fatores, de acordo com as suas possibilidades e demandas:

- Qualidade na localização
- Qualidade nas instalações do prédio
- Melhor preço

Percebe-se a crescente busca por localizações alternativas, principalmente nas cidades grandes (COHEN, 2000, FONTANILLAS, 2008). As exigências quanto à localização também variam, conforme a maturidade do produto. Atividades como desenvolvimento de *software* e *e-commerce* são exemplos de empresas menos sensíveis aos custos de localização, porém mais sensíveis às necessidades da sua mão-de-obra. Quanto mais qualificado e especializado são os recursos humanos, mais relevantes são as suas exigências. Já os principais custos inerentes à localização são: os preços dos aluguéis; os custos dos serviços e da infraestrutura; impostos (podem variar entre diferentes municípios ou estados); e os custos de mão-de-obra. Em locais carentes de infraestrutura e serviços, podem surgir custos extraordinários, devido à pequena oferta, ou à grande demanda. Nestas circunstâncias, o custo da mão-de-obra tende a ficar mais oneroso (CERQUEIRA, 2004).

A Figura 10 sintetiza o conhecimento gerado com a realização desta etapa da pesquisa. O formato da figura permite depreender que o avanço em cada uma das etapas aprofunda o conhecimento, estreitando o envolvimento do autor com o tema e sua propriedade para abordar o problema e propor soluções. Destaca-se a relevância dos modelos de decisão, da decisão multicritério e da decisão localizacional, os quais terão contribuições diretas para a construção do modelo de apoio à decisão multicritério. Desdobrando o espaço da decisão multicritério, evidencia-se a importância dos paradigmas, das problemáticas de referência, das abordagens e, sobretudo, dos métodos multicritério.

Figura 10 – Síntese geração conhecimento revisão bibliográfica

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A revisão de literatura realizada até aqui acumula conteúdo satisfatório, o que permite avançar nas demais etapas planejadas para a pesquisa: construção do modelo de apoio à tomada de decisão sobre a localização de unidades industriais, validação do modelo em grupo focal e aplicação deste em uma situação real. As consultas às bases bibliográficas serão oportunamente retomadas ao longo deste trabalho, à medida que surgir a necessidade de conceitos complementares e de constatações feitas em outros estudos.

4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Esta fase da pesquisa progride na edificação do modelo de apoio à decisão multicritério para localização geográfica de unidades industriais, a qual está estruturada na identificação das características de decisão multicritério que se mostram mais favoráveis à solução do problema da pesquisa; análise dos distintos métodos multicritérios, para estabelecer quais serão incorporados ao modelo proposto; mapeamento dos fatores relevantes e estruturação dos mesmos em critérios e subcritérios; realização de grupo focal com especialistas, para apresentar a versão inicial do artefato e capturar insumos para os ajustes no modelo de apoio à decisão.

4.1 MAPEAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

O conhecimento acumulado com a revisão sistemática da literatura relacionada à temática decisional proporciona as bases para depreender as características mais confluentes com a solução do problema da pesquisa. Almeida (2013) atribui ao analista de decisão a função de avaliar qual a racionalidade se adapta melhor ao perfil do decisor. Evidentemente, o êxito na definição das características a serem empregadas depende da avaliação prévia e aprofundada da natureza do problema e do mapeamento das características que podem favorecer a melhor solução. A compreensão sobre as etapas do processo decisório, dos distintos modelos de decisão e dos desdobramentos da decisão multicritério possibilitarão a representação formal e objetiva das variáveis a serem contempladas na situação estudada, levando em consideração a preferência dos decisores.

No tocante aos modelos de tomada de decisão identificados no processo decisório, o modelo processual apresenta características que se destacam no contexto da escolha da localização de unidades industriais, tais como: deter informações imperfeitas (vida real); a objetividade do modelo, combinada com a flexibilização das etapas, quando isto se justifica; o fluxo estruturado das atividades decisórias, o que possibilita a gestão dinâmica, em função dos acontecimentos. As características das escolas de decisão multicritérios também foram analisadas, desdobrando as perspectivas das problemáticas de referência, das abordagens e dos métodos de análise que podem ser empregados. As

classificações discreta e compensatória são evidenciadas pela natureza do problema pesquisado e, complementando com a caracterização da busca por uma solução satisfatória, a problemática de escolha ($P.\alpha$) é designada como referência.

Em casos de decisão localizacional, é relevante saber quanto uma alternativa se sobrepõe as demais, e não apenas saber qual é a melhor. Isto eleva a pertinência da ponderação dos critérios. Assim, um desempenho ruim em um critério pode ser compensado com um ótimo desempenho em outro. Isto é obtido através do paradigma racionalista da escola americana de decisão multicritério e da abordagem do critério único de síntese. As características mapeadas até então predisõem as vocações que o método multicritério deve apresentar. As análises que corroboram a escolha do método multicritério a ser incorporado ao modelo de decisão requerem maior detalhamento e serão explorados na seção 4.2. A combinação com mais de um método pode ser uma possibilidade, dada a complexidade do problema. Neste momento, é necessário ressaltar que:

- O fluxo adotado para definir as características de decisão multicritério incorporadas ao modelo evolui no sentido de sugerir as tendências mais aderentes ao problema. O mesmo não deve ser percebido com o intuito de estabelecer regras.

- Apesar de percebida a maior afinidade com características da escola americana, o modelo em construção declaradamente exercerá função de apoio ao processo de tomada de decisão.

4.2 ANÁLISE DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO

Esta seção promove a análise dos métodos multicritério abordados na revisão de literatura. As características do paradigma construtivista são percebidas nos métodos das famílias ELECTRE e PROMETHHE, cuja abordagem é voltada à sobreclassificação. Mesmo o modelo sendo idealizado para suportar a tomada de decisão, esta pesquisa aborda um problema real e a sua validação será obtida com a geração de uma resposta objetiva e estruturada. Tais atributos são alcançados através da problemática de escolha e da abordagem do critério único de síntese, alinhados com o paradigma racionalista.

Depreendeu-se que os métodos com problemática de preferência voltados para classificação (ranqueamento) são demasiadamente dependentes do conhecimento e

percepções do tomador de decisão. Isto pode ocasionar distorções nos resultados, no que se refere à avaliação das alternativas. Suas estruturas não demonstraram adesão à natureza do problema da pesquisa. Complementarmente, não foram encontradas referências de estudos aplicando os métodos DEA, TOPSIS, VIKOR e DEMATEL para escolha de localização geográfica.

A Análise Conjunta, ou método da preferência declarada, também foi analisada sob o prisma do tema deste estudo. Este método é amplamente empregado pela área de *marketing*, com o objetivo de avaliar o comportamento do consumidor e mapear as suas preferências. A sua vocação mercadológica, contudo, não atesta a pertinência da sua aplicação em casos de decisão sobre a localização de unidades industriais. As preferências dos entrevistados capturadas através da Análise Conjunta podem ser confirmadas, convertendo-se (oportunamente) em realidade, ou (eventualmente) podem não se concretizar. Por esta razão, Novaes *et al.* (1996) apontam ser comum a prática de recalibrar a função utilidade obtida mediante a preferência declarada, a partir de uma amostra de dados levantados em situações concretas. O ajuste dinâmico da função utilidade com base amostral não é tão facilmente aplicável em decisões de nível estratégico, que envolvem investimentos de longo prazo e os objetivos estratégicos de uma organização, como é o caso de escolha localizacional, cuja necessidade de reversão seria complexa, ou até inviável.

Por não exigir o estabelecimento dos pontos exatos de indiferença, assim como na análise tradicional de *trade-offs*, o FITradeoff requer um esforço cognitivo menor por parte do decisor, podendo resultar em uma taxa menor de inconsistências. É um método interativo e flexível, que busca uma solução para o problema a cada interação com o decisor e este pode suspender o processo, quando julgar apropriado. Dentre os métodos multicritério mapeados na revisão bibliográfica, o FITradeOff é o mais recente. Em pouco mais de 4 anos desde a sua criação, o mesmo já foi aplicado em problemas de localização, com considerável êxito e reconhecimento pelo meio acadêmico (UFPE, 2019). A flexibilidade proposta na sua modelagem, através da coleta parcial das preferências do decisor, confere perfil inovador ao método. Por outro lado, Almeida *et al.* (2016) enfatizam a necessidade de estudos direcionados para corroborar as vantagens de simplificação atribuídas ao método. Sendo assim, o mesmo ainda não confirma o rigor e robustez requeridos para realização desta pesquisa, a qual está alicerçada nos atributos do *Design Science Research*. Mesmo o FITradeoff apresentando potencial promissor,

ainda deverá sofrer aprimoramentos conceituais, até a sua consolidação entre os principais métodos multicritério.

A ponderação de fatores é considerada um método rústico e sem estruturação. Contudo, a facilidade da sua aplicação pode auxiliar, quando houver interesse, ou necessidade, de validar os resultados apurados com a aplicação de outros métodos. O MAUT apresenta fundamentos sólidos, tendo sido o precursor dos preceitos da escola americana de decisão multicritério. Talvez por esta razão, ele se confunda como abordagem e também como método. Ao estabelecer a abordagem do critério único de síntese, de certa maneira o MAUT já está sendo ocupado, o que tornaria redundante a sua utilização como método multicritério e um limitante heurístico da pesquisa e do modelo em construção.

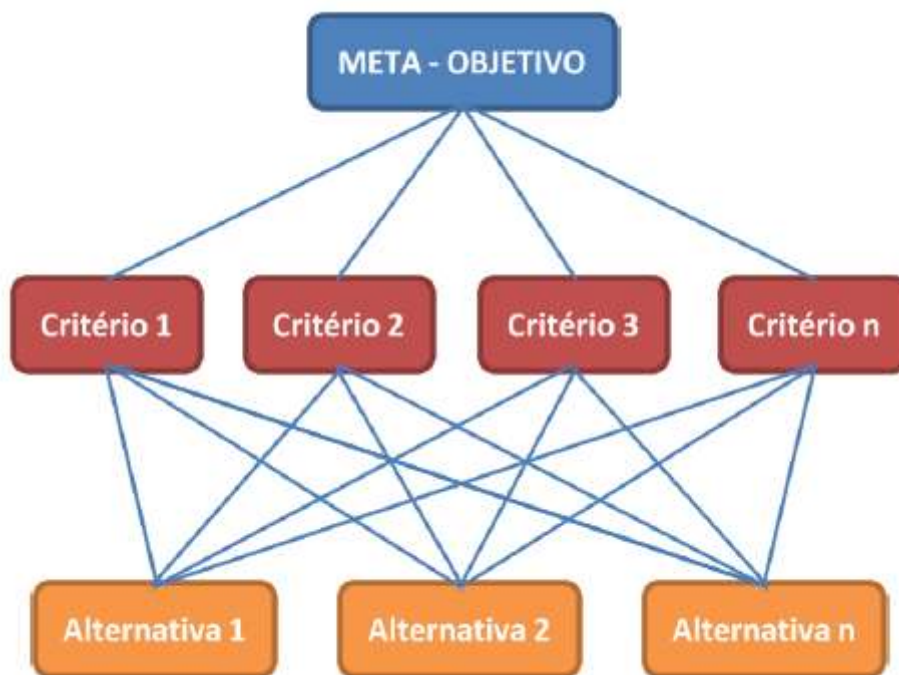
O método de Borda é considerado de fácil aplicação, sendo amplamente utilizado em situações práticas, em decorrência da sua simplicidade de cálculo. Mesmo apresentando imperfeições matemáticas, o método oferece justiça matemática ao sistema tradicional de escolha (eleição) e pode ser usado tanto para problemas de escolha, quanto de ordenação (FONTANILLAS *et al.*, 2014). Verifica-se a oportunidade de aplicação combinada do Borda com métodos mais robustos, conjugando os seus atributos de simplificação em situações de maior complexidade.

O comparativo entre ANP e AHP (SAATY, 2004) aponta que o AHP se aplica melhor, pois o problema abordado nesta pesquisa não apresenta interdependência entre fatores. Neste caso, a técnica de hierarquia, demonstrada na Figura 11, é mais eficiente. Além disso, também não foi possível constatar histórico de aplicação do ANP em análises de localização geográfica de unidades industriais.

O AHP é um método vastamente difundido e aplicado na literatura, tendo diversas publicações no ambiente acadêmico e profissional, com ênfase para casos de decisão multicritério nas organizações, sobretudo naqueles em que se caracterize o paradigma racionalista e a problemática de escolha. Saaty (1991) defende a estruturação do AHP de forma hierárquica e a comparação em pares de cada um dos seus fatores, sendo fiel a situações de vida real, uma vez que analisa os elementos mais importantes e a relação entres os diferentes elementos. Ressalta-se o histórico de sucesso de utilização do AHP, evidenciado em vários artigos: Zahedi (1986), Golden *et al.* (1989), Shim (1989), Vargas (1990), Saaty e Forman (1992), Forman e Gass (2001), Omkarprasad *et al.* (2006), Ho (2008), Liberatore e Nydick (2008), Sipahi e Timor (2010), Ishizaka *et al.* (2012), Arueira

(2014). Para os autores, a avaliação por pares de alternativas e critérios é o diferencial do AHP, que contribui para um resultado mais preciso do que a avaliação direta dentro da soma ponderada tradicional (MILLET, 1997; SAATY, 2004; SAATY, 2005; SAATY, 2006; WHITAKER, 2007).

Figura 11 – Estruturação Hierárquica do AHP



Fonte: Saaty (1991)

Através de formulação matemática, o AHP obtém consistência das respostas da matriz de prioridades criada pelo tomador de decisão. Desta forma, o método busca traduzir as prioridades do decisor de maneira que o resultado da avaliação reflita com fidelidade a realidade encontrada (ARUEIRA, 2014). Em contrapartida, a técnica de pareamento demanda mais avaliações do decisor, o que limita a utilização do AHP apenas para problemas com baixo número de critérios e alternativas. Em modelos onde é utilizada a combinação de mais de um método, a literatura indica que existe maior complexidade para implantação da ferramenta e, por esta razão, esses modelos são propostos para problemas mais complexos, quando os fatores podem apresentar interdependência ou subjetividade.

A seleção do local mais apropriado para a instalação de plantas industriais é fundamental na estratégia das organizações, uma vez que essa decisão leva a um

compromisso de longo prazo, gerando um impacto significativo na competitividade da organização (FONTE, 2018). Yang e Lee (1997) corroboram quatro pressupostos básicos para a aplicação do método AHP em um modelo de decisão sobre localização de instalações, quais sejam:

- A necessidade de instalar uma *facility* é plenamente justificável. O trabalho de seleção das alternativas é complexo o suficiente para requerer a opção pelo modelo, além de existirem recursos suficientemente disponíveis para conduzir a uma análise completa.

- Os decisores envolvidos devem possuir fortes preferências e *insights* sobre uma ou mais regiões geográficas para localização das instalações pretendidas antes do processo de escolha, de modo a selecionar um número razoável de locais candidatos.

- Os decisores possuem uma boa compreensão das operações e das variáveis envolvidas no processo de localização das instalações de maneira que a elicitação de suas escolhas reflita as preferências da organização.

- Os decisores fornecem seus julgamentos gerenciais e conhecimento especializado como informações (*inputs*), a serem integradas ao processo de solução do problema.

Foi observada, através da revisão bibliográfica, a utilização de diversos métodos de decisão multicritério, com diferentes abordagens e em diferentes contextos. Constatou-se que existe uma vasta quantidade de trabalhos que utiliza o método AHP, pelo fato de propiciar resultados objetivos e precisos, além de ser um método bem estruturado e facilitar implementação no ambiente corporativo. Colin (2007) ressalta que o AHP deve ser entendido como um processo que estrutura o pensamento para a tomada de decisão, e não um algoritmo que busca a solução do problema apresentado. O processo decisório utilizando AHP é tipicamente iterativo, permitindo o uso de análise de sensibilidade em qualquer parte do modelo, para verificação da resistência das alternativas a possíveis mudanças nas funções de utilidade empregadas, contribuindo para uma compreensão maior do problema por parte do decisor, como limitações ou abrangência.

Os resultados encontrados na literatura, relativos à aplicação de cada um dos métodos multicritério, associada à maturidade alcançada na percepção das características do problema desta pesquisa, atestam a pertinência de utilização do AHP. Por outro lado, ficou evidente que o emprego do AHP para análise pareada de uma quantidade elevada de critérios, subcritérios, ou alternativas pode tornar o processo estafante para o tomador de decisão, comprometendo a fidelidade dos resultados obtidos e, conseqüentemente, a

eficiência do modelo. Este contexto é potencialmente identificado em casos de decisão sobre localização de unidades industriais, que, dada a amplitude do tema, deverá englobar uma gama considerável de fatores a serem avaliados e pode considerar um volume de alternativas maior do que o indicado para a utilização do AHP.

A construção do modelo proposto por este trabalho requer a conjugação da robustez agregada pelo AHP com outro método multicritério igualmente consolidado no meio acadêmico, mas que confira dinamismo e menor esforço nas etapas mais complexas, as quais podem desviar a atenção do tomador de decisão e distorcer os resultados. Destaca-se a vocação do método de Borda para contribuir neste contexto, especificamente para a elicitação dos pesos das alternativas, sob o prisma de cada um dos subcritérios estabelecidos, enquanto a aplicação do AHP enfoca a elicitação dos pesos dos critérios e subcritérios.

A aplicação combinada destes dois métodos para problemas de decisão localizacional desponta como uma proposta inovadora no meio acadêmico, tendo em vista que não foram encontrados registros sobre estudos prévios desenvolvidos neste sentido. Além de auferir simplicidade e objetividade na utilização do modelo em situações reais, não deixará de cumprir com o rigor e robustez necessários para atestar a relevância acadêmica do artefato, com base na solidez estrutural e maturidade dos atributos percebidos nos dois métodos, extraindo o melhor de cada um deles para aproveitamento no modelo em construção. Destarte, concluída a análise dos principais métodos multicritérios, ratifica-se que o AHP e método de Borda serão aplicados conjuntamente na construção do modelo para decisão sobre a localização geográfica de unidades industriais.

4.3 DEFINIÇÃO DOS FATORES E DA HIERARQUIA DOS CRITÉRIOS

A imersão no contexto inerente à decisão localizacional, apresentada na seção 3.3, propõe as bases para estabelecer quais critérios e subcritérios devem ser incorporados ao modelo em desenvolvimento neste trabalho e como os mesmos serão hierarquizados. Esta seção é dedicada a analisar as constatações a respeito de decisão localizacional em estudos progressos. Também vai explorar as lacunas identificadas nas pesquisas anteriores e propor uma nova combinação de critérios a serem avaliados pelo tomador de decisão, por

meio da aplicação do modelo em desenvolvimento. Ao todo, foram mapeados dezoito estudos que abordam a temática de decisão localizacional, os quais são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Síntese dos estudos sobre localização de instalações

Nº	Título	Ano	Autores	Objetivo
1	Localização de um centro comunitário (Compaz) na cidade do Recife: uma aplicação do método FITradeoff.	2018	Maria Isabel Suassuna da Fonte	Propor um modelo multicritério de apoio à decisão, para escolha da localização de centro comunitário em Recife.
2	<i>Multicriteria Decision Making for Healthcare Facilities Location with Visualization Based on FITradeoff Method.</i>	2017	Marta Dell’Ovo; Eduarda Asfora Frej; Alessandra Oppio; Stefano Capolongo; Danielle Costa Morais; Adiel Teixeira de Almeida	Definir localização de unidades de saúde, baseado no método FITradeoff.
3	Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h.	2015	Rodrigo Amancio Briozo; Marcel Andreotti Musetti.	Propor método para definir localização de uma unidade de pronto atendimento do sistema público de saúde.
4	Definição de localidade para instalação industrial com apoio do método de análise hierárquica (AHP).	2014	José Roberto Xavier Alves; João Murta Alves	Auxiliar na tomada de decisão locacional de uma unidade fabril do ramo automotivo.
5	<i>Potential Hospital Location Selection Using Fuzzy-AHP: Na Empirical Study in a Rural India.</i>	2013	Debmallya Chatterje; Bani Mukherjee.	Localizar um hospital na zona rural da Índia.
6	<i>The Application of AHP Approach for Evaluating Location Selection Elements of Retail Store: A Case of Clothing Store.</i>	2013	Mehmet Akalin; Gulden Turhan; Azize Sahin.	Determinar a importância relativa de critérios de localização assim como localizar uma loja de roupas.
7	<i>Locating Urban Transit Hubs: Multicriteria Model and Case Study in China.</i>	2011	Jie Yu; Yue Liu; Gang-Len Chang; Wanjing Ma; Xiaoguang Yang.	Localização de Terminais de Transporte.
8	<i>Location of cargo terminals in metropolitan areas of developing countries: the Brazilian case.</i>	2011	Licínio da Silva Portugal; Andréa Vaz Morgado; Orlando Lima Júnior.	Localização de Terminais de Carga em área urbana na região metropolitana do Rio de Janeiro.

9	Um método multicritério para localização de unidades celulares de intendência da FAB.	2009	Kesia Guedes Arraes Gomes	Analisar o problema da localização estratégica das Unidades Celulares de Intendência da Força Aérea Brasileira no território nacional.
10	Identificação e Caracterização dos Critérios de Localização com vistas no estabelecimento de vantagem competitiva.	2008	Carlos Navarro Fontanillas.	Analisar os critérios para definir localização de empreendimentos comerciais, que agregam vantagem competitiva.
11	<i>Localization drivers in an emerging market: case studies from Thailand.</i>	2008	Phallapa Petison; Lalit M. Johri.	Analisar os fatores que influenciam a localização de empresas do setor automobilístico com subsidiárias na Tailândia e as respostas a estes drivers.
12	<i>A Decision Framework for Location Selection in Global Supply Chains.</i>	2007	Nukala Viswanadham; Sampath Kameshwaran.	Seleção de um local para investimento.
13	<i>Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis.</i>	2007	Cheng-Ru Wu; Chin-Tsai Lin; Huang-Chu Chen.	Seleção da localização ideal de hospitais em Taiwan.
14	<i>An analytic model for locating facilities strategically.</i>	2006	Fariborz Y. Partovi.	Localização de instalações.
15	Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoeletricas utilizando SIG.	2005	Kátia Livia Zambon; Adriano Alber de França M. Carneiro; Antônio Néelson Rodrigues da Silva; Jean Cesari Negri.	Localização de Usinas Termoeletricas (UTES).
16	<i>Business Location Decision-Making and the cities: bringing companies back.</i>	2000	Natalie Cohen	Identificar as razões-chave para escolha de uma cidade para localização de um negócio.
17	<i>An AHP decision model for facility location selection.</i>	1997	Jiaqin Yang; Huei Lee	Localização de instalações.
18	<i>The determinants of location choices for food processing plants.</i>	1989	Rigoberto A. Lopez; Nona R. Henderson.	Explorar a importância das alternativas e dos fatores pessoais que impulsionam a decisão de selecionar uma localização.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Deste universo de pesquisas mapeadas, sete discorreram especificamente sobre a localização geográfica de operações industriais e comerciais. Os fatores explorados nestas pesquisas, bem como os segmentos da indústria aos que as mesmas estão vinculadas, é sumarizada no Quadro 7.

Quadro 7 – Fatores explorados nos estudos de localização de instalações industriais e comerciais

Autor	Segmento	Fatores
Lopez e Henderson; 1989	Processamento de alimentos nos Estados Unidos.	<ul style="list-style-type: none"> - Mercado - Infraestrutura - Leis trabalhistas - Disponibilidade de RH - Questões ambientais, políticas, fiscais/ tributárias.
Yang e Lee; 1997	Estabelecimentos comerciais e industriais.	<ul style="list-style-type: none"> - Acesso ao mercado (vital) - Acesso aos fornecedores - Acesso à comunidade e autoridades (vital) - Ambiente competitivo - Leis e regulamentações - Recursos Laborais (vital) - Impostos e financiamento - Opções de transporte (vital) - Serviços básicos de utilidade pública
Cohen; 2000	Potencial das cidades para atrair organizações.	<ul style="list-style-type: none"> - Função do negócio - Segmento da atuação - Maturidade do produto ofertado - Cultura do negócio - Estratégia competitiva da empresa
Partovi; 2006	Processamento de alimentos, plásticos e produtos químicos.	<ul style="list-style-type: none"> - Econômico - Tecnológico - Social - Político - Ambiental

Fontanillas; 2008	Estabelecimentos comerciais e industriais.	<ul style="list-style-type: none"> - Localização geográfica - Distâncias - Infraestrutura - Custos - Demandas - Sinergias - Ganhos de escala
Petison e Johri; 2008	Automotivo em mercados emergentes.	<ul style="list-style-type: none"> - País de destino (economia, política de governo, ambiente, cultura, idioma) - Indústria local (grau de competição, maturidade dos fornecedores) - Mercado local (clientes, condições de uso) - Empresa (filosofia, experiência prévia)
Alves e Alves; 2015	Automotivo.	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidade de matéria-prima - Energia elétrica - Água - Mão-de-obra - Facilidades e incentivos fiscais - Qualidade de vida e serviços sociais - Localização dos concorrentes

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A revisão bibliográfica e a análise das pesquisas anteriores sobre a escolha de localização concederam conhecimento conceitual e propriedade suficientes a respeito do problema, o que permite inferir quais os critérios devem ser avaliados no modelo de apoio à decisão multicritério, bem como o desdobramento em subcritérios. Os critérios propostos por esta pesquisa são apresentados e caracterizados a seguir:

- **Acesso à cadeia (AC):** este critério está relacionado à facilidade de acesso aos elos da cadeia produtiva, analisando, essencialmente, os impactos das distâncias e das condições estruturais atuais (disponibilidade de fretes, conservação das estradas, etc.) para os fluxos físicos de insumos e de materiais acabados.

- **Estrutura Operacional (EO):** o foco deste critério está nos principais dispêndios inerentes ao desenvolvimento da atividade operacional da empresa, excetuando as despesas com logística e mão-de-obra.

- **Incentivos Estruturais (IE):** neste critério, são avaliados os estímulos oriundos das instâncias governamentais, através de investimentos em infraestrutura, visando aumentar a atratividade para o estabelecimento de novas empresas, no que tange o fomento econômico das regiões.

- **Incentivos Fiscais (IF):** semelhante ao critério anterior, porém com enfoque nos estímulos governamentais traduzidos em redução, suspensão ou isenção de impostos e tributos.

- **Recursos Humanos (RH):** a importância dos recursos humanos e a sua influência na decisão sobre a localização de uma empresa são mensurados neste critério.

- **Tecnologia (T):** este critério avalia impactos ao *status quo* do processo produtivo, bem como a contribuição através de adventos tecnológicos, que incrementem os fluxos operacionais e agreguem competitividade ao portfólio atual e/ou potencial de lançamento de novos produtos/serviços.

- **Fatores-macro (FM):** este critério engloba os fatores externos, que não são geridos pelas empresas, mas exercem influência sobre os seus negócios e, por isso, não devem deixar de ser monitorados pelas organizações.

O conceito básico do método AHP propõe que um problema decisório pode ser estruturado de maneira hierárquica, onde o topo da hierarquia contém a sua descrição geral, ou objetivo, e no nível abaixo estão os critérios (atributos, ou fatores) que são levados em consideração na abordagem. Se necessário, estes critérios podem ser desdobrados em subcritérios, e assim sucessivamente, criando novas hierarquias. Com isso, um problema decisório complexo é desdobrado em problemas menores, que serão abordados separadamente e, depois, novamente agregados para obter a solução final do problema maior. No que se refere ao desdobramento hierárquico do problema da pesquisa em subcritérios, tem-se:

- **Acesso aos fornecedores-chave (AFC):** subcritério vinculado ao critério de acesso à cadeia, que pondera a proximidade dos principais fornecedores, ou o nível de facilidade dos fluxos físicos de insumos produtivos.

- **Acesso aos clientes-chave (ACC):** também vinculado ao critério de acesso à cadeia, este subcritério avalia a proximidade dos principais clientes, ou o nível de facilidade dos fluxos físicos de produtos acabados.

- **Trade-offs logísticos (TOL):** subcritério para análise dos impactos da função logística (disponibilidade de fretes, custos dos fretes, acesso às rodovias, qualidade das rodovias, disponibilidade de modais alternativos) de cada uma das alternativas.

- **Custo da energia elétrica no mercado cativo (CEEC):** pondera os reflexos dos custos da obtenção de energia elétrica através dos operadores de contratação regulada (ACR), para a decisão sobre a localidade do parque fabril, no critério de custos operacionais.

- **Acesso à energia do mercado livre (AEEL):** avalia a disponibilidade de obtenção de energia elétrica, através do ambiente de contratação livre (ACL).

- **Custo de locação predial (CLP):** considera a representatividade dos valores relativos à locação predial na decisão sobre a localização da unidade industrial.

- **Adequação industrial (AI):** analisa o atendimento aos requisitos, para receber a operação da empresa, e/ou os custos que incorrerão para a sua adequação.

- **Terraplanagem e urbanização (TU):** incentivo estrutural utilizado por municípios e estados para desenvolver a economia regional. Avalia a repercussão deste incentivo na decisão sobre o local da unidade industrial.

- **Doação de terreno (DT):** incentivo estrutural utilizado por municípios e estados, como contrapartida para desenvolver a economia regional. Avalia a repercussão deste incentivo na decisão sobre o local da unidade industrial.

- **Doação de prédio (DP):** incentivo estrutural utilizado por municípios e estados, como contrapartida para desenvolver a economia regional. Avalia a repercussão deste incentivo na decisão sobre o local da unidade industrial.

- **ICMS:** Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços. Em termos internacionais, equivale ao VAT (*Value Added Tax*). É um tributo de competência estadual, cuja alíquota varia em todas as unidades federativas. No intuito de captar novos empreendimentos, alguns estados trabalham com alíquotas reduzidas, suspensão temporária, ou isenção deste tributo, o que se caracteriza em um grande incentivo fiscal, a ser considerado na decisão sobre a localidade de unidades industriais.

- **PIS/COFINS/IPI/II:** o Programa de Integração Social, a Contribuição para Financiamento da Seguridade Social, o Imposto sobre Produtos Industrializados e o

Imposto de Importação são tributos recolhidos na competência federal. Existem programas de incentivo da federação que trabalham com a sua suspensão, tais como REIDI (Regime Especial de Incentivos para Desenvolvimento da Infraestrutura) e REPORTO (regime tributário para incentivo à modernização e ampliação da estrutura portuária). Apesar de representarem importantes incentivos fiscais, acabam ficando restritos a determinadas circunstâncias e que requerem contrapartidas que apenas empresas de maior envergadura têm condições de comprometer. De qualquer maneira, representa uma vantagem importante na avaliação das alternativas para a localização das empresas, dado que fornecedores deste tipo de projeto podem pleitear a coabitação aos incentivos.

- **IRPJ/CSLL:** o Imposto de Renda Pessoa Jurídica é um tributo de competência federal, aplicável às pessoas físicas e jurídicas domiciliadas no Brasil. A Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido é uma contribuição criada pela Lei 7.689/1988 para que todas as Pessoas Jurídicas e as equiparadas pela legislação do Imposto de Renda possam apoiar financeiramente a Seguridade Social. Existem autarquias governamentais que atuam na promoção do desenvolvimento específico de determinadas regiões, que utilizam, entre outros atributos, a redução das alíquotas de imposto de renda para empresas estabelecidas na região, tais como SUDAM (Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia), SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste), SUDECO (Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste), DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) e CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba). Avaliar qual a vantagem para alternativas contempladas por este tipo de situação.

- **Qualificação da mão-de-obra local (QMOL):** em função do tipo de produto, nível evolutivo do processo produtivo e demais fatores inerentes, este subcritério pode ter maior ou menor repercussão na escolha do local.

- **Mobilidade da mão-de-obra atual (MMOA):** avaliar se as pessoas consideradas chave na configuração do negócio dispõem de mobilidade geográfica, bem como os custos relacionados e a influência deste subcritério sobre a tomada decisão.

- **Salários, encargos e benefícios (SEB):** determinadas regiões podem contemplar níveis de salários, encargos ou benefícios diferenciados, impactando na matriz de custos da operação e podendo repercutir na decisão. Este subcritério também analisa a barganha dos sindicatos na região onde as alternativas se situam.

- **Processo produtivo (PP):** avaliar pontos positivos e negativos das alternativas em relação aos procedimentos operacionais atuais da organização.

- **Potencial de expansão (PE):** considera a capacidade de lançamento de novos produtos e/ou serviços, propiciados pelas características da alternativa de localização.

- **Novas tecnologias (NT):** analisar se a alternativa de localização contribui para o acesso à novas tecnologias (polo industrial, polo tecnológico, *benchmarks*).

- **Estabilidade política (EP):** dentro do critério de fatores-macro, este subcritério pondera sobre as condições políticas nos territórios onde as alternativas estão localizadas. O cenário regional não deve apresentar grandes distorções, devendo-se perceber oscilações mais latentes somente se as alternativas estiverem em países diferentes.

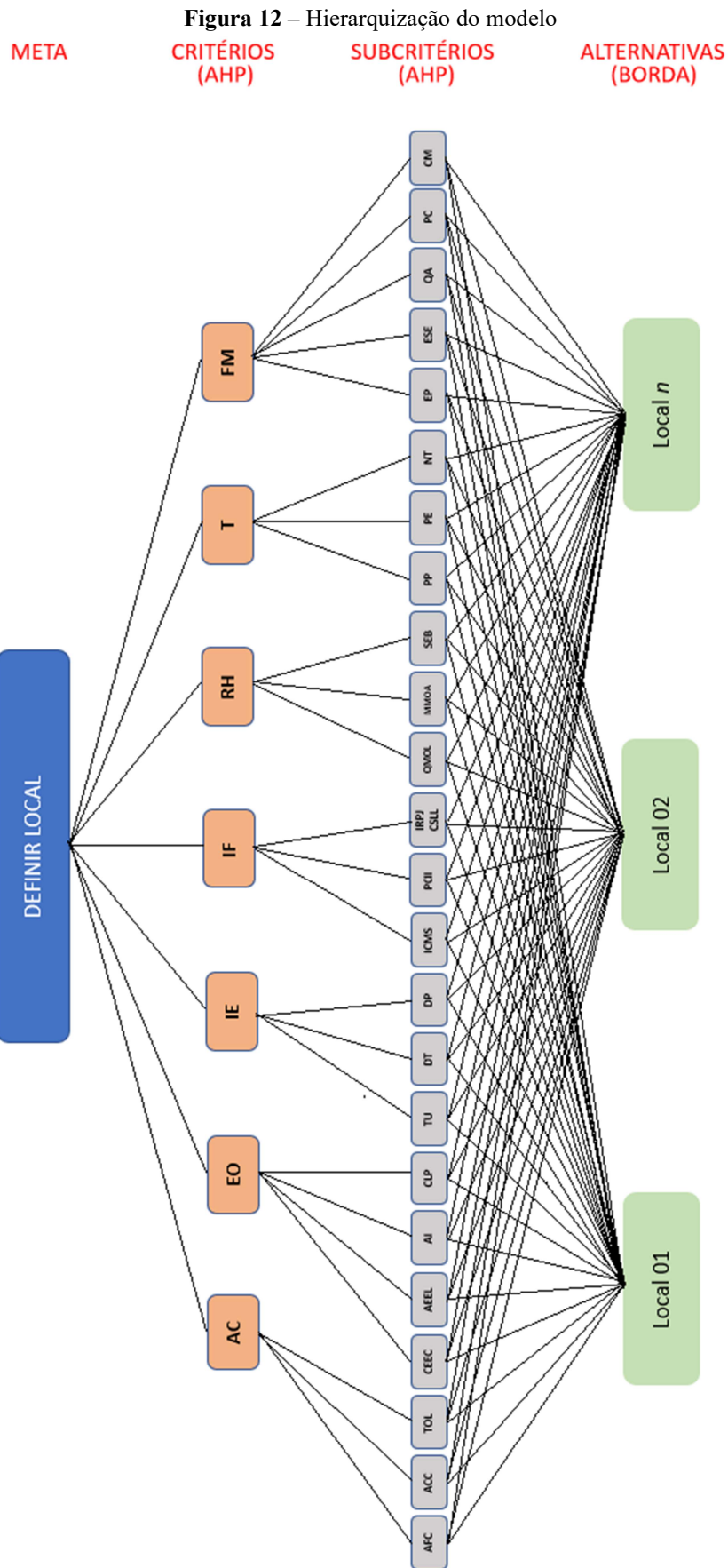
- **Estabilidade socioeconômica (ESE):** subcritério que avalia, dentro dos fatores-macro, as condições sociais e econômicas do entorno das alternativas avaliadas e quanto isso influencia na tomada de decisão. Distorções mais latentes serão percebidas principalmente quando houver alternativas em países diferentes.

- **Questões ambientais (QA):** quão madura é a legislação ambiental nos locais considerados e quanto isso pode influenciar na decisão? Distorções mais latentes serão percebidas principalmente quando houver alternativas em países diferentes.

- **Posicionamento dos concorrentes (PC):** analisar se as alternativas colocam a empresa em relação de vantagem ou desvantagem, na comparação com o posicionamento dos concorrentes. Este subcritério também avalia as condições de possíveis substitutos e de novos entrantes.

- **Condições de mercado (CM):** avaliar quanto as oscilações nas condições de mercado podem tornar as alternativas mais ou menos atrativas.

No último nível da estrutura hierárquica serão encontradas as alternativas consideradas na análise. O significado do posicionamento das alternativas na base é que cada uma delas será analisada individualmente, somente sob a óptica dos subcritérios (e/ou critérios) nas últimas ramificações da estrutura. A Figura 12 representa visualmente a meta, os critérios de decisão sobre a localização de unidades industriais levantados, os respectivos subcritérios estabelecidos e os *links* com as alternativas, respeitando o método multicritério adotado em cada uma das etapas. Foram adotados os acrônimos mencionados entre parênteses nas descrições dos fatores, na tentativa de despoluir a visualização da hierarquia dos critérios e subcritérios.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Foi possível determinar quais são os fatores essenciais, corroborados por estudos de outros autores. Ao mesmo tempo, as lacunas encontradas geram a oportunidade de propor uma nova combinação de fatores a serem avaliados, não identificada na literatura. As lacunas também se estendem à estruturação da hierarquia, ao agrupamento dos subcritérios, à adaptação das nomenclaturas e descrição dos fatores. Não foram identificados artefatos que contemplassem esta disposição e amplitude de abordagem, até então.

A sistemática proposta será replicada na plataforma de um *software* AHP. Isto tornará a aplicação do modelo mais dinâmica, para a avaliação pareada dos critérios e subcritérios. O método de Borda, a ser utilizado para elicitação dos pesos das alternativas, já é simples em sua essência e dispensa a necessidade de aplicação através de um *software*, requerendo apenas uma planilha eletrônica para suporte.

Aventou-se a possibilidade de estabelecer um critério (ou subcritério) que avaliasse exclusivamente fatores financeiros. Contudo, dada a relevância deste tipo de informação no contexto de uma decisão, a atribuição de pesos poderia distorcer as análises das preferências do decisor. Por isso, optou-se por estabelecer a análise deste tipo de atributo, distribuídos intrinsecamente entre os demais critérios estabelecidos para o modelo, de maneira que isso não traga prejuízos aos resultados apurados com o modelo. Reitera-se que, no modelo em construção, a atribuição dos pesos de cada fator compete ao tomador de decisão. Esta atividade será abordada com maior riqueza de detalhes nos desdobramentos da seção 5.1.

4.4 DEFINIÇÃO DO *SOFTWARE* AHP

A construção do modelo de decisão passa pela escolha da plataforma a ser utilizada. A definição do AHP como método para elicitação dos critérios e subcritérios abre um leque de opções: Expert Choice, Super Decisions, Marke It Rational, Transparent Choice, Smart Choice e Easy AHP. Os mesmos foram analisados, com base nas informações obtidas nos *websites* dos seus desenvolvedores e nas percepções contraídas pela utilização das versões de teste, quando disponíveis. Rodrigues (2017) propõe a verificação dos seguintes requisitos para incorporação ao modelo de decisão:

- **Definir o objetivo:** identificar e informar o problema a ser resolvido, ou a decisão a ser tomada.

- **Listar e decompor os critérios:** criação de uma lista hierarquizada de critérios de seleção.

- **Comparar os critérios:** nesta etapa, os critérios do mesmo nível hierárquico são comparados par-a-par, a fim de se obter o peso e a importância relativa de cada critério.

- **Avaliar inconsistências:** são avaliações incoerentes que podem influenciar o resultado, distorcendo os dados que são utilizados na tomada de decisão. Um exemplo simples de inconsistência é uma avaliação do tipo $A > B$, $B > C$ e $C > A$. O método AHP aceita um índice de inconsistência de até 10%. O *software* deve apresentar o índice de inconsistência ao final da comparação dos critérios. Caso esse índice seja maior que 10%, é necessário revisar as comparações.

Para problemas onde não é necessário comparar as alternativas, como uma priorização de tarefas, avaliação de riscos, ou avaliação da importância de fornecedores, os requisitos acima são suficientes. No caso de problemas que incluem seleção (escolha), como é o caso de localidade geográfica de unidades industriais, torna-se necessário também:

- **Listar Alternativas:** destacar as alternativas, dentre as quais se deseja saber a que foi melhor avaliada.

- **Comparar as alternativas:** está relacionada à comparação entre duas alternativas de um determinado critério.

- **Calcular Resultado:** abrange o cálculo do resultado que ocorre após as comparações das alternativas e revela se há índice de inconsistência superior ao permitido. Não havendo, o próximo passo é a avaliar os resultados, por meio de relatórios e gráficos.

Os requisitos apresentados são plenamente atendidos por todos os *softwares* avaliados. O Super Decisions apresentou bom desempenho nos requisitos básicos, sem limitação de critérios, alternativas, ou prazo para utilização. Outro atributo favorável é o viés acadêmico e sem fins lucrativos dos desenvolvedores da ferramenta. Diferentemente das demais opções, concebidas por organizações com viés comercial, a fundação que desenvolve e atualiza as versões gratuitas do Super Decisions sobrevive de doações voluntárias e tem como principal objetivo fomentar a pesquisa na academia e no meio

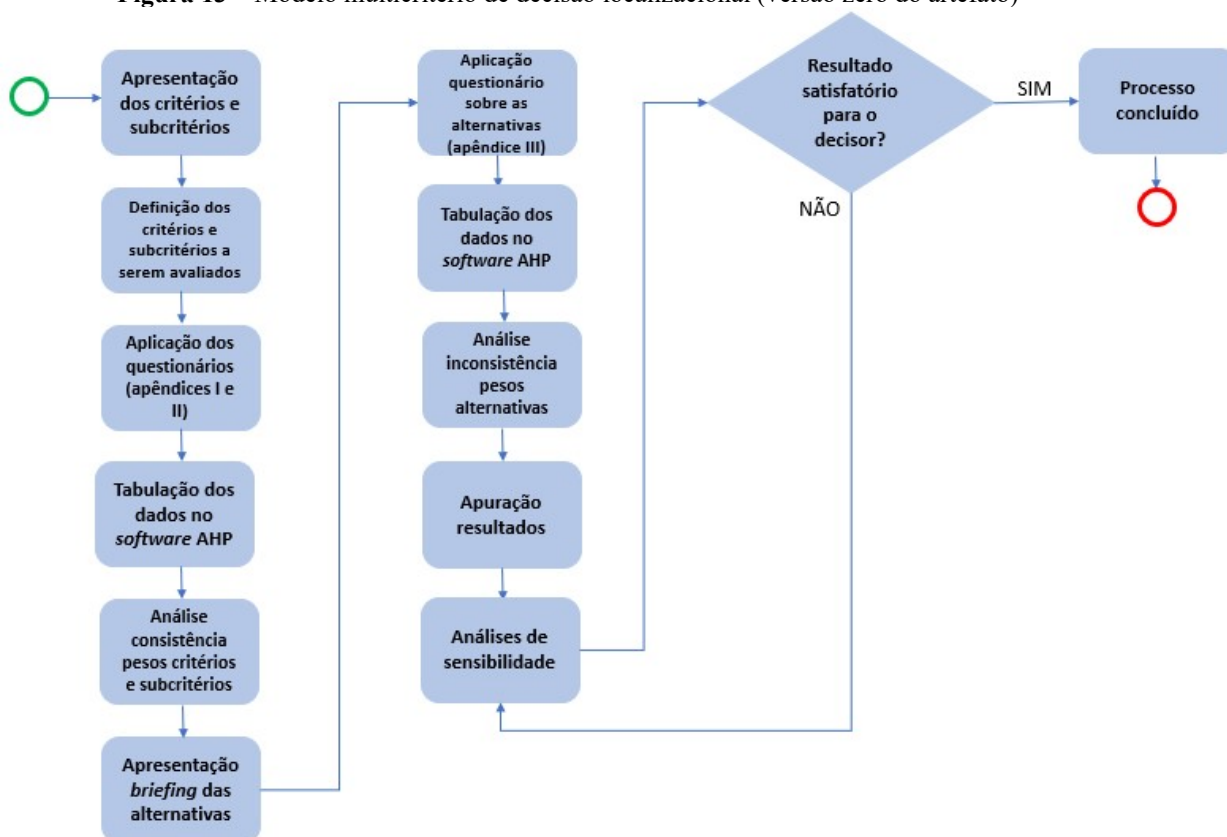
corporativo. Esta característica é confluyente com a proposta deste trabalho, de promover a geração de conhecimento.

Com base nas informações apresentadas, o Super Decisions, versão livre V2.8 *for Windows*, criado pela equipe liderada por Thomas Saaty e disponibilizado pela Creative Decisions Foundation, foi o *software* escolhido para ser utilizado no modelo de apoio à decisão multicritério sobre localização de unidades industriais, face à aderência com o direcionamento dado à pesquisa. É importante reiterar que, no modelo proposto por esta pesquisa, o AHP será ocupado para avaliação pareada dos critérios e dos subcritérios, sendo o *software* uma ferramenta de suporte restrita a estas etapas. O método de Borda será aplicado para elicitação dos pesos das alternativas, com suporte de uma planilha eletrônica. É possível utilizar sequência proposta por Vieira (2006), apresentada na Figura 5 (subseção 3.2.6.2), originalmente orientada apenas para o AHP, mesmo o modelo combinando a aplicação deste com o método de Borda.

4.5 GRUPO FOCAL

A realização de grupo focal é uma atividade estabelecida na metodologia de trabalho, com intuito de analisar a versão inicial do artefato (Figura 13), identificar e promover os ajustes necessários, com a finalidade de promover a aplicação da versão revisada do mesmo em um caso. O evento foi realizado em março de 2019, nas dependências da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e contou com a participação de cinco especialistas, com estudos concentrados em: métodos quantitativos, logística, estatística, custos, processos e métodos multicritério. Inicialmente, introduziu-se o problema, o contexto e os objetivos da pesquisa, bem como as metodologias empregadas.

Figura 13 – Modelo multicritério de decisão localizacional (versão zero do artefato)



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Ao ingressar na apresentação da versão zero do artefato, foram intercalados questionamentos direcionados aos participantes, para os quais as respostas obtidas são descritas no Quadro 8.

Quadro 8 – Síntese das percepções capturadas no grupo focal.

Tema	Perguntas Direcionadas	Percepções dos participantes
Fluxo Definição Modelo	- Qual a sua percepção sobre o fluxo proposto para definição das características do método multicritério?	- Agrupar etapas no fluxo de definição do método multicritério. - Ajustar o fluxo para enfatizar as escolhas. - Caracterizar a evolução do fluxo como uma sugestão ou tendência, e não como uma regra.
Definição Critérios	- Qual a sua percepção sobre os critérios estabelecidos?	- Discussão sobre o critério Custos Operacionais e sugestão de classificação como Estrutura Operacional.

	- Sugere inclusão ou exclusão de fatores a serem avaliados no modelo de decisão multicritério?	- Ausência de critério que avalie fatores relacionados a produto/serviço, ciclo de vida e tecnologia.
Definição Subcritérios	- Qual a sua percepção sobre os subcritérios estabelecidos? - Sugere inclusão ou exclusão de fatores a serem avaliados no modelo de decisão multicritério?	- Discussão sobre o subcritério Função Logística e sugestão de classificação como <i>Trade-Offs</i> Logísticos. - Ausência de subcritérios que avaliem produto/serviço, ciclo de vida e tecnologia.
Hierarquia dos Critérios/ Sugestão Limites	- Qual a sua percepção sobre a hierarquia/agrupamentos estabelecidos? - Quais as suas considerações sobre a sugestão de quantidades de critérios, subcritérios e alternativas?	- Sem comentários. - Atribuir a possibilidade de restringir critérios/subcritérios ao tomador de decisão.
Questionários/ Atribuição dos pesos	- Qual a sua percepção sobre este procedimento para atribuição dos pesos? - Que melhorias podem ser implementadas nos questionários, ou nas suas aplicações?	Revisar o método para atribuição de pesos das alternativas. Considerar MAUT ou BORDA, em função da excessiva quantidade de comparações pareadas através do AHP. - Sugestão de aplicar os questionários ao tomador de decisão em momentos distintos, visando evitar fadiga e possível queda do interesse pela atividade, o que pode acarretar dispersão e respostas imprecisas.
Artefato Versão Zero	- Na sua opinião, análises de consistência e de sensibilidade devem envolver novamente o tomador de decisão? - Qual a sua percepção geral sobre esta versão do artefato? E o que pode ser melhorado?	- Com certeza, o tomador de decisão deve ser envolvido nas etapas de análise das informações. - Avaliar pertinência e viabilidade das melhorias sugeridas durante o grupo focal. Certificar que, entre as pesquisas realizadas recentemente sobre o tema, não há um modelo pronto (listar os <i>cases</i>).

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Com base nos *inputs* alcançados com a realização do grupo focal, alguns ajustes foram promovidos no artefato e, conseqüentemente, na estrutura da pesquisa. Os ajustes sugeridos para o fluxo de definição do método multicritério foram considerados para o conteúdo apresentado na seção 4.1. No que se refere à definição dos critérios e subcritérios, as discussões conceituais sobre estrutura operacional levaram à atualização da sua descrição no rol de critérios (seção 4.3). O mesmo ocorreu com a alteração do subcritério agora descrito como *trade-offs* logísticos. Promoveu-se a agregação do critério denominado tecnologia, o qual ataca a carência identificada na avaliação de processo produtivo, potencial de expansão e acesso a novas tecnologias, com subcritérios para avaliar cada um destes fatores especificamente.

Na análise sobre a possibilidade de estabelecer um limite de critérios, subcritérios e alternativas para o artefato, foi consenso que esta definição deve ser outorgada ao tomador de decisão, que poderá avaliar todos os fatores apresentados pelo modelo, ou restringir apenas àqueles que, no seu entendimento, são relevantes para o caso em avaliação. O decisor também poderá requerer o acréscimo de fatores.

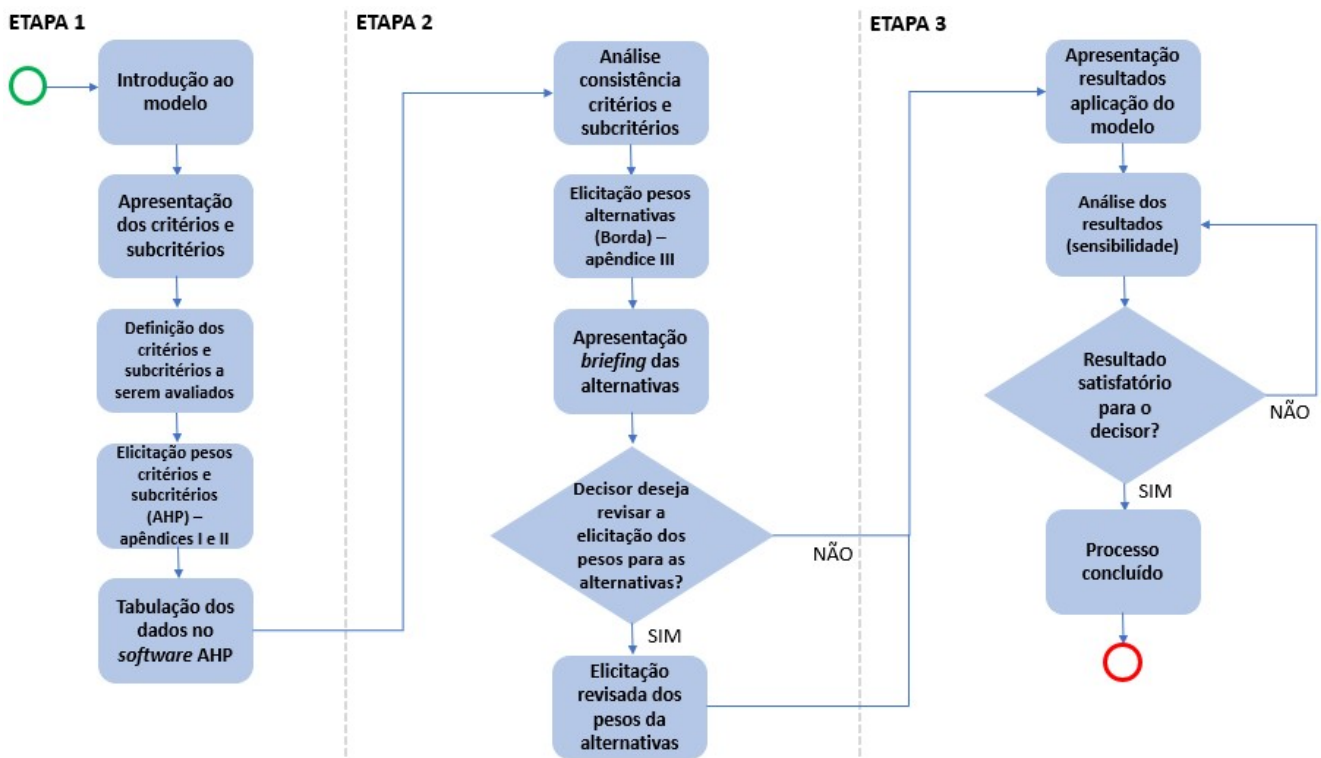
As percepções dos especialistas, capturadas durante a participação no grupo focal, também levaram a revisão do método a ser utilizado na atribuição dos pesos para as alternativas. Preservou-se os predicados alcançados com a utilização do método AHP na atribuição de pesos dos critérios e subcritérios e foram adicionadas revisões bibliográficas relativas ao MAUT (como método multicritério e não como abordagem) e ao método de Borda. A análise dos métodos, realizada na seção 4.2, demonstrou que o método de Borda atende às necessidades desta pesquisa de maneira mais consistente, culminando em um modelo híbrido de decisão multicritério sobre localização de unidades industriais.

A aplicação dos questionários em sessões com menor tempo de duração e dividida em etapas a ocorrer em datas distintas também foi ratificada no grupo focal. Assim, é possível garantir a concentração do decisor e atenuar o risco de respostas desconexas, em função da dispersão que pode ocorrer em atividades muito extensas. Isso também permite conjugar a aplicação dos questionários com a apresentação de resultados parciais, bem como realizar as análises de consistência das etapas em que se utiliza o AHP, configurando o emprego dos questionários como uma parte das etapas da aplicação do modelo em si. Os desdobramentos da aplicação do modelo e o detalhamento do que está contemplado em cada momento são descritos ao longo do capítulo 5. De acordo com os participantes do grupo focal, o envolvimento do tomador de decisão nas etapas de análise

dos resultados é de suma importância para conferir robustez ao modelo proposto pela pesquisa.

Em sua grande maioria, as contribuições dos especialistas durante a realização do grupo focal se mostraram pertinentes e viáveis, do ponto de vista de aprimoramento do artefato. A sugestão de verificar se já existe um modelo pronto, que tenha sido concebido em outras pesquisas sobre o tema e que se aplique ao problema deste trabalho, é atendida na seção 4.3 (Quadro 6 e Quadro 7). Ao todo, foram mapeados dezoito estudos, realizados nos últimos trinta anos. Nesta amostra, é possível perceber o interesse crescente pelo tema a partir de 2005, reunindo quinze pesquisas realizadas desde então e novas publicações em intervalos inferiores a dois anos. Constatou-se que as pesquisas propõem modelos, mas que em muitos casos, estes são direcionados a outros problemas de localização, como: centros comunitários, unidades de saúde (hospitais e unidades de pronto atendimento), bases militares, terminais de carga, usinas termoeletricas, pontos comerciais. Em outros, o problema de localização de unidades industriais é evidenciado, porém a vinculação dos estudos com ramos específicos, como o automotivo ou o alimentício, inibem a replicação dos modelos de maneira universal, dadas as peculiaridades destes segmentos. A revisão do artefato é apresentada na Figura 14.

Figura 14 – Modelo multicritério de decisão localizacional (versão 1.0 do artefato)



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Identificaram-se pesquisas que apresentam modelos, cujo intuito é a ampla utilização pelas indústrias em geral. Mesmo assim, ainda foram percebidas lacunas que a presente pesquisa busca atender, através de uma combinação de critérios e subcritérios mais abrangentes e da proposição de um modelo que se sustenta nos preceitos da escola americana de decisão multicritério, mas compreende a sua função de suporte e se dispõe desta maneira no processo decisório. Por estas razões, ratifica-se a oportunidade delineada neste estudo, com a construção do modelo de apoio à decisão para definir a localização de unidades industriais.

A revisão do modelo advinda das contribuições do grupo focal, materializada na versão 1.0 do artefato (Figura 14), será aplicada a um caso para validação. Este capítulo contemplou as ações necessárias para o desenvolvimento do artefato proposto para esta pesquisa. A conclusão destas ações propicia a validação do modelo, através da sua aplicação em um caso, no capítulo que segue.

5. APLICAÇÃO DO MODELO EM UM CASO

Nesta etapa da pesquisa, os esforços estão concentrados na validação do modelo de apoio à decisão localizacional, através da sua aplicação em um caso prático, e comparação dos resultados com a perspectiva real da empresa avaliada. Isto ocorre a partir da caracterização da empresa objeto do caso e do contexto enfrentado por ela, discriminados na seção 2.3. Os desdobramentos do presente capítulo seguiram o fluxo proposto pela versão 1.0 do artefato, com ênfase para: exposição das premissas utilizadas para estabelecimento dos pesos par-a-par dos critérios, subcritérios e alternativas; caracterização das alternativas que estão sendo avaliadas, as quais contemplam as condições e necessidades apuradas pela empresa (ou o maior número possível); análise de sensibilidade e demais procedimentos inerentes à avaliação das alternativas para a decisão multicritério sobre a localização geográfica de uma unidade industrial. O modelo irá processar as informações e apontar, de maneira lógica e objetiva, a melhor alternativa a ser escolhida, servindo de apoio à tomada de decisão. Posteriormente, os resultados apurados passam pelos procedimentos de análise e as constatações do autor a partir da aplicação do modelo no caso são apresentadas.

5.1 ELICITAÇÃO DOS PESOS

Na sequência proposta por Vieira (2006), primeiro devem ser verificadas as alternativas, para então definir os critérios. Porém, o modelo que está sendo validado foi desenvolvido a partir das premissas da tomada de decisão processual, que permite a flexibilização justificada de etapas do processo. Logo, para esta pesquisa, optou-se por priorizar a aplicação dos questionários relativos aos critérios e subcritérios (apêndices I e II), para então capturar as preferências sobre as alternativas (apêndice III).

Outra proposição da sequência de Vieira (2006), originalmente orientada para aplicação do método AHP, mas que nesta pesquisa foi adotada para a aplicação combinada deste com o método de Borda, solicita o mapeamento de quem toma a decisão. No caso em estudo, trata-se de uma atribuição do diretor geral da unidade, que responderá aos questionários com base no seu conhecimento e preferências, sendo-lhe facultada a consulta das percepções do corpo gerencial da empresa para questões específicas, a seu

juízo. Posteriormente, a sua escolha será referendada pelo conselho de administração e comitê de acionistas, respeitando os procedimentos internos da empresa.

A realização desta atividade requer máxima concentração e disponibilidade do decisor. Contudo, o longo tempo de duração tende a ser estafante e pode ocasionar distorções nas informações capturadas. Por este motivo, optou-se por desdobrar a aplicação do modelo em três fases, conjugando coleta de informações, validações e análises, com o objetivo de tornar o processo mais dinâmico e manter o foco do tomador de decisão. O Quadro 9 desdobra as atividades a serem cumpridas em cada uma das etapas de aplicação do modelo ao caso.

Quadro 9 – Etapas de aplicação do modelo ao caso

Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
<ul style="list-style-type: none"> - Introdução ao modelo de apoio à decisão localizacional. - Apresentação dos critérios. - Apresentação dos grupos de subcritérios. - Definição (pelo decisor) sobre os critérios e subcritérios que devem ser considerados na continuidade da aplicação do modelo. - Aplicação do questionário de avaliação pareada dos critérios, através do método AHP (apêndice I). - Aplicação do questionário de avaliação pareada dos subcritérios, através do método AHP (apêndice II). 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação dos resultados obtidos com as respostas capturadas na sessão anterior. - Análise de consistência das informações apresentadas, de acordo com o conceito estabelecido pelo método AHP. - Aplicação do questionário de comparação das alternativas consideradas para solução do problema, à luz de cada subcritério, através do método de Borda (apêndice III), com base no conhecimento prévio do tomador de decisão. - Apresentação de <i>briefing</i> sobre cada uma das alternativas. - Revisão dos pesos atribuídos para as alternativas, se houver interesse do tomador de decisão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentação dos resultados obtidos com a aplicação do modelo. - Aplicação dos procedimentos de análise. - Considerações finais sobre a aplicação do modelo e a relevância dos resultados apresentados.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

As três etapas foram aplicadas durante os meses de maio e junho de 2019, nas dependências da sede atual da empresa. Cada uma das sessões teve duração aproximada

de duas horas. Foi empregado um intervalo médio de 10 dias entre cada fase. Este período foi empregado para tabulação e tratamento das informações capturadas e preparar os *inputs* das sessões seguintes.

No contexto enfrentado pela empresa objeto do caso, são consideradas três possibilidades, tendo como medidas genéricas de referência:

a) instalações na mesma cidade da planta atual, ou arredores, que atendam às necessidades prementes de estrutura física e permitam aproveitar as possibilidades de expansão do negócio, na expectativa de minimizar os impactos da transição, com a manutenção dos recursos humanos atuais e *status quo* dos fluxos e custos operacionais.

b) estabelecimento em outro estado brasileiro, que contemple a expectativa de redução de custos logísticos, com aproximação geográfica da cadeia de fornecedores e dos clientes-chave, e a possibilidade de obtenção de incentivos fiscais.

c) mudança para outro país sul-americano, com a expectativa de obter incentivos estruturais (terreno, prédio, infraestrutura, etc.) e fiscais, associada com redução dos níveis atuais dos custos operacionais e posicionamento geográfico que favoreça acesso a todo o território sul-americano, e não apenas ao mercado brasileiro.

Neste sentido, a empresa definiu como alternativas as seguintes localidades: Cachoeirinha, Linhares e Ciudad Del Este. De acordo com o fluxo estabelecido pelo modelo, a aplicação do questionário relativo à elicitación dos pesos das alternativas (apêndice III) considera o conhecimento prévio do tomador de decisão sobre as mesmas, em um primeiro momento. Após, é apresentado um *briefing* caracterizando cada uma das localidades consideradas e, havendo interesse, o decisor poderá revisar os pesos atribuídos inicialmente às alternativas.

5.1.1 Elicitación dos pesos dos critérios

Esta atividade está contemplada na primeira etapa de aplicação do modelo e inicia com a aplicação de questionário, apresentado no apêndice I. O tomador de decisão do caso optou por considerar todos os critérios elencados pelo modelo, apresentados na seção 4.3, e não acrescentou novos atributos para avaliação. No tocante à escala dos pesos para a comparação par-a-par dos critérios, foram consideradas as premissas do AHP concebidas por Saaty (1990), as quais são explicitadas no Quadro 10. Esta escala sugere a utilização de índices intermediários (2,4,6,8) apenas em circunstâncias que realmente

sejam justificadas. Caso contrário, propõe a atribuição do equilíbrio (peso 1), ou das diferentes intensidades de importância, com os pesos 3,5,7,9.

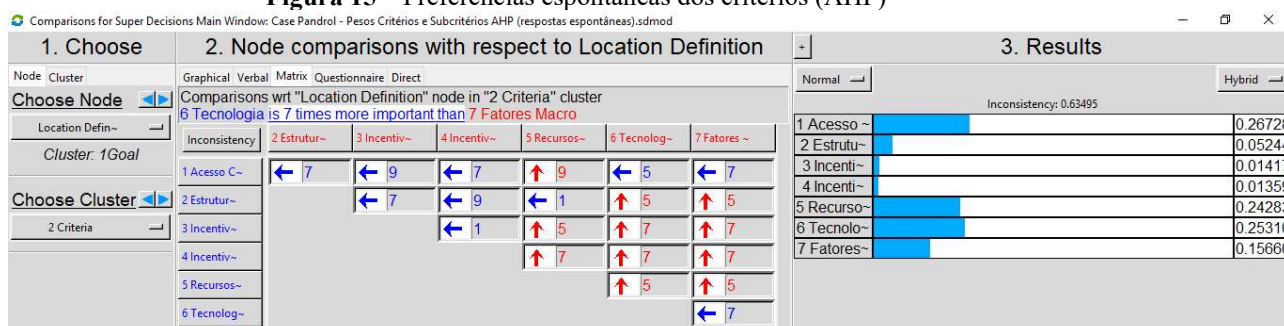
Quadro 10 – Escala fundamental para atribuição de pesos dos critérios e subcritérios (AHP)

Peso	Definição	Descrição
1	Equivalência	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Pequena	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>pouco</u> maior que o outro para o objetivo.
5	Importância Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância maior que o outro para o objetivo.
7	Importância Muito Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>relativamente</u> maior que o outro para o objetivo.
9	Importância Absoluta	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>absolutamente</u> maior que o outro para o objetivo.
2,4,6,8	Valores Intermediários	Utilizado quando for necessário atribuir um peso intermediário.

Fonte: Saaty (1990)

Com base nas premissas estabelecidas acima, a Figura 15 apresenta os pesos atribuídos espontaneamente pelo tomador de decisão na avaliação do grupo de critérios, totalizando vinte e uma comparações par-a-par. A tabulação dos dados no *software* Super Decisions permite visualizar o resultado das suas preferências e o nível de consistência dos pesos atribuídos.

Figura 15 – Preferências espontâneas dos critérios (AHP)

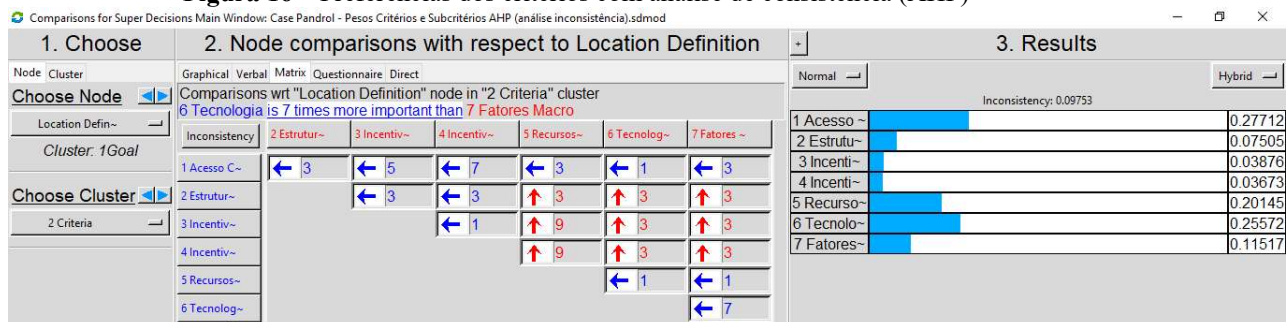


Fonte: *Software* Super Decisions (2019)

Mesmo com elevado índice de inconsistência (63,4%), é possível verificar preferência dominante pelos critérios de acesso à cadeia (26,7%), tecnologia (25,3%) e recursos humanos (24,3%). Há preferência de grau intermediário pelo critério que aborda os fatores-macro (15,7%) e uma escala inferior de preferência pelos critérios que

envolvem estrutura operacional (5,2%), incentivos estruturais (1,4%) e incentivos fiscais (1,3%). A análise de consistência destas informações foi realizada na segunda etapa de aplicação do modelo e o resultado é apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Preferências dos critérios com análise de consistência (AHP)



Fonte: *Software Super Decisions* (2019)

O conceito do método AHP estabelece que, caso esse índice seja superior a 10%, é necessário revisar as comparações. O *software* Super Decisions presta suporte na realização desta atividade, com a visualização integrada das avaliações. Desta forma, é possível revisar pontualmente as inconsistências com o tomador de decisão, buscando preservar ao máximo as preferências apuradas com as suas comparações espontâneas. Após reavaliação dos critérios pelo decisor, o índice de inconsistência ficou em 9,7%, dentro da faixa de tolerância do AHP. Manteve-se a ordenação das preferências, com mínima variação nas proporções: acesso à cadeia (27,7%), tecnologia (25,6%), recursos humanos (20,1%), fatores-macro (11,5%), estrutura operacional (7,5%), incentivos estruturais (3,9%) e incentivos fiscais (3,7%).

5.1.2 Elicitação dos pesos dos subcritérios

A atribuição dos pesos dos subcritérios se deu a partir da aplicação dos respectivos questionários (apêndice II), em atividade programada para a primeira sessão de aplicação do modelo. O tomador de decisão do caso optou por considerar todos os subcritérios elencados pelo modelo e não solicitou acréscimo de novos atributos para avaliação. Quanto à escala dos pesos para a comparação par-a-par dos subcritérios, foram consideradas as premissas do método AHP, explicitadas no Quadro 11, repetindo os mesmos parâmetros ocupados na avaliação dos critérios.

Para esta atividade, os subcritérios foram desdobrados em sete grupos, estabelecidos em função da hierarquia dos critérios, variando a comparação entre três, seis e até nove pares de fatores, de acordo com a quantidade subcritérios de cada grupo. No Quadro 11, as colunas do lado esquerdo resumem as preferências espontâneas do decisor, obtidas com a tabulação das suas avaliações pareadas no *software* Super Decisions.

Quadro 11 – Resumo preferências espontâneas dos subcritérios e com análise de consistência (AHP)

INCONSISTENTES			CONSISTENTES		
CRITÉRIOS (AHP)	SUBCRITÉRIOS (AHP)	PESO	CRITÉRIOS (AHP)	SUBCRITÉRIOS (AHP)	PESO
1. Acesso à Cadeia	Clientes-Chave	0,07030	1. Acesso à Cadeia	Clientes-Chave	0,08096
	Fornecedores-Chave	0,25726		Fornecedores-Chave	0,18839
	Trade Offs Logísticos	0,67243		Trade Offs Logísticos	0,73064
		<i>Inconsistência 0,41893</i>			<i>Inconsistência 0,06239</i>
2. Estrutura Operacional	Custo Energia Elétrica	0,52259	2. Estrutura Operacional	Custo Energia Elétrica	0,52130
	Aces. Mercado Livre EE	0,27198		Aces. Mercado Livre EE	0,29663
	Custo Locação Predial	0,02456		Custo Locação Predial	0,03758
	Adequação Industrial	0,18087		Adequação Industrial	0,14449
		<i>Inconsistência 0,52896</i>			<i>Inconsistência 0,07017</i>
3. Incentivos Estruturais	Terraplanagem/Urbanização	0,06292	3. Incentivos Estruturais	Terraplanagem/Urbanização	0,06579
	Doação Terreno	0,18397		Doação Terreno	0,14882
	Doação Prédio	0,75311		Doação Prédio	0,78539
		<i>Inconsistência 0,28344</i>			<i>Inconsistência 0,07721</i>
4. Incentivos Fiscais	ICMS	0,18397	4. Incentivos Fiscais	ICMS	0,18839
	PIS/COFINS/IPI/II	0,75311		PIS/COFINS/IPI/II	0,73064
	IR/CSLL	0,06292		IR/CSLL	0,08096
		<i>Inconsistência 0,28344</i>			<i>Inconsistência 0,06239</i>
5. Recursos Humanos	Qualificação MO Local	0,68452	5. Recursos Humanos	Qualificação MO Local	0,64912
	Mobilidade MO Atual	0,23441		Mobilidade MO Atual	0,27895
	Salários/Encargos/Benefícios	0,08017		Salários/Encargos/Benefícios	0,07193
		<i>Inconsistência 0,28344</i>			<i>Inconsistência 0,06239</i>
6. Tecnologia	Processo Produtivo	0,04805	6. Tecnologia	Processo Produtivo	0,06579
	Potencial de Expansão	0,19119		Potencial de Expansão	0,14882
	Novas Tecnologias	0,76076		Novas Tecnologias	0,78539
		<i>Inconsistência 0,31505</i>			<i>Inconsistência 0,07721</i>
7. Fatores Macro	Estabilidade Política	0,28308	7. Fatores Macro	Estabilidade Política	0,31789
	Estabilidade Socioeconômica	0,07230		Estabilidade Socioeconômica	0,06227
	Questões Ambientais	0,14237		Questões Ambientais	0,10804
	Posicionamento Concorrentes	0,16343		Posicionamento Concorrentes	0,17036
	Condições Mercado	0,33882		Condições Mercado	0,34144
		<i>Inconsistência 0,37923</i>			<i>Inconsistência 0,06450</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

É possível deprender o índice de inconsistência acima do nível aceito pelo AHP em todos os grupos de subcritérios. Novamente, a utilização do *software* Super Decisions auxiliou nas análises de consistência, realizadas na segunda etapa de aplicação do modelo. As colunas do lado direito do Quadro 11 resumem as preferências do tomador de decisão, após ajuste dos pontos inconsistentes na sua avaliação par-a-par, culminando em índices de inconsistência inferiores a 10% para todos os grupos de subcritérios e, sobretudo, preservando a sequência de predileções, com a menor variação possível nas proporções entre elas.

5.1.3 Elicitação dos pesos das alternativas

A realização desta atividade ocorreu na segunda etapa de aplicação do modelo, com a aplicação de questionário, compreendido no apêndice III. Inicialmente, a atribuição dos pesos na avaliação comparativa das alternativas, sob o prisma de cada subcritério, dar-se-á a partir do conhecimento prévio do tomador de decisão sobre a qualificação das alternativas. Para tanto, será adotada a escala proposta pelo método de Borda (Quadro 12), com pontuação “3” a ser atribuída para a melhor opção, pontuação “2” para a segunda melhor opção e a alternativa menos preferida receberá pontuação “1”. Este procedimento será repetido sucessivamente e, ao final, será computado para explicitar as preferências do tomador de decisão em relação a cada fator avaliado.

Quadro 12 – Escala para atribuição de pesos das alternativas (método de Borda)

Definição	Nota
Melhor Alternativa	3
Segunda Melhor	2
Terceira Melhor	1

Fonte: Fontanillas *et al.* (2014)

Reitera-se que a utilização do método de Borda para apuração das preferências do tomador de decisor sobre as alternativas confere dinamismo ao modelo de apoio à decisão, requisito necessário neste estágio da sua aplicação. A utilização de um método mais complexo, como o AHP, ocasionaria um excessivo volume de comparações pareadas, necessidade de tempo maior para captura e processamento das informações, além do risco de o decisor dispersar ao longo da atividade e comprometer a confiança das informações capturadas. O fato de ter uma aplicação simplificada não diminui a contribuição do método de Borda para a robustez do modelo de apoio à decisão, tendo em vista o seu histórico no meio acadêmico e a consolidação entre os principais métodos multicritério.

As preferências do tomador de decisão para as alternativas do estudo caso são apresentadas no Quadro 13, as quais foram computadas com auxílio de uma planilha eletrônica. De um total de 144 pontos possíveis, a alternativa Linhares somou a maior quantidade deles (38,2%), seguida por Cachoeirinha (34%) e Ciudad Del Este (27,8%). No entanto, esta é uma apuração parcial do modelo de apoio à decisão e ainda não representa o resultado final da sua aplicação. A apuração do resultado passa pela

ponderação dos pesos aferidos pelo tomador de decisão para as alternativas, através do Borda, com os pesos aferidos aos critérios e subcritérios, através do AHP. Os resultados apurados serão explorados na seção 5.3.

Quadro 13 – Preferências das alternativas (método de Borda)

CRITÉRIOS	SUBCRITÉRIOS	ALTERNATIVAS (BORDA)		
		CACHOEIRINHA	LINHARES	CIUDAD DEL ESTE
1. Acesso à Cadeia	Clientes-Chave	2	3	1
	Fornecedores-Chave	2	3	1
	Trade Offs Logísticos	2	3	1
2. Estrutura Operacional	Custo Energia Elétrica	1	2	3
	Aces. Mercado Livre EE	3	2	1
	Custo Locação Predial	1	2	3
	Adequação Industrial	3	2	1
3. Incentivos Estruturais	Terraplanagem/Urbanização	1	2	3
	Doação Terreno	1	2	3
	Doação Prédio	1	2	3
4. Incentivos Fiscais	ICMS	1	3	2
	PIS/COFINS/IPI/II	1	3	2
	IR/CSLL	1	3	2
5. Recursos Humanos	Qualificação MO Local	3	2	1
	Mobilidade MO Atual	3	2	1
	Salários/Encargos/Benefícios	3	2	1
6. Tecnologia	Processo Produtivo	3	2	1
	Potencial de Expansão	2	1	3
	Novas Tecnologias	3	2	1
7. Fatores Macro	Estabilidade Política	3	2	1
	Estabilidade Socioeconômica	3	2	1
	Questões Ambientais	1	3	2
	Posicionamento Concorrentes	2	3	1
	Condições Mercado	3	2	1
		49	55	40
		34,0%	38,2%	27,8%

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Os resultados deverão ser submetidos à validação, através dos procedimentos de análise de sensibilidade. Antes disso, ocorre a apresentação do *briefing* sobre as alternativas, descrita no rol de atividades da segunda etapa de aplicação do modelo. Este *briefing* foi concebido a partir do conteúdo desenvolvido na seção 5.2 deste trabalho. O material é apresentado ao tomador de decisão, após a elicitação dos pesos das alternativas, a fim de ampliar a sua visão sobre das características de cada opção, sem que isso contagie a espontaneidade na captura das suas percepções iniciais. Estas informações podem apoiar a análise comparativa das opções de escolha, outorgando ao decisor a revisão dos pesos atribuídos às alternativas.

5.2 DESCRIÇÃO DAS ALTERNATIVAS

A validação do modelo multicritério para definir a localização geográfica de unidades industriais engloba a descrição das alternativas aventadas para solucionar o problema. A caracterização das alternativas nas subseções a seguir tem a função de contextualizar o leitor e de apoiar as etapas de análise, realizadas conjuntamente pelo decisor e analista de decisão. Este conteúdo foi produzido, a partir de informações obtidas em âmbito externo, através de pesquisa bibliográfica, e no âmbito interno, com investigação documental e observações diretas (consentidas pela empresa), respeitando a confidencialidade estabelecida nos termos do *compliance* e do código de ética da empresa.

A empresa disponibilizou o acesso ilimitado ao autor, que nas etapas seguintes deste capítulo cumprirá o papel de analista de decisão, às projeções financeiras dos cenários com incentivos, investimentos, redução de custos e demais atributos, para ampliar a compreensão da relevância de cada alternativa e dos seus pontos fortes e fracos. Porém, não foi autorizada a divulgação destes demonstrativos. Logo, quando houver a divulgação de dados numéricos na descrição das alternativas, os mesmos deverão ter sido previamente distorcidos por um fator matemático, sem que isso comprometa a consistência das informações e a pertinência das análises realizadas.

Após o procedimento de elicitação das alternativas, fundamentado no conhecimento e percepções prévias do tomador de decisão sobre as alternativas, este conteúdo lhe foi apresentado, com o fim de estimular a sua crítica aos pesos atribuídos espontaneamente e promover ajustes, se assim ele entendesse pertinente e necessário. Adicionalmente, este conteúdo propicia as bases para as análises de sensibilidade, cuja aplicação estruturada está prevista no modelo de apoio à decisão e será desdobrada na seção 5.3.

5.2.1 Alternativa A (Cachoeirinha)

Dados da Prefeitura Municipal de Cachoeirinha (2019) assinalam que a cidade gaúcha fica estrategicamente localizada na região metropolitana de Porto Alegre, distante dezenove quilômetros da capital gaúcha. Fundada em 1966 e atualmente com cerca de 119.000 habitantes, Cachoeirinha é conhecida por ter um grande distrito industrial e ser a

sede de grandes empresas, dos mais diversos ramos. Até o início da década de 2010, para promover o desenvolvimento do polo industrial, gestões anteriores da administração municipal lançaram mão de incentivos, tais como disponibilização de áreas para instalação de empresas, terraplanagem, urbanização e pavimentação de ruas, suspensão temporária de tributos municipais (IPTU e ISS). Este tipo de incentivo não está mais em prática, sobretudo após o início de crise econômica que assola o país nos últimos anos.

A crise iniciada em 2015 tem prejudicado muitos negócios, em nível nacional e em diversos segmentos. Este fato negativo gera uma crescente disponibilidade de imóveis industriais, à medida que muitas empresas têm diminuído as suas estruturas, ou até mesmo descontinuado suas operações. Diante deste contexto, a empresa objeto do caso realizou sondagens no mercado imobiliário da região metropolitana de Porto Alegre, encontrando algumas ofertas interessantes no distrito industrial de Cachoeirinha. Entre as quais, identificou as instalações de uma empresa fabricante de utensílios plásticos que foi desativada há cerca de três anos, concentrando as suas atividades na matriz, no estado de São Paulo.

A obra civil desta unidade foi construída na década de 1990, em um terreno de aproximadamente 18.000 m² e com 4.500 m² de área construída. Estas características estruturais e de área atendem as aspirações da empresa, com relação as necessidades atuais, comportando as linhas de produção, o estoque de matérias-primas e de itens de revenda em um único site. Esta área construída possibilita também o desenvolvimento de projetos relacionados a expansão da capacidade produtiva, com agregação de uma nova linha de produção de itens metálicos, além de contemplar área suficiente para a internalização do processo produtivo de itens plásticos, o qual hoje em dia é terceirizado por falta de espaço na unidade atual. Como é possível verificar na Figura 17, há bastante área disponível no terreno para aumentar a área construída neste potencial novo site.

Outros projetos de expansão do negócio, como o que contempla a fabricação local de componentes, que hoje são importados de empresas coligadas, também poderão ser desenvolvidos no médio prazo, agregando competitividade e atenuando riscos com a variação cambial e tempo de trânsito destas mercadorias. A operação em um site com mais espaço permitirá que os fluxos produtivos sejam revistos e otimizados, de maneira a gerar economias e, assim aumentar as condições da empresa de competir, em termos de preços e prazos de entrega.

Figura 17 – Vista aérea das instalações da alternativa A (Cachoeirinha)



Fonte: Google Earth (2019)

A unidade dispõe de acesso facilitado às rodovias RS-118, BR-290 e BR-116. Encontra-se vinte quilômetros distante do Aeroporto Internacional Salgado Filho, a trezentos e trinta quilômetros do Porto de Rio Grande e dez quilômetros do terminal ferroviário de Canoas. Estas características atribuem uma avaliação positiva da função logística, ainda que sejam condições praticamente idênticas as do site atual. No tocante ao acesso aos clientes e fornecedores-chave, esta alternativa não acrescenta valor, dado que as distâncias permanecem praticamente inalteradas.

O fato de esta alternativa contemplar uma estrutura já existente destoa das demais e se traduz em uma vantagem percebida por ela. Enquanto as demais opções avaliam as localidades, mas sem ainda definir uma área e instalações específicas, para só posteriormente estruturar e realizar a obra predial, as instalações compreendidas nesta alternativa atendem às necessidades operacionais da empresa, ainda que requeiram ajustes para adaptação ao processo produtivo e cumprimento das normas legais, de segurança do trabalho e de meio ambiente, o que propicia maior agilidade à implementação da mudança. O prazo para realização destas adequações, obtenção das licenças de operação e mudança física para o novo local é estimado entre seis e oito meses, sendo o menor entre as todas as alternativas avaliadas. O dispêndio estimado para este projeto, entre investimentos em capital imobilizado e despesas operacionais, totaliza R\$3,8 milhões, segundo levantamentos realizados internamente pela empresa. Deve-se considerar que as instalações atuais, em Porto Alegre, são bastante antigas, construídas na década de 1960, e constantemente precisam de manutenção predial, visando evitar

situações de risco para os colaboradores. Os gastos médios incorridos neste tipo de atividade nos últimos cinco anos oscilaram entre R\$280 mil e R\$350 mil anuais. Estas despesas são correntes e contabilizadas no próprio exercício, não sendo possível a amortização a longo prazo. Diferentemente do investimento na adequação industrial da unidade de Cachoeirinha, que se trata de um investimento estrutural, podendo em sua maioria ser amortizado ao longo dos anos, além de diminuir os valores gastos com manutenção predial nos primeiros anos.

Os proprietários do imóvel têm interesse em formalizar contrato de locação de longo prazo e, dado que o mesmo se encontra desocupado há bastante tempo, a negociação tende a ser bastante flexível em termos de valores. Considerando-se a soma dos valores pagos atualmente pela locação do prédio industrial e para a contratação de depósito externo terceirizado, a despesa mensal é da ordem de R\$70 mil. Este valor está em linha com o valor solicitado pelos proprietários do imóvel, mediante um contrato com vigência mínima de dez anos. Realizados os investimentos de adequação industrial mencionados anteriormente, não haveria acréscimos à despesa da empresa com locação predial. Adicionalmente, os proprietários oferecem uma carência de 6 meses na cobrança, em contrapartida aos investimentos de adequação, período para obtenção de licenças e realização da mudança. O acesso à energia elétrica nas modalidades de contratação regulada e contratação livre se dá nos mesmos moldes adotados no site atual, tanto em relação aos processos, quanto à infraestrutura e custos.

Outro ponto benéfico para esta alternativa é a possibilidade de planejar a mudança gradual de uma unidade para a outra, em função da proximidade geográfica. Assim, seria possível cumprir as demandas em aberto na carteira de pedidos, atenuando o risco de redução de receitas e os impactos financeiros neste período. A proximidade geográfica entre as duas unidades também será positiva para a manutenção do quadro de funcionários, sem a necessidade de mobilidade dos recursos humanos atuais, os quais possuem capacitação e experiência na condução dos processos operacionais e administrativos, com estabilidade nos salários, encargos e benefícios atuais. Havendo necessidade de contratação de mão-de-obra local, deve-se considerar que o índice de desenvolvimento humano (IDH-M) da população do município de Cachoeirinha em 2010 foi de 0,757, classificado como alto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2019). Contudo, essencialmente esta alternativa não caracteriza a geração de valor eminente ao cenário atual da empresa para os critérios e

subcritérios relacionados ao acesso a clientes e fornecedores-chave, incentivos estruturais, incentivos fiscais e fatores-macro.

5.2.2 Alternativa B (Linhares)

Dados disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Linhares (2019) apontam a fundação da principal cidade do norte capixaba no ano de 1800 e emancipação em 1833. Sua população atual é de 166 mil habitantes e a sua peculiaridade é a abundância de água, sendo banhada por muitas lagoas, rios (entre eles, o Rio Doce) e pelo Oceano Atlântico, com mais de cem quilômetros de costa litorânea. Por apresentar vantagens competitivas, logística privilegiada e uma série de outros atrativos, Linhares desponta como maior polo de desenvolvimento econômico e social do Espírito Santo. Estudos de 2013 da Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN) indicaram Linhares como a 53ª cidade do Brasil com melhor índice de desenvolvimento e geração de empregos. Em 2015, levantamento feito pela consultoria Austin Rating, sob encomenda da Revista Isto É, considerou Linhares a quinta melhor cidade de porte médio do Brasil, levando em conta o desenvolvimento humano e industrial, avaliando ao todo 475 municipalidades. A economia diversificada confere ao município status de protagonismo na atração de investimentos, encontrando-se em franca ampliação imobiliária.

O município também é um dos quase dois mil que compõem a área de jurisdição da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (2019). A SUDENE é uma autarquia especial, fundada em 1959 e atuante em 12 estados brasileiros, com autonomia administrativa e financeira e integrante do Sistema de Planejamento e de Orçamento Federal. A sua missão institucional é promover o desenvolvimento inclusivo e sustentável de sua área de atuação e a integração competitiva da base produtiva regional na economia nacional e internacional. Em termos práticos, um dos principais instrumentos de ação da SUDENE para estimular o desenvolvimento regional é a atração de projetos que almejem pleitear a redução de 75% do imposto sobre a renda e adicionais, calculados com base no lucro da exploração (SUDENE, 2019). Esta redução no valor dos impostos está vinculada ao reinvestimento do valor que deixa de ser recolhido em projetos de manutenção e expansão do negócio, não podendo ser utilizado para o pagamento de dividendos a acionistas.

Linhares reforça os seus atributos para ser considerada como uma das alternativas para este problema de decisão, também por ser elegível à outros programas de incentivo, na esfera do governo estadual. A empresa objeto do caso atende aos requisitos para enquadramento no INVEST-ES. Conforme informações da Secretaria Estadual de Desenvolvimento do Espírito Santo (2019), o Programa de Incentivo ao Investimento no Estado do Espírito Santo tem por objetivo contribuir para a expansão, modernização e diversificação dos setores produtivos do estado, estimulando a realização de investimentos, a implantação e a utilização de armazéns e infraestruturas logísticas existentes; renovação tecnológica das estruturas produtivas; otimização da atividade de importação de mercadorias e bens; e o aumento da competitividade estadual, com ênfase na geração de emprego e renda e na redução das desigualdades sociais e regionais. As empresas que venham a realizar projeto econômico considerado de interesse para o desenvolvimento socioeconômico do estado, conforme condições estabelecidas na Lei nº 10.550/2016 e resolução INVEST-ES nº 1.066/2016, terão acesso a incentivos que se traduzem na isenção, diferimento do pagamento, redução da base de cálculo e estorno de débito relacionados ao ICMS para importação de insumos e equipamentos, ou para venda de produtos acabados em nível estadual, interestadual e exportação, de acordo com classificação da mercadoria e da empresa, dispostas na resolução do incentivo. Desde que respeitados os limites e condições previstos na lei, poderão ser concedidos benefícios diferenciados pelo governo estadual, em função da natureza da atividade; não similaridade com a produção local; posicionamento geográfico e competitividade com outras unidades federadas (SEDES, 2019).

Com vistas ao critério de acesso à cadeia estabelecidos no modelo de apoio à decisão, esta alternativa se mostra positiva. A função logística de Linhares é caracterizada pela chegada facilitada às rodovias BR-101, ES-248 e ES-245. A distância de mercados estratégicos como São Paulo, Rio de Janeiro e Buenos Aires é de 1.080, 1.600 e 3.300 quilômetros, respectivamente. Já a distância do complexo portuário de Vitória é de 130 quilômetros e se faz importante para acessar os mercados dos países América do Sul, via modal marítimo. No acesso aos clientes-chave, a localidade é a que fica mais próxima geograficamente dos clientes situado na região nordeste do país, que representam importante fatia do faturamento da empresa e agregariam valor com redução dos custos de frete e tempo de entrega. Os deslocamentos para atender os clientes do sudeste e do Paraná são praticamente equivalentes aos das demais alternativas, mas serão maiores para

o atendimento do restante da região sul (que demanda volumes menores, atualmente) e dos países vizinhos do Cone Sul (Uruguai e Argentina), que poderão ser atendidos via modal marítimo alternativamente, visando otimizar os custos de fretes. A expectativa de aproximação geográfica dos fornecedores-chave não se confirmaria com esta alternativa. Por se localizar ao norte da região sudeste, os ganhos com redução de fretes, tempo de entrega de matérias-primas e reduções não atingiram a proporção esperada, conforme levantamentos feitos pela empresa e disponibilizados para observação desta pesquisa, com divulgação restrita.

Além da estrutura portuária atual, há planos para a criação do complexo Porto Norte Capixaba, no entorno do município de Linhares, com investimento privado de uma mineradora e uma empresa de navegação. A proposta é criar um porto-indústria, semelhante ao que existe em Suape, no estado de Pernambuco. Com base em associação de incentivos fiscais da SUDENE e de programas do governo do Espírito Santo, empresas nacionais e estrangeiras poderão se instalar nos 12 milhões de metros quadrados designados ao projeto. O memorando de entendimento entre os investidores e o governo capixaba já foi assinado, mas o projeto ainda aguarda a liberação da licença prévia para entrar em execução, por conta de restrições ambientais impostas pelo IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (GAZETAONLINE, 2019). À medida que este projeto avançar, irá configurar mais um importante atributo favorável a esta alternativa. Ainda que não possa ser considerado para a presente tomada de decisão, o futuro complexo portuário aumentaria as perspectivas de êxito na escolha por esta localidade. O mesmo ocorre com a construção da estrada de ferro EF-118, que irá conectar os municípios de Vitória e Rio de Janeiro. Ela permitirá conexão com as principais malhas ferroviárias de carga do sudeste brasileiro, hoje concessionadas às empresas Vale, MRS Logística, Rumo Logística, VLI Logística. No entanto, este projeto também não entra no escopo da comparação das alternativas neste momento. O aeroporto regional Antonio Edson Azevedo Lima, na cidade de Linhares, passa por obras de ampliação de pista e infraestrutura, que deverão ser concluídas ainda em 2019 e permitirão que o terminal receba praticamente todos os modelos de aeronaves em operação nos voos domésticos do país.

Na observação dos critérios vinculados aos custos operacionais, o acesso à energia elétrica na modalidade convencional e no mercado livre é possível, a custos semelhantes aos percebidos no restante do país. Esta alternativa ainda avalia a localidade, sem

considerar um imóvel específico. Não foi encontrada disponibilidade de instalações que atendam aos requisitos da empresa. Isto exige a busca por uma área, para posterior estruturação e construção predial, adequada às condições legais e aspiradas pela empresa para justificar a mudança. Logo, a escolha por esta alternativa seria a mais demorada, na comparação com as demais, estimada entre vinte e quatro e trinta meses para ser concluída. A estimativa do investimento necessário para tanto foi calculada em R\$14,3 milhões. O momento de expansão imobiliária da localidade pode fazer estes valores crescerem rapidamente. A estratégia da empresa não contempla aporte de capital próprio neste tipo de projeto e tampouco a alavancagem financeira com capital de terceiros para imobilização em prédios e instalações, com vistas a preservar a característica de dispêndio operacional. Neste caso, a opção seria encontrar um investidor que desenvolva o projeto, com a expectativa de rentabilização através um contrato de locação cativo. Identificou-se no mercado empresas atuantes neste tipo de negócio, as quais estudaram as características preliminares e apresentaram como requisitos de contrato de locação uma vigência mínima de 15 anos e valores iniciais de aluguel estimados entre R\$175 mil e R\$200 mil mensais.

A mobilidade dos recursos humanos atuais da empresa, de Porto Alegre para Linhares, seria afetada com a escolha por esta alternativa. Os níveis salariais ainda são inferiores aos percebidos nos centros mais maduros. Contudo, é prudente considerar a equalização no curto prazo, em função do desenvolvimento acelerado que a localidade vem sofrendo. Uma demanda abrupta poderia inclusive inflacionar os níveis salariais. No que se refere à qualificação da mão-de-obra local, há preocupação do estado em investir na formação profissional, respeitando as vocações e os arranjos produtivos regionais. O Programa Capixaba de Qualificação do Trabalhador (PCQT) e o Programa Integrado de Educação Profissional e Tecnológica (PROITEC) oferecem cursos em mais de trinta segmentos industriais, proporcionando a estudantes e trabalhadores a especialização necessária para estarem aptos às oportunidades de trabalho na região. A associação do Serviço Nacional da Indústria (SENAI) com o Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) é outra importante medida para promover a qualificação dos recursos humanos locais. O índice de desenvolvimento humano (IDH-M) da população de Linhares em 2010 foi de 0,724, classificado como alto pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2019).

Não foram identificados incentivos estruturais vigentes disponibilizados pela administração pública, para atração de investimentos a esta localidade. Os programas de

incentivos fiscais abordados nos parágrafos anteriores configuram um dos atributos mais representativos desta alternativa, auferindo relevantes vantagens na apuração de tributos federais e estaduais. As simulações realizadas pela empresa objeto do caso demonstram que os resultados operacionais das empresas estabelecidas na região se tornam sensivelmente mais competitivos por conta disso. Fazendo a conexão com os fatores-macro, propostos pelo modelo de apoio à tomada de decisão, a manutenção dos benefícios a longo prazo pode gerar incertezas. Lindner e Tomazelli (2019) apuraram que os incentivos oriundos da SUDENE terminariam em dezembro de 2018 e uma das primeiras medidas tomadas pelo presidente brasileiro empossado em janeiro de 2019 foi de sancionar a lei que prorroga até 2023 os incentivos fiscais para empresas que constroem ou modernizam empreendimentos nas áreas sob jurisdição da autarquia. A renúncia fiscal do governo federal com a prorrogação da medida pode chegar a R\$6,8 bilhões, somente entre 2019 e 2020. Não foram encontradas informações sobre o prazo máximo de duração dos incentivos oriundos do INVEST-ES, permitindo deduzir que são negociados caso-a-caso. As características da região fazem com que questões ambientais ainda sejam bastante contundentes. A estabilidade política e socioeconômica são pontos em desenvolvimento nos últimos anos no Espírito Santo. Mesmo assim, ainda se encontram em posição de desvantagem na comparação com grandes centros. As condições de mercado são bastante positivas, mediante a expectativa de investimentos na expansão ferroviária no Brasil e nos países vizinhos. A localidade promoveria posição de vantagem perante a concorrência, tendo em vista a geografia favorável e os incentivos tributários por operar na região.

5.2.3 Alternativa C (Ciudad Del Este)

Segundo informações capturadas junto à *Municipalidad* de Ciudad Del Este (2019), esta é a segunda maior cidade do Paraguai, com 300 mil habitantes, atrás apenas da capital Assunção. Fundada em 1957, é a maior cidade da chamada tríplice fronteira, também composta por Foz do Iguaçu (Brasil) e Puerto Iguazú (Argentina). Nas suas cercanias, encontram-se as Cataratas do Iguaçu e Usina de Itaipu, uma das maiores usinas hidrelétricas do mundo. Ciudad del Este tem grande vocação comercial e, recentemente, tem trabalhado o seu desenvolvimento industrial, sendo reconhecida como uma das maiores zonas de livre comércio do mundo.

Carneiro (2017) apurou que, de cada dez indústrias estabelecidas no Paraguai nos últimos cinco anos, sete são de origem brasileira. Identificou também que o número de empresas que consultaram a embaixada brasileira em Assunção sobre os procedimentos para se estabelecer no país vizinho cresceu 64% entre 2016 e 2017, de 272 para 445, respectivamente. Estas empresas são atraídas pela oportunidade de retomar a competitividade dos seus negócios, via redução de impostos, de encargos trabalhistas e do custo de energia elétrica, entre outros atributos. Esta tendência é resultado da estratégia do governo paraguaio, que incentiva o investimento de empresas estrangeiras no desenvolvimento da indústria local, através de dois programas: o regime de maquila e a zona franca. A empresa objeto do caso não se enquadra em todos os requisitos para habilitação no regime de zona franca. Por isso, será dada ênfase à caracterização da lei maquila.

De acordo com a consultoria Price Waterhouse Cooper (2019), a maquila no Paraguai foi efetivamente regulamentada em julho de 2000, com a lei 1064/97. Este foi um marco regulatório, criado com o objetivo de promover o estabelecimento de empresas maquiladoras, dedicadas total ou parcialmente ao desenvolvimento de processos produtivos com criação de valor agregado no país, por meio da combinação de bens ou serviços de procedência estrangeira importados temporariamente, com mão-de-obra e outros recursos nacionais, cuja produção seja destinada à exportação. A transformação de bens no território paraguaio, mediante a utilização de materiais não originários de países do Mercosul, cujo resultado confere caracterização diferente ao produto, através de um novo código tarifário, que permite a emissão da certidão de origem Mercosul. A legislação do Paraguai exige no mínimo 60% de valor agregado regional para a obtenção da certidão de origem Mercosul. Para exportações aos demais países membros do bloco (ou associados), o país exige índice mínimo de 40%. A atividade maquiladora é regulada pelo Conselho Nacional de Indústrias Maquiladoras de Exportação (CNIME), que controla a importação de matéria-prima para transformação e posterior exportação. É necessária aprovação prévia à exportação, além da apresentação de informes periódicos sobre o consumo de matérias-primas. O regime requer uma entidade matriz, contratante estabelecida no exterior, e uma maquiladora, atuante e domiciliada em território paraguaio. Uma maquiladora pode subcontratar outra empresa para o desenvolvimento de processos contemplados no regime de maquila. A matriz pode enviar para a maquiladora bens de capital, matérias-primas, insumos, seja diretamente, ou desde outros

países. A maquiladora também poderá contratar bens, serviços, mão-de-obra e outros dentro do território paraguaio. Os produtos resultantes da maquila poderão ser enviados novamente para a Matriz ou a um cliente domiciliado no Paraguai ou no exterior, em nome da matriz (PWC, 2019).

O conteúdo disponibilizado pela Panamericana Consultores Associados (2019), especializada no assessoramento para utilização da lei maquila paraguaia, aponta que, comparando com a realidade brasileira, o enquadramento neste regime especial para indústrias internacionais proporciona vantagens oriundas de:

- Redução dos custos de locação predial.
- Redução da carga tributária.
- Redução do custo de energia elétrica.
- Redução da folha de pagamento.
- Redução de encargos trabalhistas.
- Atuação diminuta de sindicatos e baixo índice de ações trabalhistas.
- Isenção global de imposto de importação, tanto para matérias-primas como para produtos acabados.
- Alíquota única de 1% sobre exportações.
- Isenção total de tributos na remessa de dividendos ao exterior.

Como indica a Figura 18, o posicionamento estratégico do Paraguai na América do Sul facilitaria as exportações para a região. Isso é um ponto positivo na avaliação do subcritério de função logística, pela proximidade dos principais mercados da região (Brasil e Argentina) e a posição central do país no subcontinente, que favorece o acesso aos demais mercados, ainda que restrito ao modal rodoviário. O principal acesso para o Brasil é pela BR-374. A malha ferroviária no Paraguai está sucateada e fora de atividade. O país não possui costa para o mar e a sua demanda portuária é atendida por terminal alfandegado no porto de Santos, que fica a 1.150 quilômetros de distância por rodovias. A distância até Buenos Aires é de 1.650 quilômetros. O Aeroporto Internacional Guarani é o segundo mais importante do país, localizado na cidade vizinha de Minga Guazú, que fica a 30 quilômetros de distância de Ciudad Del Este. Em linhas gerais, a alteração geográfica desta alternativa não seria benéfica nem prejudicial ao anseio de aproximação dos atuais clientes e fornecedores-chave.

Figura 18 – Posicionamento geográfico Paraguai

Fonte: Panamericana Consultores Associados (2019)

A avaliação dos critérios relacionados aos custos operacionais contempla grandes vantagens. A usina hidrelétrica de Itaipu produz energia elétrica que abastece o Brasil e o Paraguai. Como o Paraguai é superavitário em eletricidade e não consome toda energia que lhe é disponibilizada, é possível oferecer a preços até sete vezes menores que os cobrados no Brasil. Mesmo se considerados os custos do mercado livre de energia brasileira, os preços paraguaios ainda são pelo menos três vezes menores. Tendo em vista a relevância deste insumo para o processo produtivo da empresa, esta alternativa terá supremacia sobre as demais neste quesito. Como a avaliação ainda é feita sobre a localidade e não sobre um site em específico, a aferição considera estimativas de mercado para locação industrial na Ciudad Del Este. Contemplando as características mínimas apontadas pela empresa, identificou-se imóveis disponíveis, com custo mensal variando entre US\$15 mil e US\$25 mil. Considerando o câmbio atual na faixa de R\$4,00, o custo mensal convertido seria entre R\$60 mil e R\$100 mil. Ponderando que as disposições legais, de segurança do trabalho e de meio ambiente são mais brandas no país vizinho, os impactos da adequação industrial das instalações são percebidos com menos força nesta alternativa. Os valores relativos às adequações não podem ser estimados, enquanto não se estabelecer um imóvel para ser avaliado. Após a definição de um site, o prazo estimado

para realizar os processos administrativos e a transferência da estrutura fabril para esta localidade não seria inferior a doze meses.

No momento da pesquisa, não foram identificados incentivos de viés estrutural oferecidos pelos órgãos governamentais para aumentar a atratividade desta alternativa. Referente aos subcritérios de incentivos fiscais, a redução da carga tributária é percebida, sobretudo na importação de matérias-primas e produtos acabados. A venda a partir do Paraguai implica na mudança da natureza da venda para os clientes brasileiros, que compõem a maioria do portfólio de clientes da empresa, de venda doméstica para venda exportação. Esta alteração pode acarretar em procedimentos adicionais para os clientes brasileiros, mas tendo em vista os benefícios comerciais que podem ser dados em contrapartida, isso não deve ser um empecilho. Além disso, a obtenção do certificado de origem do Mercosul estabeleceria igualdade nas condições tributárias para os clientes dos países membros do bloco econômico. A alíquota de imposto de renda é fixa em 10%.

Os critérios relacionados aos recursos humanos são outro ponto forte desta alternativa. Embora a mobilidade da mão-de-obra atual fique comprometida e que o salário mínimo seja superior ao brasileiro (US\$365,00, ou aproximadamente R\$1.460,00 com câmbio na faixa de R\$4,00), os encargos trabalhistas não ultrapassam 30% do salário, enquanto no Brasil são superiores a 100%. O período de férias é de 12 dias e os contratos de trabalho são mais flexíveis. A assiduidade do trabalhador é uma tônica e o nível de ações trabalhistas é muito baixo. Outro fato relevante é a evolução do índice de desenvolvimento humano (IDH) da população paraguaia, com crescimento em todas as verificações, desde 2012. Medido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, o IDH do Paraguai em 2017 atingiu a marca de 0,702 (PNUD, 2019). Com este índice, o país troca de faixa de desenvolvimento humano, de médio para alto, o que atesta a evolução na qualificação da mão-de-obra local.

Os fatores-macro desta alternativa combinam estabilidade econômica e situação política turbulenta. Desde 2015, uma lei fixou que os tributos cobrados de uma empresa que gere empregos, seja ela nacional ou estrangeira, não podem ser alterados durante o prazo de 10 anos do começo do investimento. Esta medida alavancou o interesse pelo país substancialmente. Mesmo o Guarani sendo muito desvalorizado, é a moeda local há 75 anos e, por ter a taxa de câmbio controlada pelo governo, é mais estável que no Brasil. O produto interno bruto (PIB) cresce a média anual de 5% na última década. No campo social, a pobreza caiu de 31% para 27%, entre 2012 e 2015. O desemprego não recuou na

mesma proporção e o serviço público de saúde ainda é bastante precário (CARNEIRO, 2017). O novo presidente eleito tomou posse em agosto de 2018, substituindo seu correligionário, que deu corpo aos regimes de desenvolvimento industrial empregados nos últimos anos. Como o partido de situação não elegeu a maioria dos congressistas, o foco na economia promovida pela gestão anterior será desafiado na gestão atual, dada a necessidade de fazer acordos com a oposição, mais preocupada com questões sociais. Este tipo de impasse que coloca a alternativa em desvantagem, já que nas demais localidades em avaliação, os fatores-macro são bastante semelhantes entre si, por estarem em território brasileiro. A questão ambiental no país vizinho ainda não é um tema contundente e se mostra mais flexível que no Brasil. Em relação às condições de mercado, a alternativa apresenta pontos favoráveis, principalmente no que tange a distribuição para os demais países da América do Sul. Sobre o posicionamento da concorrência, também é possível verificar vantagens advindas da redução dos custos produtivos (materiais, mão-de-obra) e dos benefícios fiscais.

5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A aplicação do modelo de apoio à decisão ao caso real enfrentado pela empresa objeto da pesquisa indicou os resultados dispostos no Quadro 14. Os mesmos foram obtidos a partir do mapeamento das preferências do tomador de decisão, adotando os diferentes métodos estabelecidos para cada tipo de informação a ser coletada. O resultado deriva da multiplicação dos pontos atribuídos às alternativas na visão de cada subcritério (com apoio do método de Borda) pelo peso do respectivo subcritério (obtido através do método AHP) e, por sua vez, nova multiplicação pelo fator do respectivo grupo de critérios a que este subcritério pertence (também obtido através do AHP). Neste cenário, a alternativa Cachoeirinha (40,1%) é apontada como a melhor escolha, seguida por Linhares (38,5%) e Ciudad Del Este (21,4%). Porém, a variação dos pontos obtidos pela primeira e pela segunda colocadas é muito pequena, o que reforça a importância de aprofundar as análises.

Quadro 14 – Resultado aplicação do modelo ao caso

CRITÉRIOS (AHP)	PESO	SUBCRITÉRIOS (AHP)			ALTERNATIVAS (BORDA)			RESULTADOS		
		PESO	CACHOEIRINHA	LINHARES	CIUDAD DEL ESTE	CACHOEIRINHA	LINHARES	CIUDAD DEL ESTE		
1. Acesso à Cadeia	0,277	Clientes-Chave	0,081	2	3	1	0,045	0,067	0,022	
		Fornecedores-Chave	0,188	2	3	1	0,104	0,157	0,052	
		Troca Ops Logísticos	0,731	2	3	1	0,405	0,607	0,202	
		Inconsistência	6,2%							
2. Estrutura Operacional	0,075	Custo Energia Elétrica	0,521	1	2	3	0,039	0,078	0,117	
		Acês. Mercado Livre EE	0,297	3	2	1	0,067	0,045	0,022	
		Custo Locação Predial	0,038	1	2	3	0,003	0,006	0,008	
		Adequação Industrial	0,144	3	2	1	0,033	0,022	0,011	
		Inconsistência	7,0%							
3. Incentivos Estruturais	0,039	Terraplanagem/Urbanização	0,066	1	2	3	0,003	0,005	0,008	
		Doação Terreno	0,149	1	2	3	0,006	0,012	0,017	
		Doação Prédio	0,785	1	2	3	0,030	0,061	0,091	
		Inconsistência	0,077							
4. Incentivos Fiscais	0,037	ICMS	0,188	1	3	2	0,007	0,021	0,014	
		PIS/COFINS/PI/II	0,731	1	3	2	0,027	0,081	0,054	
		IR/CSLL	0,081	1	3	2	0,003	0,009	0,006	
		Inconsistência	6,2%							
5. Recursos Humanos	0,201	Qualificação MO Local	0,649	3	2	1	0,392	0,262	0,131	
		Mobilidade MO Atual	0,279	3	2	1	0,169	0,112	0,056	
		Salários/Encargos/Benefícios	0,072	3	2	1	0,043	0,029	0,014	
				Inconsistência	6,2%					
6. Tecnologia	0,256	Processo Produtivo	0,066	3	2	1	0,050	0,034	0,017	
		Potencial de Expansão	0,149	2	1	3	0,076	0,038	0,114	
		Novas Tecnologias	0,785	3	2	1	0,603	0,402	0,201	
		Inconsistência	7,7%							
7. Fatores Macro	0,115	Estabilidade Política	0,318	3	2	1	0,110	0,073	0,037	
		Estabilidade Socioeconômica	0,062	3	2	1	0,022	0,014	0,007	
		Questões Ambientais	0,108	1	3	2	0,012	0,037	0,025	
		Posicionamento Concorrentes	0,170	2	3	1	0,039	0,059	0,020	
		Condições Mercado	0,341	3	2	1	0,118	0,079	0,039	
		Inconsistência	9,8%							
				2,405	2,308	1,287	40,1%	38,5%	21,4%	

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A análise compensatória intercritérios é mais um axioma do método AHP aproveitado pelo modelo de apoio à decisão. Com isso, a escolha da melhor alternativa passa pela análise de desempenho nos diferentes critérios estabelecidos, compensando aferições menores em determinados quesitos com performances superiores em outros fatores, dependendo do peso atribuído a cada critério. A diferença entre as duas alternativas que somam maior pontuação é de 0,0976, em um total de 6,00 pontos possíveis de serem distribuídos para as três alternativas. As comparações entre as duas primeiras alternativas, nos subcritérios com pesos mais representativos, despontam Linhares com pontuações mais favoráveis em *trade-offs* logísticos (+0,2025) e acesso aos fornecedores-chave (+0,0522), enquanto Cachoeirinha tem pontuação superior em acesso à novas tecnologias (+0,2008), qualificação da mão-de-obra local (+0,1308) e mobilidade da mão-de-obra atual (+0,0562).

Estas compensações acarretam um saldo em prol da opção Cachoeirinha, de 0,1331 pontos. A análise compensatória dos demais subcritérios diminui este saldo, mas não o tanto necessário para reverter as posições das alternativas. Ciudad Del Este apresentou pontuações superiores que as demais alternativas apenas em subcritérios cujos pesos têm uma representatividade menor, o que não foi suficiente para elevar a sua percepção nas análises compensatórias intercritérios.

A alteração dos pesos relativos dos critérios (e subcritérios) é uma das análises de sensibilidade sugeridas na revisão de literatura. Inclusive, o *software* Super Decisions oferece ferramenta de auxílio para esta atividade. Contudo, uma das críticas feitas pelo decisor do caso foi relacionada ao tempo e esforço exigidos pelo modelo para aferição dos pesos dos critérios e subcritérios, sendo requerida a revisão de todos os fatores em um segundo momento, para atender aos índices de inconsistência aceitos pelo AHP. A partir da indisposição do tomador de decisão em realizar a atividade, lançou-se mão de um artifício que não estava previsto nos procedimentos do modelo, no intuito de não obstruir a análise de sensibilidade dos pesos dos critérios: a atribuição dos pesos aos critérios e subcritérios por ponderação arbitrária de fatores. A revisão de literatura permitiu inferir que os procedimentos estabelecidos pelo AHP se mostram mais sólidos e agregam resultados mais robustos a esta etapa de aplicação do modelo. No entanto, em caráter contingencial, a ponderação de fatores contribuiu positivamente para continuidade dos procedimentos de análise.

Quadro 15 – Análise de sensibilidade dos pesos dos critérios e subcritérios

CRITÉRIOS (AHP)	PESO	SUBCRITÉRIOS (AHP)	PESO	CRITÉRIOS	PESO	SUBCRITÉRIOS	PESO				
1. Acesso à Cadeia	0,277	Clientes-Chave	0,081	1. Acesso à Cadeia	0,200	Clientes-Chave	0,500				
		Fornecedores-Chave	0,188			Fornecedores-Chave	0,300				
		Trade-Offs Logísticos	0,731			Trade-Offs Logísticos	0,200				
		Inconsistência	6,2%				0,100				
2. Estrutura Operacional	0,075	Custo Energia Elétrica	0,521	2. Estrutura Operacional	0,250	Custo Energia Elétrica	0,200				
		Aces. Mercado Livre EE	0,297			Aces. Mercado Livre EE	0,500				
		Custo Locação Predial	0,038			Custo Locação Predial	0,100				
		Adequação Industrial	0,144			Adequação Industrial	0,200				
		Inconsistência	7,0%								
3. Incentivos Estruturais	0,039	Terraplanagem/Urbanização	0,066	3. Incentivos Estruturais	0,010	Terraplanagem/Urbanização	0,100				
		Doação Terreno	0,149			Doação Terreno	0,300				
		Doação Prédio	0,785			Doação Prédio	0,600				
		Inconsistência	7,7%				0,001				
4. Incentivos Fiscais	0,037	ICMS	0,188	4. Incentivos Fiscais	0,040	ICMS	0,400				
		PIS/COFINS/PIII	0,731			PIS/COFINS/PIII	0,400				
		IR/CSLL	0,081			IR/CSLL	0,200				
		Inconsistência	7,7%				0,016				
5. Recursos Humanos	0,201	Qualificação MD Local	0,649	5. Recursos Humanos	0,200	Qualificação MD Local	0,300				
		Mobilidade MD Atual	0,279			Mobilidade MD Atual	0,400				
		Salários/Encargos/Benefícios	0,072			Salários/Encargos/Benefícios	0,300				
		Inconsistência	6,2%								
		Processo Produtivo	0,066			Processo Produtivo	0,300				
6. Tecnologia	0,256	Potencial de Expansão	0,149	6. Tecnologia	0,200	Potencial de Expansão	0,200				
		Novas Tecnologias	0,785			Novas Tecnologias	0,500				
		Inconsistência	7,7%								
7. Fatores Macro	0,115	Estabilidade Política	0,318	7. Fatores Macro	0,100	Estabilidade Política	0,300				
		Estabilidade Socioeconômica	0,062			Estabilidade Socioeconômica	0,100				
		Questões Ambientais	0,108			Questões Ambientais	0,100				
		Posicionamento Concorrentes	0,170			Posicionamento Concorrentes	0,200				
		Condições Mercado	0,341			Condições Mercado	0,300				
						Inconsistência	9,8%				0,030
						Inconsistência	6,5%				0,060

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

O Quadro 15 compara os pesos obtidos através do AHP, após validação do índice de inconsistência, e os pesos obtidos pela ponderação arbitrária de fatores. O método que compõe o modelo de apoio à decisão localizacional apresentou a escala decrescente das preferências pelos critérios, percorrida durante a elicitación dos pesos dos critérios

(subseção 5.1.1). Enquanto o método utilizado contingencialmente para análise de sensibilidade apresentou sequência de preferências e pesos distintos: estrutura operacional (25%), acesso à cadeia (20%), tecnologia (20%), recursos humanos (20%), fatores-macro (10%), incentivos fiscais (4%), incentivos estruturais (1%). Na comparação entre os resultados, o critério referente à estrutura operacional sai da quinta posição no AHP, com 7,5%, para se tornar o critério preferido na ponderação arbitrária, com 25%.

No restante desta sequência de preferências, os critérios acesso à cadeia, tecnologia e recursos humanos estão empatados com 20%, enquanto nos resultados apurados através do AHP, os mesmos possuem 27,7%, 25,6% e 20,1% respectivamente. Os critérios de incentivos estruturais (3,9%) e incentivos fiscais (3,7%) estão praticamente empatados na aferição feita com o AHP e na ponderação arbitrária invertem de posição, com pesos 1% e 4%, respectivamente. As discussões com o tomador de decisão sobre tais variações permitiram constatar que ele utilizou uma lógica empírica na ponderação dos fatores, enquanto o procedimento proposto pelo modelo realiza análises par-a-par, o que propicia resultados mais consistentes, segundo seus próprios relatos.

No tangente às análises dos pesos dos subcritérios, o Quadro 15 também demonstra oscilações entre as informações obtidas com os dois métodos. Denota-se a falta de embasamento científico da ponderação arbitrária de pesos para os critérios e subcritérios, em casos de decisão localizacional. No entanto, isto não retira o mérito do método no socorro prestado às análises de sensibilidade e a sua relevância como método multicritério, aplicável a outros contextos de decisão. Prosseguindo com as avaliações, fez-se o ranqueamento dos subcritérios mais relevantes, os quais foram obtidos com a multiplicação dos seus pesos com o peso do respectivo grupo de critérios em que o mesmo está hierarquizado (destacados em amarelo no Quadro 15). Estas comparações também apresentaram discrepâncias. Através do AHP, a soma dos cinco subcritérios mais representativos alcançou 64,2%: *trade-offs* logísticos (20,2%), novas tecnologias (20,1%), qualificação da mão-de-obra local (13,1%), mobilidade da mão-de-obra atual (5,6%) e acesso aos fornecedores-chave (5,2%). A aferição arbitrária apurou uma distribuição maior dos pesos ponderados dos subcritérios, sendo necessário listar oito subcritérios para somar 64,5% das preferências: acesso ao mercado livre de energia elétrica (12,5%), novas tecnologias (10%), acesso aos clientes-chave (10%), mobilidade da mão-de-obra atual (8%), qualificação da mão-de-obra local (6%),

salários/encargos/benefícios (6%), processo produtivo (6%) e acesso aos fornecedores-chave (6%).

Apesar das distorções mapeadas, ao aplicar os pesos substitutos na estrutura proposta pelo modelo de apoio à decisão (multiplicar os pesos dos critérios e subcritérios, atribuídos na ponderação arbitrária de fatores, pelos pesos das alternativas), obtém-se os resultados expressos no Quadro 16, onde Cachoeirinha permanece como a alternativa mais indicada, com 41,2%, seguida por Linhares (37,2%) e Ciudad Del Este (21,7%). Neste contexto, a variação entre os pontos acumulados por cada alternativa aumentaria ligeiramente a preferência pela primeira opção, mas ainda seguiria muito pequena.

Quadro 16 – Resultado com análise de sensibilidade dos pesos dos critérios e subcritérios

CACHOEIRINHA	LINHARES	CIUDAD DEL ESTE
2,470	2,230	1,300
41,2%	37,2%	21,7%

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Outra possibilidade aventada para analisar a sensibilidade dos pesos dos critérios foi a de considerar simplesmente os pesos atribuídos às alternativas. É válido resgatar o conceito do método de Borda apurado na revisão de literatura, o qual preconiza que o eleitor e o critério têm o mesmo efeito matemático. Em essência, todos os critérios têm o mesmo peso. Partindo desta assunção, sem aplicar os pesos dos critérios e subcritérios previstos pela proposta original deste modelo de apoio à decisão, o resultado alcançado seria o já apresentado no Quadro 13 (subseção 5.1.3), onde Linhares seria a alternativa mais indicada, com 38,2%, seguida por Cachoeirinha (34,0%) e Ciudad Del Este (27,8%). A apreciação desta conjectura reforça a pertinência de se estabelecer pesos para os critérios e subcritérios, já que os fatores em avaliação possuem diferentes níveis de importância. Uma das dificuldades descritas na literatura diz respeito à quantificação do grau de importância comparativa entre os critérios.

O modelo proposto nesta pesquisa pretende contribuir para atenuar este tipo de situação, delineando procedimentos robustos para quantificar a intensidade da relevância de cada critério e subcritério, através de métodos multicritérios identificados como sendo os mais apropriados para as características das diferentes etapas do processo de decisão localizacional, conferindo solidez às informações obtidas com base nas preferências do tomador de decisão, mas que, ao mesmo tempo, podem ser revistas ao

longo do processo. Por esta razão, a avaliação dos pontos alcançados pelas alternativas através do método de Borda, sem a competente ponderação dos obtidos através do AHP, não é sugerida para casos de decisão localizacional. Nem por isso, esta pesquisa invalida a pertinência da utilização do método de Borda na composição do modelo de apoio à decisão junto com o AHP, ratificando a legitimidade dos seus atributos como método multicritério, cuja aplicação se mostra viável em diversos contextos.

A alteração do julgamento das alternativas é outro tipo de análise de sensibilidade encontrada na revisão de literatura. As ações realizadas neste sentido tiveram início ainda durante a segunda etapa proposta pelo modelo de apoio à decisão, quando o conteúdo desenvolvido na seção 5.2 deste trabalho foi apresentado ao tomador de decisão, após a atribuição dos pesos das alternativas, baseado em seu conhecimento e percepções prévias sobre as mesmas. O intuito foi realçar as informações relevantes sobre cada uma das opções de forma condensada, estimulando a sua crítica aos pesos atribuídos espontaneamente e revisá-los em seguida, caso fosse do seu interesse. Neste momento, o decisor optou por manter as suas aferições originais.

Após a apresentação dos resultados, já na terceira etapa de aplicação do modelo, suscitou-se novamente a revisão do julgamento das alternativas. A reação do decisor para esta proposição foi distinta da que ele teve quando incitado a revisar o peso dos critérios, aceitando prontamente a realização da atividade, sob alegação de que este seria um procedimento mais dinâmico. Ao conferir a pontuação atribuída às alternativas durante a segunda etapa, o tomador de decisão optou pela revisão dos pontos aferidos na avaliação do subcritério *trade-offs* logísticos, redistribuindo os pontos entre as alternativas Cachoeirinha e Linhares, e do subcritério potencial de expansão, remanejando a pontuação das alternativas Cachoeirinha e Ciudad Del Este.

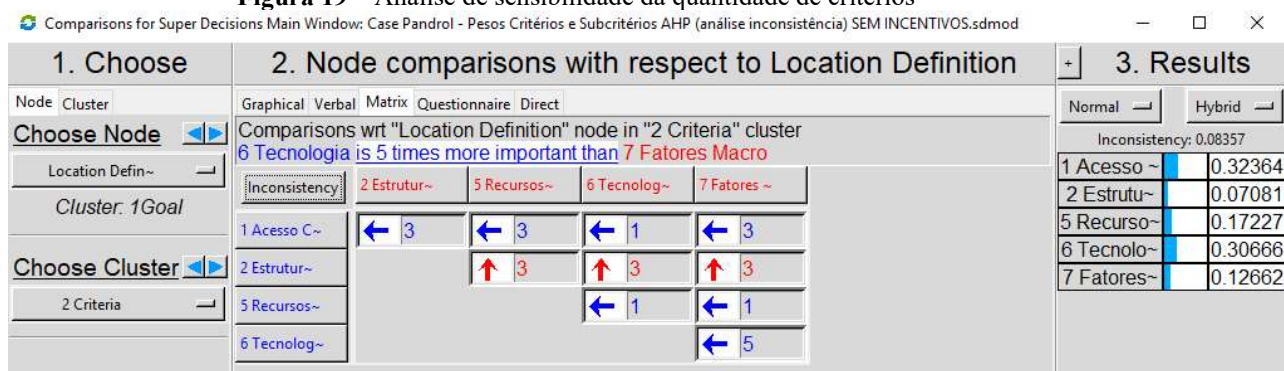
Questionado sobre as razões para estas retificações, o decisor argumentou sobre os *inputs* recebidos no compêndio apresentado ao final da etapa anterior, que alteraram as suas percepções durante o intervalo entre as duas sessões. Então, aplicando a pontuação revisada das alternativas na estrutura do modelo de apoio à decisão, o resultado obtido aumentaria consideravelmente a vantagem de Cachoeirinha (44,1%) sobre Linhares (35,1%) e Ciudad Del Este (20,8%), conforme exposto no Quadro 17.

Quadro 17 – Resultado com análise de sensibilidade do julgamento das alternativas

CACHOEIRINHA	LINHARES	CIUDAD DEL ESTE
2,646	2,105	1,249
44,1%	35,1%	20,8%

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A alteração da quantidade de critérios também é abordada nas análises de sensibilidade. As considerações feitas pelo tomador de decisão durante a realização desta atividade indicam que a ênfase dada para a definição dos critérios e subcritérios durante a aplicação do modelo de apoio à decisão deve ser revisitada. No seu entendimento, o fato de deliberar sobre estes parâmetros apenas no início do processo, não havendo momentos previstos para revisão durante a evolução do mesmo, tornam o fluxo linear, quando seria oportuno permitir avanços e retornos. Questionado se a sua ressalva compromete a relevância dos resultados percebidos com a aplicação do modelo ao caso, o decisor respondeu negativamente, mas pontuou que uma maior flexibilidade neste quesito permitiria que as análises fluissem de maneira mais objetiva. Quando foi indagado sobre quais critérios e subcritérios ele gostaria de adicionar ou excluir da avaliação, o tomador de decisão sinalizou com a exclusão dos fatores relacionados aos incentivos estruturais e incentivos fiscais e não indicou inclusão de nenhum novo critério ou subcritério. Com a tabulação destas informações no *software* Super Decisions, respeitando a tolerância do método AHP para o índice de inconsistência (8,3%), obteve-se os resultados indicados na Figura 19.

Figura 19 – Análise de sensibilidade da quantidade de critérios

Fonte: *Software* Super Decisions (2019)

Os critérios excluídos foram os dois com menor representatividade em termos de preferência do decisor na aferição inicial. As comparações pareadas atribuídas aos demais

critérios foram preservadas e, conseqüentemente, a ordem de predileção dos mesmos, alterando apenas redistribuição dos pesos alcançados: acesso à cadeia (32,4%), tecnologia (30,7%), recursos humanos (17,2%), fatores-macro (12,7%) e estrutura operacional (7,1%). A aplicação destes pesos substitutos na estrutura do modelo de apoio à decisão ocasionaria a manutenção de Cachoeirinha como melhor escolha, com 41,7%, seguida por Linhares (38,6%) e Ciudad Del Este (19,7%), conforme aponta o Quadro 18.

Quadro 18 – Resultado com análise de sensibilidade da quantidade de critérios

CACHOEIRINHA	LINHARES	CIUDAD DEL ESTE
2,503	2,313	1,184
41,7%	38,6%	19,7%

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A última análise de sensibilidade identificada na revisão de literatura trata da alteração da quantidade de alternativas. O caso aborda um problema real enfrentado pela empresa e considera as alternativas que estão sendo efetivamente aventadas para sua solução. Por este motivo, a inclusão de alternativas não seria viável, dado que a empresa não cogita novas possibilidades, neste estágio do processo decisório. Em compensação, foi sugerido ao decisor a possibilidade de exclusão de opções e o mesmo acatou a avaliação de cenário com a retirada de Ciudad Del Este do rol de alternativas, tendo em vista o desempenho muito inferior em todas as conjecturas analisadas até aqui, na comparação com as demais alternativas. Para tanto, considerou-se os pesos atribuídos às alternativas pelo tomador de decisão na etapa anterior de aplicação do modelo de apoio à decisão, deixando de lado as informações relativas à opção Ciudad Del Este e reclassificando as notas dadas a Cachoeirinha e Linhares, com pontuação “2” para a alternativa que permaneceu com a maior nota original e “1” para aquela que permaneceu com a menor pontuação original. A exclusão de uma opção e a nova escala de pesos das alternativas reduziu para 3,00 o total de pontos possíveis. Assim, o resultado apresentado no Quadro 19 reitera Cachoeirinha como a melhor escolha, com 52,4%.

Quadro 19 – Resultado com análise de sensibilidade da quantidade de alternativas

CACHOEIRINHA	LINHARES
1,573	1,427
52,4%	47,6%

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Cumprem-se os requisitos estabelecidos para validação do modelo de apoio à decisão localizacional, através da sua aplicação em um caso prático e da comparação dos resultados obtidos com a perspectiva real enfrentada pela empresa. Inicialmente, o resultado da aplicação do modelo apresentou uma preferência fraca, indicando diferença muito pequena entre as duas alternativas prediletas. Diante deste entrave, as análises de sensibilidade, empregadas na terceira etapa de aplicação do modelo, tiveram papel fundamental para corroborar a melhor escolha, indicada em todas as conjecturas avaliadas. Com a realização destes procedimentos, foi possível ratificar a função de apoio ao processo decisório exercido pelo modelo de decisão multicritério. Mas deve ser levado em conta que o sucesso da sua aplicação depende em muito do nível de envolvimento dos agentes de decisão, sobretudo do decisor e do analista de decisão, e da familiaridade destas pessoas com o problema, da sua compreensão sobre os critérios a serem avaliados e mapeamento em profundidade das características de cada alternativa considerada. Sem estes atributos, não é possível assegurar que o modelo cumprirá satisfatoriamente com o seu papel. A versão do modelo de apoio à decisão localizacional, revisada após a aplicação no caso, será apresentada na próxima seção.

5.4 REVISÃO DO MODELO DE APOIO À DECISÃO LOCALIZACIONAL DE UNIDADES INDUSTRIAIS

A aplicação do modelo em um caso teve como objetivo principal validar o artefato, mas também proporcionou a captura das constatações do tomador de decisão sobre pontos fortes e oportunidades de aprimoramento da ferramenta de apoio à decisão localizacional. Concluída a aplicação da versão 1.0 do artefato, foi aberto espaço para comentários. Neste momento, o decisor ressaltou a importância de pesquisas como esta, que desenvolvem ferramentas que auxiliam nos desafios organizacionais, reforçando a integração dos meios educacional e corporativo. Mesmo indicando a necessidade de alguns refinamentos no fluxo de aplicação da ferramenta, ele afirmou que o protótipo cumpriu com a sua função de suportar a tomada de decisão. Demais considerações são destacadas abaixo:

- O ser humano faz uma análise parcial e empírica dos fatos. Aplicar um sistema de avaliação multicriterial auxilia a organizar o pensamento na amplitude de todos os fatores que devem ser considerados.

- A estrutura de análises 1x1 torna o processo sistemático. Mas na etapa de avaliação dos subcritérios, isso se tornou muito trabalhoso. Para aumentar a produtividade, talvez fosse interessante fracionar esta etapa.

- A proposta adotada para avaliação das alternativas tornou o processo mais dinâmico.

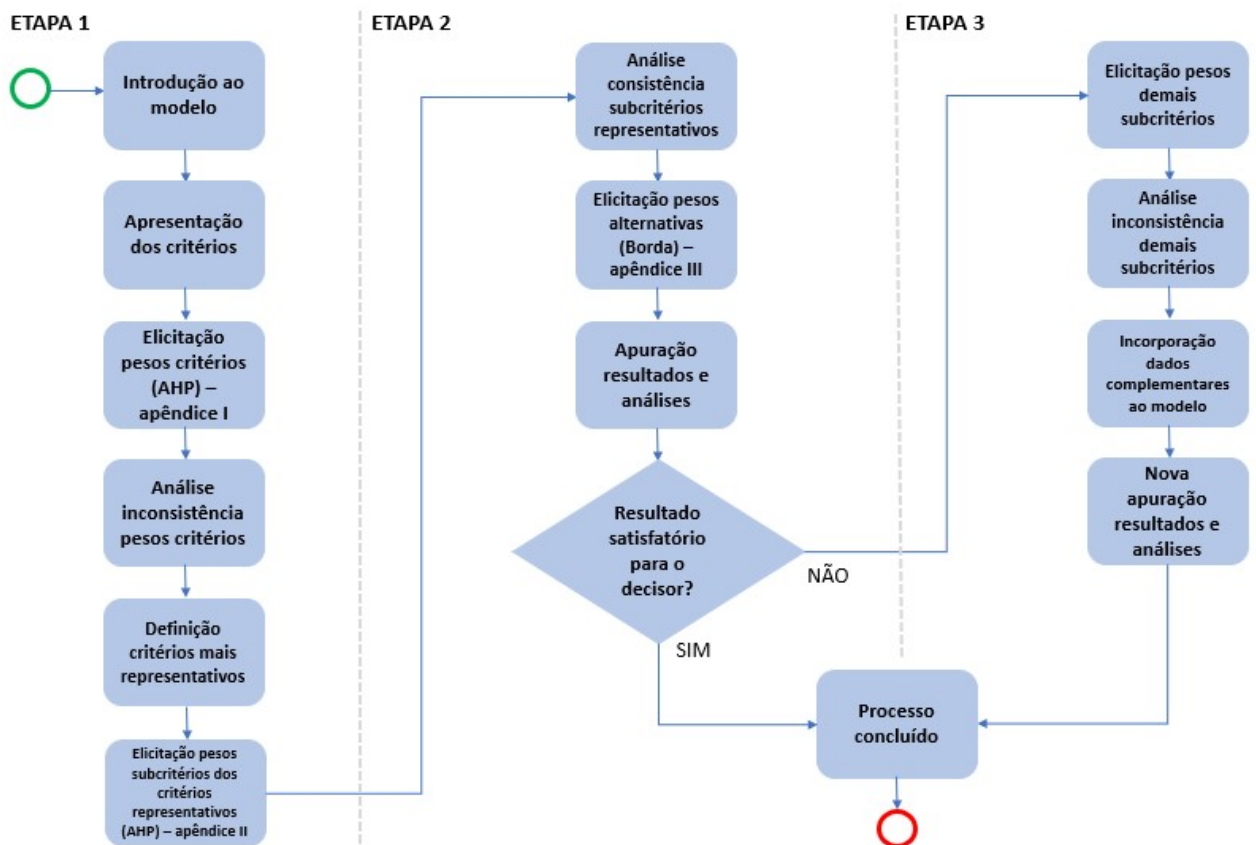
- A escolha dos critérios e subcritérios ocorreu no início dos trabalhos. Esta atividade precisa de mais ênfase, já que o resultado dela será o cerne do restante do processo. Ou então, dar a possibilidade de revisar ao longo das etapas seguintes.

- Empiricamente, vislumbrava-se que a mudança para outra região poderia tornar o negócio mais competitivo. Foram contratados estudos de consultorias especializadas no assunto, os quais indicaram que a compensação entre as vantagens (reduzir custos logísticos, ou agregar incentivos, por exemplo) e desvantagens (como perder a qualificação da mão-de-obra atual ou ir para ambientes menos propícios a evolução tecnológica) desta possibilidade poderia ser neutra, ou até negativa para o negócio, em uma visão de longo prazo. O resultado apurado com a aplicação da ferramenta serviu para corroborar percepções prévias sobre a melhor alternativa para solucionar o problema da empresa, o que atesta a sua legitimidade para estruturar o processo decisório.

Previamente à validação do modelo, já era percebido que o tempo necessário para elicitação dos pesos e análises de consistência dos critérios e subcritérios poderia ocasionar a captura de informações distorcidas, através de estafa ou distração do decisor. Isso levou à proposta de desdobrar a aplicação em três fases. Apesar disso, a percepção do tomador de decisão sobre a dinâmica empregada não foi positiva. As suas considerações foram ponderadas para desenvolver versão revisada das etapas de aplicação do modelo, apresentada na Figura 19. Para empreender esta oportunidade de melhoria, a pesquisa se socorreu em uma característica do método FITradeoff, o qual foi estudado durante a revisão de literatura, mas acabou não sendo incorporado ao modelo de apoio à decisão. Este método procede a elicitação incompleta, ou flexível, onde é possível analisar resultados parciais e, a juízo do tomador de decisão, encerrar ou dar continuidade ao fluxo.

Com base nesta premissa, na versão 2.0, o artefato foi ajustado para realizar a elicitação dos pesos dos critérios com o AHP e, a partir dos resultados identificados, avançar na elicitação dos pesos dos subcritérios (também com o AHP), permitindo concentrar os esforços apenas naqueles cujos critérios se mostraram mais representativos, na preferência do decisor. Ao avançar com os procedimentos de elicitação das alternativas (através do método de Borda), será possível aferir resultados parciais e realizar análises. Se tais resultados forem suficientemente consistentes na visão do tomador de decisão, o processo está concluído. Caso contrário, havendo interesse em avançar com a elicitação dos pesos dos demais subcritérios, relativos aos critérios que não foram priorizados, estes dados complementares serão incorporados ao modelo de apoio à decisão, o que vai gerar novos resultados.

Figura 20 – Modelo multicritério de decisão localizacional (versão 2.0 do artefato)



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

O tempo empregado nestas atividades pode reduzir consideravelmente, além de gerar um resultado parcial, o qual pode ser referendado pelo tomador de decisão, em função da sua satisfação com a amplitude entre as alternativas, encerrando o processo

ainda na segunda etapa. Mesmo optando por continuar o processo de elicitación dos pesos dos demais subcritérios, o fluxo tende a se tornar menos maçante do que foi versão aplicada ao caso, já que será intercalado com as análises parciais. Reitera-se que o objetivo não é incorporar o método FITradeoff ao modelo de apoio à decisão, dadas as razões abordadas nas análises dos métodos multicritério da seção 4.2, mas sim aproveitar uma funcionalidade que se mostra agregadora para a versão revisada do artefato.

Os esforços empreendidos para conceber a versão 2.0 do artefato tornam o modelo mais flexível, sem que isso diminua os atributos que lhe aferem robustez. Na comparação com a versão anterior, as alterações realizadas no fluxo apresentado na Figura 20 conferem mais poderes ao tomador de decisão. Ele poderá alterar a dinâmica da ferramenta durante a sua utilização, avançando e retrocedendo nas atividades do fluxo, revisar as convenções iniciais a qualquer momento, avaliar resultados parciais e definir quantas etapas o mesmo deverá cumprir, de acordo com o seu nível de satisfação, ante aos resultados obtidos. Isto deverá gerar menor desgaste ao tomador de decisão durante a aplicação do modelo, bem como despertar o seu interesse pelos *outputs* gerados.

Esta pesquisa desenvolveu uma ferramenta sustentada nos preceitos da escola americana de decisão multicritério, com ênfase ao racionalismo e ao processo de tomada de decisão em si. Por outro lado, desde o princípio da sua concepção, assumiu a função de apoiar o processo decisório e construir uma solução para o problema. Estas características são inatas da escola europeia. Na literatura, o contraponto entre os paradigmas racionalista e construtivista preconiza a escolha por um e, conseqüentemente, a exclusão da possibilidade de ocupar os atributos do outro. No entanto, o produto deste estudo suscita a revisão deste paradigma, visto que o mesmo resultou de um híbrido entre as duas escolas, onde foi possível extrair as melhores propriedades de cada uma delas, em prol da melhor solução disponível para o problema da pesquisa, balanceando racionalidade, informação, opinião e intuição.

Desta forma, fica evidente a importância do fator humano no processo decisório. Sistematizar uma decisão permite o processamento de inúmeras variáveis, em uma dinâmica que a cognição humana ainda não consegue alcançar. A velocidade com que um modelo multicriterial pode agregar inteligência é fundamental nos dias atuais, em que se busca a decisão mais acertada e também a mais rápida possível. Sem dúvidas, essas vantagens contribuem positivamente para a tomada de decisão, ainda que não sejam autossuficientes para substituir a participação humana neste fluxo. Assim, as ferramentas

de gestão cumprem papel auxiliar neste contexto. Tanto o mérito pelo êxito de uma decisão, quanto o ônus por um eventual fracasso, permanecem integralmente sob a responsabilidade do tomador de decisão. As considerações finais sobre esta pesquisa, as suas limitações e as sugestões para novos estudos são discorridas no capítulo a seguir.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Toda organização que anseia pela continuidade do seu negócio em condições competitivas deve encarar a localização das suas operações como assunto de ordem estratégica. O tema está presente no ambiente organizacional há décadas, mas passou um período carente dos subsídios de pesquisas acadêmicas. Este cenário se alterou nos últimos anos, quando foi possível perceber a retomada do desenvolvimento de estudos atualizados sobre a aplicação de métodos multicritério para decisão localizacional em maior intensidade. Mesmo com este interesse crescente, ainda foram identificadas oportunidades de sistematizar o tratamento deste tipo de problema, oferecendo um modelo inovador a ser empregado para definir localização de uma nova unidade industrial, ou realocação de fábricas existentes. A realização do presente estudo contribuiu para amenizar estas lacunas, ao estabelecer os requisitos do modelo de apoio à decisão multicritério sobre a localização geográfica de unidades industriais, mapeando as características necessárias em uma ferramenta desta natureza e propondo uma combinação de fatores a serem avaliados, que conduza a escolha da melhor alternativa disponível. Esta pesquisa atingiu os objetivos propostos no início da sua execução, ao entregar um artefato validado nas esferas acadêmica e organizacional, que pode ser aplicado em situações reais e contribuir efetivamente para solucionar problemas de decisão localizacional.

O primeiro passo foi a definição do escopo do problema da pesquisa e, conseqüentemente, a revisão bibliográfica, que propiciou ampla compreensão sobre a teoria das decisões, o processo decisório e seus modelos. Foi possível desdobrar a decisão multicritério nas problemáticas de referência e nas diferentes escolas de abordagens, culminando na exploração em profundidade dos principais métodos multicritério disponibilizados no meio acadêmico. A base conceitual formada foi de grande valia para reunir os elementos necessários à construção do modelo multicritério de apoio à decisão localizacional e permitiu desenvolver massa crítica para determinar que a aplicação combinada dos métodos AHP e Borda tinha adesão às características mapeadas no problema da pesquisa. Através da comparação par-a-par dos atributos, o AHP agregou robustez aos procedimentos do modelo, convertendo em pesos avaliados com maior profundidade e coerência pelo tomador de decisão, sem contar com os préstimos da regulamentação sólida para tratar as inconsistências. A utilização do método de Borda

para avaliação das alternativas foi um diferencial no modelo proposto, viabilizando maior dinamismo e atenuando o excessivo número de comparações pareadas que seriam necessárias com o emprego do AHP para esta atividade.

Quanto aos procedimentos metodológicos, a utilização dos paradigmas do *Design Science Research* (DSR) despontou diversos benefícios à realização da pesquisa, direcionando para o acúmulo de conhecimento científico nas diferentes áreas que tocam o problema em estudo. Ressalta-se a importância de o modelo contemplar atividades e etapas bem definidas, o que também foi obtido ao conceber a sua construção adotando as disposições do DSR. Outro ponto positivo da estruturação da pesquisa pelo DSR é percebido na sua sinergia com os pressupostos dos métodos multicritério ocupados no modelo de apoio à decisão. Enquanto AHP e Borda preconizam a análise compensatória intercritérios, inibindo incomparabilidades entre as alternativas e buscando a melhor decisão disponível, o DSR propõe a distinção entre soluções ótimas (em condições ideais) e soluções satisfatórias (em condições reais). O DSR tem vocação para soluções suficientemente boas de problemas do mundo real. Este atributo é complementar às características do artefato construído nesta pesquisa. Face à complexidade do problema, a combinação de métodos multicritérios com características distintas, mas que demonstram aderência aos momentos do processo decisório em que foram especificamente empregados, conferiu robustez aos resultados alcançados.

O modelo desenvolvido tem os predicados da tomada de decisão com viés processual. São percebidas características lógicas e objetivas, traduzidas na função de soma ponderada dos critérios para agregação do valor global que, ao final, explicita as preferências do tomador de decisão em um critério único de síntese. Ao mesmo tempo, deve-se considerar que, durante a pesquisa, o artefato ainda estava em fase de aprimoramento. Neste sentido, assumir as premissas da decisão processual deu as condições para evoluir o trabalho, mesmo tendo informações imperfeitas ou incompletas, além de conferir flexibilidade aos procedimentos de um fluxo em processo de consolidação. Este contexto foi complementado com o emprego do raciocínio abduutivo, o qual busca novas ideias e conhecimentos que possam validar algo, deixando de lado verdades absolutas e inquestionáveis. Este é o único procedimento racional de aquisição de conhecimento, enquanto todos os demais visam comprovar a verdade sobre um conhecimento já adquirido. Neste caso, a busca pelo conhecimento sobre decisão

multicritério se traduziu em uma proposta de fluxo para avaliar as características pertinentes ao modelo e determinar os métodos multicritérios a serem empregados.

A definição dos critérios e subcritérios a serem apreciados no modelo de apoio à decisão teve início com a revisão sistemática de literatura sobre decisão localizacional, apresentado na seção 3.3. A realização de pesquisa exploratória proporcionou a criação de corpo conceitual consistente e o amadurecimento do pesquisador a respeito do tema. Esta imersão conferiu propriedade para identificar fatores relevantes já contemplados em pesquisas anteriores e as lacunas que a pesquisa poderia preencher, conjugando uma proposição de fatores que deveriam compor o modelo. Os critérios e subcritérios apresentados na seção 4.3 foram hierarquizados e agrupados por afinidade de escopo, de maneira a facilitar a abordagem sistêmica na etapa de elicitação dos pesos. Esta proposta foi amplamente discutida com especialistas na realização do grupo focal e passou por ajustes, antes da aplicação do artefato ao caso. Durante as análises dos resultados, a estrutura também foi debatida com o tomador de decisão e as oportunidades de refinamento levantadas nesta etapa foram consideradas para a versão 2.0 do artefato.

A verificação das opções de *software* AHP disponíveis teve uma seção dedicada durante o desenvolvimento da pesquisa. Os testes realizados com as versões gratuitas serviram para identificar pontos positivos e negativos de cada um, tendo em vista também as limitações da pesquisa, e determinar aquele que foi incorporado ao modelo. Adicionalmente, esta atividade contribuiu para o melhor entendimento da racionalidade do método AHP e familiarização do autor com as funcionalidades que o *software* poderia oferecer durante a aplicação do modelo. Nesta altura, foi possível constatar que a aplicação do método AHP em todas as etapas de elicitação dos pesos (critérios, subcritérios e alternativas) tornaria o processo muito demorado, comprometendo a dinâmica de captura das informações e o interesse do tomador de decisão em apoiar a sua escolha nos *outputs* gerados pela ferramenta. Este tema também foi levado à apreciação do grupo focal e, deste debate, surgiu a ideia de conjugar o modelo com mais de um método multicritério. Entre as possibilidades pesquisadas, identificou-se no método de Borda atributos como consistência e simplicidade, que se mostraram adequados para a etapa de elicitação dos pesos das alternativas.

Os ganhos auferidos à pesquisa com a realização do grupo focal já foram citados previamente. No entanto, cumpre ratificar a relevância desta atividade para assegurar a robustez do artefato, sendo esta qualidade um pré-requisito, a partir da utilização dos

procedimentos de *Design Science Research*. O compartilhamento das informações com os especialistas, as suas críticas e os debates culminaram em oportunidades de ajuste que se mostraram pertinentes e foram implementados na versão do artefato aplicada ao caso.

Buscou-se a resolução do artefato, expressa com a sua aplicação na prática, contemplando demandas acadêmicas e organizacionais em um mesmo fórum. A descrição do cenário (seção 2.3) expôs uma situação real vivenciada pela empresa objeto do caso. Os desdobramentos da aplicação do modelo, ao longo do capítulo 5, contemplaram a apresentação das alternativas, de maneira a contextualizar o leitor, mas principalmente proporcionar conhecimento ao analista de decisão para poder conduzir a aplicação do modelo. Os procedimentos de elicitação dos pesos estavam delineados em etapas bem definidas e seguiram à risca o que foi estabelecido. A profundidade alcançada na busca de informações para construção do compêndio sobre as alternativas também agregou propriedade ao analista de decisão para examinar os resultados obtidos, em conjunto com o tomador de decisão. A análise de sensibilidade se mostrou relevante para atestar a resistência das alternativas às possíveis mudanças empregadas nas funções de utilidade, colaborando para uma compreensão maior do problema, por parte do tomador de decisão. A validação do modelo através da aplicação em um caso real foi exitosa. Adicionalmente, a aplicação das atividades dispostas na versão do artefato ratificada pelo grupo focal acarretou forte interatividade com o decisor, o que permitiu também capturar as suas percepções, críticas e sugestões ao fluxo do modelo. A obtenção destes *inputs* contribuiu para o amadurecimento do modelo de apoio à decisão localizacional, apresentado em sua versão revisada, na Figura 19 (seção 5.4).

6.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

O escopo da pesquisa se ateve em sistematizar o suporte ao processo de decisão localizacional de unidades industriais, a partir da captura das preferências do tomador de decisão. Para tanto, foram empregados atributos da recursividade, o que permitiu que novos *inputs* fossem incorporados ao modelo a qualquer momento da sua construção e validação. É oportuno reiterar que as constatações apresentadas até aqui estão intimamente atreladas ao contexto deflagrado durante a realização do estudo. Para qualquer mudança nas características do problema estabelecido para a pesquisa, o

processo deverá ser revisto. À medida que os objetivos ou o cenário também sofram alterações, isto implicará na necessidade de atualização das análises, as quais poderão culminar em percepções distintas daquelas obtidas até então.

A ausência de recursos financeiros para aquisição do *software* AHP foi uma restrição enfrentada ao longo da realização da pesquisa. Isto requereu maior agilidade nas análises comparativas entre as opções disponíveis, haja vista que algumas versões de demonstração ofereciam curto prazo de validade. Certamente, esta situação foi ponderada para definir a escolha por um *software* que não exigisse investimento, mas sem deixar de cumprir com os requisitos mínimos estabelecidos. Por outro lado, esta limitação serviu também para reforçar o alinhamento da proposta da pesquisa com os valores da fundação que desenvolve o sistema escolhido, cujo objetivo principal é fomentar a pesquisa na academia e no meio corporativo, promovendo a geração de conhecimento.

Outro limitador imposto à pesquisa se refere à objeção da empresa do caso em divulgar determinadas informações. Tal posicionamento está amparado na sua política interna de *compliance* e código de ética. A maneira encontrada para suplantar a situação foi o acordo de acesso irrestrito do analista de decisão às informações necessárias para aprofundar a compreensão do problema real vivenciado pela empresa, através de investigação documental e observação direta, mediante o compromisso formal de sigilo. As informações previamente definidas como confidenciais tiveram um tratamento diferenciado ao serem reproduzidas, tendo sido aplicado fatores para a sua distorção, de maneira que isso não afetasse a compreensão do leitor e tampouco os resultados obtidos e as análises realizadas.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

As pesquisas regidas pelos procedimentos de abdução são, por natureza, abertas ao constante aperfeiçoamento. Isto não diminui a relevância dos resultados alcançados até aqui, mas cria espaço para revisitá-los ao longo do tempo e também oportunidades para explorar temas adjacentes com maior profundidade, através de novas pesquisas direcionadas. Assim, evidencia-se o que é compreendido por vertente do conhecimento, quando descobertas são compartilhadas e podem ser corroboradas, contestadas, aprimoradas, ou ainda proporcionar as bases para a geração de novas ideias e a produção

de novas experiências. Os ensejos levantados com a realização do presente estudo são descritos a seguir:

a) Dado que uma das limitações da pesquisa está relacionada com a ausência de recursos financeiros para aquisição do software AHP, cria-se oportunidade para realização de novas pesquisas que adotem outras plataformas para tabulação, processamento e análise dos dados capturados com a aplicação do modelo de apoio à decisão.

b) Foi delimitado na introdução da pesquisa que uma das etapas de validação do modelo ocorreria através da aplicação do mesmo em uma situação real. A empresa explorada no caso disponibilizou todas as informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa. Porém, a sua política de *compliance* não autoriza a divulgação de informações classificadas como confidenciais, as quais foram distorcidas para apresentação neste trabalho, sem que isso compromettesse as análises e os resultados obtidos. Levando em conta também o fato de que a versão 2.0 do artefato ainda não foi aplicada em nenhuma situação real, observa-se a oportunidade de dar seguimento nesta pesquisa, para observar o desempenho da versão atualizada do modelo, priorizando a aplicação em casos de empresas que não apresentem restrições à divulgação de suas informações orgânicas.

c) Constatou-se que, gradualmente, a utilização de incentivos estruturais, como meio para atrair empreendimentos às localidades, tem sido uma prática adotada em menor escala pela administração pública. Na aplicação ao caso, a relevância atribuída aos critérios relacionados a este tema foi das menos representativas. Para a aplicação do modelo em casos futuros de decisão localizacional de unidades fabris, é pertinente pesquisar sobre a manutenção deste critério, de acordo com o contexto e a atratividade destes atributos para o problema em avaliação.

d) Situação semelhante é percebida no que se refere aos incentivos fiscais. Apesar de os mesmos ainda estarem em voga no cenário político-econômico brasileiro, existem iniciativas para legislar sobre os parâmetros para utilização deste tipo de artifício e, assim, equalizar a concorrência entre os estados federativos na atração de investimentos, através de contrapartidas tributárias. Em se confirmando este cenário, a longevidade e a importância destes incentivos devem ser revistas, para referendar a avaliação dos critérios relacionados ao tema, na aplicação do modelo em casos futuros.

e) A oferta de financiamentos com taxas subsidiadas é outro artifício utilizado pela administração pública para atrair investimentos à determinadas localidades. O acesso a estas linhas de crédito não foi explorado nesta pesquisa. No caso estudado, a sua ausência não comprometeu os resultados obtidos, dadas as características da empresa de se alavancar com recursos próprios para este tipo de projeto. Contudo, verifica-se o seu potencial para caracterizar um novo subcritério, que, mediante a devida avaliação ampliada, poderá ser incorporado ao modelo nas suas próximas aplicações em problemas de decisão localizacional de unidades industriais, agrupado com os demais subcritérios que configuram os incentivos estruturais, ou junto aos fatores-macro. Este quesito poderá valorar o apoio à decisão prestado pelo artefato em casos futuros.

f) É oportuno avaliar a incorporação do índice de desenvolvimento humano (IDH) como um subcritério do modelo de apoio à decisão localizacional, no rol de critérios relacionados aos recursos humanos, ou dos fatores-macro. Trata-se de um índice apurado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), com regras e procedimentos confiáveis, que permitem a comparação de desempenho entre as alternativas, com base na proporção dos valores numéricos do próprio indicador.

g) Para atingir o objetivo de mapear as características do modelo e definir os métodos multicritérios que deveriam ser adotados no mesmo, foi desenvolvida uma técnica que se mostrou bem-sucedida, face aos resultados apresentados. O fluxo adotado para construir a solução do problema da pesquisa pode guiar a solução de outros problemas de decisão multicriterial. Para tanto, mostra-se oportuno o empreendimento de estudos direcionados para corroborar esta afirmativa. As bases necessárias para o refinamento do tema em pesquisas futuras foram concebidas ao longo deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- AAKER, D.A.; KUMAR, V.; DAY, G.S. *Marketing research*. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- AGUIAR, Silvio. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa 6 Sigma**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2002.
- AKALIN, M.; TURHAN, G.; SAHIN, A. *The Application of AHP Approach for Evaluating Location Selection Elements of Retail Store: A Case of Clothing Store*. International Journal of Research in Business and Social Science, v. 2, n. 4, p. 1-20, 2013.
- ALLISON, G.T. *Essence of decision: explaining the Cuban missile crisis*. Boston: Harper Collins, 1971.
- ALMEIDA, A.T. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Atlas, 2013.
- ALMEIDA, A.T.; ALMEIDA J.A.; ALMEIDA FILHO, A.T.; COSTA, A.P. *A new method for elicitation of criteria weights in additive models: flexible and interactive tradeoff*. European Journal of Operational Research, v. 250, p. 179–191, 2016.
- ALVES, J.R.X.; ALVES, J.M. **Definição de localidade para instalação industrial com apoio do método de análise hierárquica (AHP)**. Production, v. 25, n. 1, p. 13-26, 2015.
- AMIRI, M.; SALEHI SADAGHIYANI, J.; PAYANI, N.; SHAFIEEZADEH, M. *Developing a DEMATEL method to prioritize distribution centers in supply chain*. Management Science Letters, v.1, n.10, p. 279-288, 2011.
- ANDERY, M. A. *et al.* Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica. Rio de Janeiro: Editora EDUC, 2004.
- ARAZ, C.; OZKARAHAN, I. *Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure*. International Journal of Production Economics, v. 106, p.585-606, 2007.
- ARCHER, W.R.; SMITH, M.T. *Explaining Location Patterns of Suburban Offices*. Real State Economics, v.31, n.2, p.139-164, 2003.
- ARUEIRA, A.B. **Aplicação do Método AHP para avaliação de transportadores**. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção). Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica, 2014.
- AZEVEDO, J. **Aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão na seleção de centros de usinagem para uma central de usinagem**. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- BALTAR, A.M.; NETTO, O.D.M.C. **Métodos Multicritério aplicados à hierarquização de investimentos na área de recursos hídricos**. Simpósio Internacional de Gestão de Recursos Hídricos. Gramado: ABRH, 1998.
- BARBA-ROMERO, S.; POMEROL, J.C. *Decisiones multicritério: Fundamentos teóricos y utilización práctica*. Colección Economía. Madrid: Universidad de Alcalá, 1997.
- BATTESINI, M. **Método de Análise Conjunta com estimulação em duas etapas**. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- BEHZADIAN, M.; KAZEMZADEH, R.B.; ALBADVI, A.; AGHDASI, M. *PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications*. European Journal of Operational Research, v. 200, n. 1, p. 198-215, 2010.

- BELTON, V.; STEWART, T.J. *Multiple Criteria Decision Analysis*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- BENAYOUN, R.; MONTGOLFIER, J.; TERGNY, J; LERITCHEV, O. *Linear programming with multiple objective functions: Step method (STEM)*. Mathematical Programming, v. 1, n. 1, p.336-375, 1971.
- BICKMAN, L.; ROG, D.J. *The Sage Handbook of applied research methods*. Thousand Oaks: Sage Publications, 2008.
- BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. *Promethee-Gaia, une Methodologie d'Aide à la Décision en Présence de Critères Multiples*. Bruxelles, Éditions Ellipses, 2002
- BRIOZO, R.A.; MUSETTI, M.A. **Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h**. Gestão & Produção, v. 22, n. 4, p. 805-819, 2015.
- CAMPELLO DE SOUZA, F.M. **Decisões racionais em situações de incerteza**. 2ªEd. Recife, 2007.
- CAMPOS, V.R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento**. Tese de Doutorado. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.
- CARAVANTES, G.; PANNON, C.; KLOECKNER, M. **Administração: teorias e processo**. São Paulo: Pearson, 2005.
- CARNEIRO, M. **Brasileiros abrem 7 de cada 10 indústrias do Paraguai**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2017/12/1947163-brasileiros-abrem-7-de-cada-10-industrias-do-paraguai.shtml>. Data da consulta: 31/12/2017.
- CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 2000.
- CASTRO, C.M. **A Prática da Pesquisa**. São Paulo: McGraw-Hill, 1977.
- CAVASSIN, S.A. **Uso de metodologias multicritério na avaliação de municípios do Paraná com base no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal**. Dissertação de Mestrado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná - Departamento de Engenharia, 2004.
- CERQUEIRA, L.L.J. **As qualidades de localização intrametropolitana dos espaços de escritórios: evidências teóricas e sua evolução recente no mercado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
- CERTO, S.C. **Administração moderna**. 9ªEd. São Paulo: Pearson, 2005.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. *Measuring the efficiency of decision-making units*. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
- CHATTERJE, D.; MUKHERJEE, B. *Potential Hospital Location Selection Using Fuzzy-AHP: An Empirical Study in a Rural India*. *International Journal of Innovative Technology and Research*, v. 1, n. 4, p. 304-314, 2013.
- CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 7ªEd. Rio de Janeiro: Campus, 2003.
- CHOO, C. W. **A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões**. 2ªEd. São Paulo: SENAC, 2006.
- CHURCHILL, G.A. *Marketing research: methodological foundations*. 6ª Ed. Orlando: Dryden Press, 1995.

- COHEN, N. *Business Location Decision-Making and the cities: bringing companies back*. The Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy, 2000.
- COLIN, E.C. *Pesquisa Operacional – 170 Aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas*. São Paulo: Atlas, 2007.
- COSTA, C.A.B.; CARNERO, M.C.; OLVEIRA, M.D. *A multicriteria model for auditing a predictive maintenance programme*. European Journal of Operational Research, v.217, n.2, p.381-393, 2012.
- COSTA, H.G. *Caderno técnico sobre o método multicritério Borda*. 2010. Disponível em: <http://www.decision.uff.br/sites/>. Acesso em: 25/05/2019.
- COSTA, H.G. *Sistemas de votação pelo método de Borda*. Relatórios de pesquisa em Engenharia de Produção, v. 14, n. B1, p. 1-10, 2014.
- DAFT, R. L. *Organizações: teorias e projetos*. 2ªEd. São Paulo: Atlas, 2008.
- DELL'OVO, M.; FREJ, E.A.; OPPIO, A.; CAPOLONGO, S.; MORAIS, D.C.; ALMEIDA, A.T. *Multicriteria Decision Making for Healthcare Facilities Location with Visualization Based on FITradeoff Method*. Springer International Publishing, p. 32-44, 2017.
- DORNIER, P.P.; ERNST, R.; FENDER, M.; KOUVELIS, P. *Logística e Operações Globais: Texto e Casos*. São Paulo: Atlas, 2000.
- DRESCH, A. *Design Science e Design Science Research como artefatos metodológicos para Engenharia de Produção*. Dissertação de Mestrado. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2013.
- DRESCH, A.; LACERDA, D.P.; ANTUNES JUNIOR, J.A.V. *Design Science Research: método de pesquisa para avanço da tecnologia*. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.; NORONHA, S. *Apoio à decisão: metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas*. Florianópolis: Insular, 2001.
- FERREIRA, A.B.H. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. 2ªEd. São Paulo: Nova Fronteira, 1994.
- FISCHER, C.; GREGOR, S. *Forms of Reasoning in the Design Science Research Process*. In: Jain H., Sinha A.P., Vitharana P. (eds) Service-Oriented Perspectives in Design Science Research. DESRIST 2011. Lecture Notes in Computer Science, vol 6629. Berlin, 2011.
- FONTANILLAS, C.N. *Identificação e Caracterização dos Critérios de Localização com vistas no estabelecimento de vantagem competitiva*. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.
- FONTANILLAS, C.N.; CRUZ, E.P.; BARRETO, C.R. *O Processo Decisório nas Organizações*. Curitiba: Intersaberes, 2014
- FONTE, M.I.S. *Localização de um centro comunitário (Compaz) na cidade do Recife: uma aplicação do método FITradeoff*. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2018.
- FORMAN, E.; GASS, S. *The analytic hierarchy process – an exposition*. Operations Research, v. 49, n. 4, p. 469-486, 2001.
- FREITAS, H.; KLADIS, C.M. *O processo decisório: modelos e dificuldades*. Revista Decidir. Rio de Janeiro, ano 2, n.08, mar. 1995.

FREJ, E.A.; ROSELLI, L.R.P.; ARAUJO DE ALMEIDA, J.; ALMEIDA, A.T. *A Multicriteria Decision Model for Supplier Selection in a Food Industry Based on FITradeoff Method*. Mathematical Problems in Engineering, 2017.

Gazeta On Line. Disponível em: <https://www.gazetaonline.com.br/noticias/economia/2016/05/linhares-deve-contar-com-novo-porto-industria-de-r-800-milhoes-1013941788.html>. Data da consulta: 12/01/2019.

GIBBONS, M. *et al. The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. Los Angeles: Sage Publications, 1994.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ªEd. São Paulo: Atlas, 1991.

GOLDEN, B.; WASIL, E.; HARKER, P. *The analytic hierarchy process: Applications and studies* Heidelberg: Springer-Verlag, 1989.

GOMES, C.F.S.; XAVIER, L. H.; VALLE, R. *Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil*. Omega, v. 36, n. 3, p. 395-404, 2008.

GOMES, K.G.A. **Um método multicritério para localização de unidades celulares de intendência da FAB**. Rio de Janeiro, 2009.

GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.T. **Tomada de Decisão Gerencial – Enfoque Multicritério**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, L.F.A.M. **Teoria da Decisão**. São Paulo: Thomson, 2007.

Google Earth. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-29.93505063,-51.10537757,38.60944526a,553.29875771d,35y,103.46124745h,44.99779049t-0r>. Data da consulta: 05/01/2019.

GREEN, P.E.; RAO, V.R. *Conjoint measurement for quantifying judgmental data*. Journal of Marketing Research, v.8, n.3, p. 355-363, 1971.

HAIR JR., J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. 5ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HENRIQUE, J.L.; SOUZA, R.V. **O Uso da Técnica de Análise Conjunta na Pesquisa em Marketing: Uma Avaliação das Publicações Brasileiras**. 30º Encontro da ANPAD. Salvador, 2006.

HO, W. *Integrated analytic hierarchy process and its applications - a literature review*. European Journal of Operational Research, v. 186, n.1, p. 211-228, 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Data da consulta: 08/12/2018.

ISHIZAKA, A.; PEARMAN, C.; NEMERY, P. *AHPSort: an AHP based method for sorting problems*. International Journal of Production Research, v. 50, n. 17, p. 4767-4784, 2012.

KANGAS, A.; LAUKKANEN, S.; KANGAS, J. *Social choice theory and its applications in sustainable forest management—a review*. Forest Policy and Economics Journal, v. 9, p. 77–92, 2006.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D. P. **A estratégia em ação: Balanced Scorecard**. 17ªEd. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

KEENEY, R.L.; RAIFFA, H. *Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs*. New York: John Wiley & Sons, 1976.

KOTTLER, P. **Administração de Marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. Tradução: Ailton Bonfim Brandão. 5ªEd. São Paulo: Atlas, 1998.

- LACERDA, D.P.; DRESCH, A.; PRENÇA, A.; ANTUNES JUNIOR, A.V. **Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção.** Gestão & Produção, v.20, n.4, nov/2013.
- LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos da Metodologia Científica.** 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- LAUDON, K.C.; LAUDON, J.P. **Management Information Systems: Organization and Technology in the Networked Enterprise.** 6ªEd. Prentice Hall, 2000.
- LIBERATORE, M.; NYDICK, R. **The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review.** European Journal of Operational Research, v. 189, n. 1, p. 194-207, 2008.
- LIMA, A.C.; MORANDI, M.I.; CORCINI, S. **Desenvolvimento conceitual do método de construção de balanço social sistêmico para o biodiesel.** Porto Alegre: Instituto Euvaldo Lodi IEL - Federação das Indústrias do Rio Grande do Sul, 2010.
- LINDNER, J.; TOMAZELLI, I. **Bolsonaro sanciona prorrogação de incentivos a empresas da Sudam e da Sudene.** Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,bolsonaro-sanciona-prorrogacao-de-incentivos-a-empresas-da-sudam-e-da-sudene,70002666481>. Data da consulta: 05/01/2019.
- LIU, H.T.; WANG, W.K. **An integrated Fuzzy approach for provider evaluation and selection in third-party logistics.** Expert Systems with applications, v. 38, p. 4387-4398, 2009.
- LOGAN, J.R.; MOLOTCH, H. **Urban Fortunes – The Political Economy of Place.** Berkeley: University of California Press, 1987.
- LOPES, Y.G.; ALMEIDA, A.T. **Enfoque multicritério para a localização de instalações de serviço: aplicação do método SMARTER.** Revista Eletrônica Sistemas & Gestão: v.3, n. 2, p. 114-128, 2008.
- LOPEZ, R.A.; HENDERSON, N.R. **The Determinants of Location Choices for food processing Plants.** Agribusiness: v.5, n.6, p. 619-632, 1989.
- LOUSADA, M.; VALENTIM, M.L.P. **Modelos de tomada de decisão e sua relação com a informação orgânica.** Perspectivas em Ciência da Informação, v. 16, n.1, p. 147-164, 2011.
- MACEDO, M.A.S.; MANHÃES, J.V.P. **Avaliação de Eficiência de Terminais de Contêineres no Brasil através da Análise Envoltória de Dados (DEA).** Revista de Negócios. v. 14, n. 3, art. 2, 2009.
- MALHOTRA, N.K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada.** 3ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- MAXIMIANO, A.C.A. **Introdução à Administração.** São Paulo: Atlas, 2009.
- MILLET, I. **The effectiveness of alternative preference elicitation methods in the analytic hierarchy process.** Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, v. 6, n. 1, p. 41-51, 1997.
- MIRANDA, C.M.G.; ALMEIDA, A.T. **Visão multicritério da avaliação de programas de pós-graduação pela CAPES: o caso da área engenharia III baseado nos métodos Electre II e MAUT.** Gestão e Produção, v. 11, n. 1, p. 51-64, jan-abr.2004.
- MIRANDA FILHO, A.N. **Aplicação de um método Soft da investigação operacional no desenvolvimento de uma célula virtual para o processo de compra.** Em: Congresso Construção, 2007.
- MOUNT, S.M. **Strategic facility planning as a component of the business plan.** Industrial Development Section, v. 1, p. 879-882, 1990.
- Municipalidad de Ciudad Del Este.** Disponível em: <http://www.mcde.gov.py/>. Data da consulta: 06/01/2019.

- NIOCHE, J.P. *et al. Strategor, strategie, structure, décision, identité: politique générale d'entreprise*. Paris: Inter Editions, 1993.
- NOVAES, A.G.; EFRON, A.J.; GRANEMANN, S.R.; RODRIGUEZ, C.T. **Técnicas de preferência declarada na análise do nível de serviço hoteleiro**. *Gestão & Produção*, v. 3, n. 2, p.188-203, 1996.
- OMKARPRASAD, V.; VAIDYA, O.; SUSHIL, K.; KUMAR, S. *Analytic hierarchy process: An overview of applications*. *European Journal of Operational Research*, v. 169, n. 1, p. 1-29, 2006.
- OPRICOVIC, S.; TZENG, G. *Compromise solution by MCDM methods: a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS*. *European Journal of Operational Research*, n. 156, p. 445-455, 2004.
- Panamericana Consultores Associados**. Disponível em: <https://www.panconsult.com.br/>. Data da consulta: 06/01/2019.
- PARDALOS, P.M.; SISKOS, Y.; ZOPOUNIDIS, C. *Advances in multicriteria analysis*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995.
- PARREIRAS, R.O. **Algoritmos Evolucionários e Técnicas de Tomada de Decisão em Análise Multicritério**. Tese Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Belo Horizonte: Universidade de Minas Gerais, 2006.
- PARTOVI, F.Y. *An analytic model for locating facilities strategically*. *Omega*, v. 34, n. 1, p.41-55, 2006.
- PETISON, P.; JOHRI, L.M. *Localization drivers in an emerging market: case studies from Thailand*. *Management Decision*, v.46, n.9, p.1399-1412, 2008.
- POLÈSE, M. *Economía Urbana y Regional: introducción a la relación entre territorio y desarrollo*. Cartago: LUR, 1998.
- PORTER, M. E. **Estratégia Competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 2005
- PORTUGAL, L.S.; MORGADO, A.V.; LIMA JR., O. *Location of cargo terminals in metropolitan areas of developing countries: the Brazilian case*. *Journal of Transport Geography*, v. 19, n. 4, p. 900-910, 2011.
- Prefeitura Municipal de Cachoeirinha**. Disponível em: <http://www.cachoeirinha.rs.gov.br/portal/>. Data da consulta: 05/01/2019.
- Prefeitura Municipal de Linhares**. Disponível em: <https://linhares.es.gov.br/>. Data da consulta: 12/01/2019.
- Price Waterhouse Cooper - PWC**. Disponível em: <https://www.pwc.com/py/es/publicaciones/assets/RegimedeMaquilaPor.pdf>. Data da consulta: 06/01/2019.
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD**. Disponível em: <http://www.undp.org/content/undp/en/home.html>. Data da consulta: 06/01/2019.
- RAIFFA, H. *Decision Analysis*. Addison: Wesley, 1970.
- ROBBINS, S.; JUDGE, T.; SOBRAL, F. **Comportamento organizacional: teoria e prática no contexto brasileiro**. 14ªEd. São Paulo: Pearson, 2010.
- RODRIGUES, A.M. **Seleção de um sistema ERP utilizando-se o método multicritério AHP: um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Computação). São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2017.
- ROMERO, C. *Análisis de las decisiones multicriterio*. Madrid: Isdefe. 1996.

ROSZKOWSKA, E. *Multicriteria decision-making models by applying the Topsis method to crisp and interval data*. Multiple Criteria Decision Making, v. 6, p. 200-230, 2011.

ROUSSEAU, J.Y.; COUTURE, C. *Os fundamentos da disciplina arquivística*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1998.

ROY, B. *The outranking approach and the foundations of ELECTRE method*. Theory and Decision, v. 3, n. 1, p. 49-73, 1991.

ROY, B. *Multicriteria Methodology for Decision Aid. Nonconvex Optimization and its Applications*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.

ROY, B.; BOYSSOU, D. *Aid Multicritère à la decision: methodes et cas*. Paris: Economica, 1993.

SAARI, D.G., NEWNHIZEN, J.V. *The problem of indeterminacy in approval, multiple and truncated voting systems*. Public Choice, v. 59, p. 101-120, 1988.

SAATY, T.L. *Decision Making for Leaders: the analytic hierarch process for decisions in a complex world*. Pittsburgh: RWS Publications, 1990.

SAATY, T.L. *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: McGraw-Hill Makron Books, 1991.

SAATY, T.L. *Fundamentals of the Analytic Network Process*. Proceedings of the V ISAHP (International Symposium on the Analytic Hierarchy Process), p. 48-63, 1999.

SAATY, T.L. *The seven pillars of Analytic Hierarch Process*. Pittsburgh: RWS Publications, 2001.

SAATY, T.L. *Decision Making – the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP)*. Journal of Systems Science and Systems Engineering, v. 13, n. 1, p.1-34, 2004.

SAATY, T.L. *Making and validating complex decisions with the AHP/ANP*. Journal of Systems Science and Systems Engineering, v. 14, n. 1, p. 1-36, 2005.

SAATY, T.L. *There is no mathematical validity for using fuzzy number crunching in the analytic hierarchy process*. Journal of Systems Science and Systems Engineering, v. 15, n. 4, p. 457-464, 2006.

SAATY, T.L.; FORMAN, E. *The hierarchon: A dictionary of hierarchies*. Pittsburgh: RWS Publications, 1992.

SARKIS, J.; TALURRI, S. *A model for strategic supplier selection*. The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply, 38, 18-28, 2002.

SAYADI, M.K.; HEYDARI, M.; Shahanaghi, K. *Extension of VIKOR method for decision making problem with interval numbers*. Applied Mathematical Modelling, v. 33, n. 5, p.2257-2262, 2009.

Secretaria Estadual de Desenvolvimento do Espírito Santo - SEDES. Disponível em: <https://sedes.es.gov.br/invest-es>. Data da consulta: 12/01/2019.

SEYDEL, J. *Data envelopment analysis for decision support*. Industrial Management & Data Systems, v.106, n. 1, p. 81-95, 2006.

SHAW, D.; EDWARDS, J.S.; COLLIER, P.M. *Quid pro quo: Reflections on the value of problem structuring workshops*. Birmingham: Aston University, 2006.

SHIM, J. *Bibliography research on the analytic hierarchy process (AHP)*. Socio-Economic Planning Sciences, v. 23, n.3, p. 161-167, 1989.

SI, S.; YOU, X.; LIU, H.; ZHANG, P. *DEMATEL Technique: A Systematic Review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and Applications*. *Mathematical Problems in Engineering*, 10.1155/2018/3696457, v. 1, p. 1-33, 2018.

SILVA, E.J.C. **Aplicação do método de Borda para avaliar as decisões coletivas: um estudo sobre a avaliação de processos críticos afetados pela estratégia de uma empresa do setor elétrico**. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, 2015.

SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. **Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4ªEd. Florianópolis, 2005.

SIMON, H.A. *The Science of the Artificial*. 3rd Ed. Cambridge: MIT Press, 1996.

SIMON, H.A. *Administrative Behavior: a study of decision-making processes in administrative organizations*. 4th Ed. London: Macmillan Publishers, 1997.

SINUANY-STERN, Z.; MEHREZ, A.; HADAD, Y. *An AHP/DEA methodology for ranking decision-making units*. *International Transactions in Operational Research*, v. 7, n. 2, p. 109-124, 2000.

SIQUEIRA, B.L. **Fatores de tomada de decisão dos consumidores na compra da carne premium em Campo Grande - MS**. Dissertação de Mestrado. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2014.

SIPAHI, S.; TIMOR, M. *The analytic hierarchy process and analytic network process: An overview of applications*. *Management Decision*, v. 48, n. 5, p. 775-808, 2010.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ªEd. São Paulo: Atlas, 2007.

Software Easy AHP. Disponível em: <http://www.easyahp.com>. Data da consulta: 31/08/2018.

Software Expert Choice. Disponível em: <http://expertchoice.com>. Data da consulta: 25/08/2018.

Software Make It Rational. Disponível em: <https://www.makeitrational.com>. Data da consulta: 31/08/2018.

Software Super Decisions. Disponível em: <https://www.superdecisions.com>. Data da consulta: 24/08/2018.

Software Transparent Choice. Disponível em: <https://www.transparentchoice.com>. Data da consulta: 25/08/2018.

STONER, L. A. F.; FREEMAN, R. E. **Administração**. 5ªEd. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1992.

Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/>. Data da consulta: 12/01/2019.

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Disponível em: https://www.ufpe.br/dep/todos-os-informes/-/asset_publisher/fXvMqa5VYd37/content/professores-da-ufpe-recebem-premio-de-melhor-artigo-publicado-em-periodico-internacional-na-categoria-teoria-e-metodologia/39479. Data da consulta: 01/07/2019.

VACLAVIK, M.C. **Proposta de um modelo de avaliação de prestadores de serviços logísticos utilizando o AHP: o caso de uma indústria de motores**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

VAN RIJMENAM, M. *Think Bigger: deploying a successful big data strategy for your business*. New York: Amacom, 2014.

- VANSNICK, J.C. *Strength of preference: theoretical and practical aspects*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1984.
- VARGAS, H.C. *Espaço terciário: o lugar, a arquitetura e a imagem do comércio*. São Paulo: Senac, 2001.
- VARGAS, L. *An overview of the analytic hierarchy process and its applications*. European Journal of Operational Research, v. 48, n. 1, p. 2-8, 1990.
- VIEIRA, G.H. **Análise e Comparação dos Métodos de Decisão Multicritério AHP Clássico e Multiplicativo**. Trabalho de conclusão de curso. São José dos Campos: Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), 2006.
- VINCKE, P. *Multicriteria decision aid*. Bruxelles: John Willey & Sons, 1992.
- VISWANADHAM, N.; KAMESHWARAN, S. *A Decision Framework for Location Selection in Global Supply Chains*. Proceedings of the 3rd Annual IEEE Conference on Automation Science and Engineering. Scottsdale, USA, Sept 22-25, 2007
- WEBER, C.A., CURRENT, J.R., DESSAI A. *Non-cooperative negotiation strategies for vendor selection*. European Journal of Operational Research, v. 108 p. 208-223, 1998.
- WHITAKER, R. *Validation examples of the analytic hierarchy process and analytic network process*. Mathematical and Computer Modelling, v. 46, n. 7-8, p. 840-859, 2007.
- WOLFF, C.S. **O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial (Logística). Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica, 2008.
- WU, C.R.; LIN, C.T.; CHEN, H.C. *Optimal selection of location for Taiwanese hospital to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis*. Building and Environment, v. 42, n. 3, p. 1431-1444, 2007.
- YANG, J.; LEE, H. *An AHP decision model for facility location selection*. Facilities, v.15, n.9/10, p.241-254, September/October. 1997.
- YU, J.; LIU, Y.; CHANG, G.L.; MA, W.; YANG, X. *Locating Urban Transit Hubs: Multicriteria Model and Case Study in China*. Journal of Transportation Engineering, v. 137, n. 12, 2011.
- ZAHEDI, F. *The analytic hierarchy process: A survey of the method and its applications*. Interface, v. 16, n. 4, p. 96-108, 1986.
- ZAMBON, K.L.; CARNEIRO, A.A.F.; SILVA, A.N.R.; NEGRI, J.C. **Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoeletricas utilizando SIG**. Pesquisa Operacional, v. 25, n. 2, 2005.
- ZELENY, M. *Multiple Criteria Decision Making*. New York: MacGraw-Hill, 1982.

APÊNDICES

I - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS CRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

II – FORMULÁRIOS PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS SUBCRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

III – FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DOS PESOS DAS ALTERNATIVAS PELO TOMADOR DE DECISÃO

APÊNDICE I - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS CRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

NOME: _____ **EMPRESA:** _____

CARGO: _____ **DATA:** _____

1) Descrição dos critérios:

- **Acesso à cadeia:** este critério está relacionado à facilidade de acesso aos elos da cadeia produtiva, analisando, essencialmente, os impactos das distâncias e das condições estruturais atuais (disponibilidade de fretes, conservação das estradas, etc.) para os fluxos físicos de insumos e de materiais acabados.

- **Estrutura Operacional:** o foco deste critério está nos principais dispêndios inerentes ao desenvolvimento da atividade operacional da empresa, excetuando as despesas com logística e mão-de-obra.

- **Incentivos Estruturais:** neste critério, são avaliados os estímulos oriundos das instâncias governamentais, através de investimentos em infraestrutura, visando aumentar a atratividade para o estabelecimento de novas empresas, no que tange o fomento econômico das regiões.

- **Incentivos Fiscais:** semelhante ao critério anterior, porém com enfoque nos estímulos governamentais traduzidos em redução, suspensão ou isenção de impostos e tributos.

- **Recursos Humanos:** a força dos recursos humanos e a sua influência na decisão sobre a localização de uma empresa são mensurados neste critério.

- **Tecnologia:** este critério avalia impactos ao *status quo* do processo produtivo, bem como a contribuição através de adventos tecnológicos, que incrementem os fluxos operacionais e agreguem competitividade ao portfólio atual e/ou potencial de lançamento de novos produtos/serviços.

- **Fatores Macro:** este critério engloba os fatores externos, que não são geridos pelas empresas, mas exercem influência sobre os seus negócios e, por isso, não devem deixar de ser monitorados pelas organizações.

2) Atribuição dos pesos aos critérios:

Na comparação pareada entre os critérios, defina qual é o mais importante, indicando através das setas. Deixar em branco, no caso de serem critérios equivalentes (igual importância).

Em seguida, atribua o grau da supremacia do critério predileto, com base na escala do quadro abaixo.

Peso	Definição	Descrição
1	Equivalência	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Pequena	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>pouco</u> maior que o outro para o objetivo.
5	Importância Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância maior que o outro para o objetivo.
7	Importância Muito Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>relativamente</u> maior que o outro para o objetivo.
9	Importância Absoluta	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>absolutamente</u> maior que o outro para o objetivo.
2,4,6,8	Valores Intermediários	Utilizado quando for necessário atribuir um peso intermediário.

.....

APÊNDICE I - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS CRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

	2. Estrutura Operacional	3. Incentivos Estruturais	4. Incentivos Fiscais	5. Recursos Humanos	6. Tecnologia	7. Fatores Macro
1. Acesso à Cadeia	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓
2. Estrutura Operacional		↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓
3. Incentivos Estruturais			↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓
4. Incentivos Fiscais				↑ ↓	↑ ↓	↑ ↓
5. Recursos Humanos					↑ ↓	↑ ↓
6. Tecnologia						↑ ↓

APÊNDICE II - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS SUBCRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

NOME: _____

EMPRESA: _____

CARGO: _____

DATA: _____

1) Descrição dos subcritérios (Acesso à Cadeia):

- **Acesso aos fornecedores-chave:** subcritério vinculado ao critério de acesso à cadeia, pondera a proximidade dos principais fornecedores, ou o nível de facilidade dos fluxos físicos de insumos produtivos.

- **Acesso aos clientes-chave:** também vinculado ao critério de acesso à cadeia, este subcritério avalia a proximidade dos principais clientes, ou o nível de facilidade dos fluxos físicos de produtos acabados.

- **Trade-offs Logísticos:** subcritério para análise dos impactos da função logística (disponibilidade de fretes, custos dos fretes, acesso às rodovias, qualidade das rodovias, disponibilidade de modais alternativos) de cada uma das alternativas.

2) Atribuição dos pesos aos subcritérios:

Na comparação pareada dos subcritérios, defina qual é o mais importante, indicando através das setas. Deixar em branco, no caso de serem critérios equivalentes (igual importância).

Atribua o grau da supremacia do subcritério predileto, com base na escala do quadro abaixo.

Peso	Definição	Descrição
1	Equivalência	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Pequena	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>pouco</u> maior que o outro para o objetivo.
5	Importância Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância maior que o outro para o objetivo.
7	Importância Muito Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>relativamente</u> maior que o outro para o objetivo.
9	Importância Absoluta	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>absolutamente</u> maior que o outro para o objetivo.
2,4,6,8	Valores Intermediários	Utilizado quando for necessário atribuir um peso intermediário.



APÊNDICE II - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS SUBCRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

NOME: _____

EMPRESA: _____

CARGO: _____

DATA: _____

1) Descrição dos subcritérios (Estrutura Operacional):

- **Custo da energia elétrica no mercado cativo:** pondera os reflexos dos custos da obtenção de energia elétrica através dos operadores de contratação regulada (ACR), para a decisão sobre a localidade do parque fabril, no critério de custos operacionais.

- **Acesso à energia do mercado livre:** avalia a disponibilidade de obtenção de energia elétrica através do ambiente de contratação livre (ACL).

- **Custo de locação predial:** considera a representatividade dos valores relativos à locação predial na decisão sobre a localização da unidade industrial.

- **Adequação industrial:** analisa o atendimento aos requisitos do local para receber a unidade, ou os custos que incorrerão para a sua adequação.

2) Atribuição dos pesos aos subcritérios:

Na comparação pareada dos subcritérios, defina qual é o mais importante, indicando através das setas. Deixar em branco, no caso de serem critérios equivalentes (igual importância).

Atribua o grau da supremacia do subcritério predileto, com base na escala do quadro abaixo.

Peso	Definição	Descrição
1	Equivalência	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Pequena	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>pouco</u> maior que o outro para o objetivo.
5	Importância Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância maior que o outro para o objetivo.
7	Importância Muito Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>relativamente</u> maior que o outro para o objetivo.
9	Importância Absoluta	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>absolutamente</u> maior que o outro para o objetivo.
2,4,6,8	Valores Intermediários	Utilizado quando for necessário atribuir um peso intermediário.

2. Estrutura Operacional			
	Aces. Mercado Livre EE	Custo Locação Predial	Adequação Industrial
Custo Energia Elétrica	← ↑	← ↑	← ↑
Aces. Mercado Livre EE	[]	← ↑	← ↑
Custo Locação Predial	[]	[]	← ↑

APÊNDICE II - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS SUBCRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

NOME: _____

EMPRESA: _____

CARGO: _____

DATA: _____

1) Descrição dos subcritérios (Incentivos Estruturais):

- **Terraplanagem e urbanização:** incentivo estrutural utilizado por municípios e estados para desenvolver a economia regional. Avaliar a repercussão deste incentivo na decisão sobre o local da unidade industrial.

- **Doação de terreno:** incentivo estrutural utilizado por municípios e estados, como contrapartida para desenvolver a economia regional. Avaliar a repercussão deste incentivo na decisão sobre o local da unidade industrial.

- **Doação de prédio:** incentivo estrutural utilizado por municípios e estados, como contrapartida para desenvolver a economia regional. Avaliar a repercussão deste incentivo na decisão sobre o local da unidade industrial.

2) Atribuição dos pesos aos subcritérios:

Na comparação pareada dos subcritérios, defina qual é o mais importante, indicando através das setas. Deixar em branco, no caso de serem critérios equivalentes (igual importância).

Atribua o grau da supremacia do subcritério predileto, com base na escala do quadro abaixo.

Peso	Definição	Descrição
1	Equivalência	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Pequena	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>pouco</u> maior que o outro para o objetivo.
5	Importância Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância maior que o outro para o objetivo.
7	Importância Muito Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>relativamente</u> maior que o outro para o objetivo.
9	Importância Absoluta	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>absolutamente</u> maior que o outro para o objetivo.
2,4,6,8	Valores Intermediários	Utilizado quando for necessário atribuir um peso intermediário.

3. Incentivos Estruturais

	Doação Terreno	Doação Prédio
Terraplanagem/ Urbanização	← ↑	← ↑
Doação Terreno		← ↑

APÊNDICE II - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS SUBCRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

NOME: _____

EMPRESA: _____

CARGO: _____

DATA: _____

1) Descrição dos subcritérios (Incentivos Fiscais):

- **ICMS:** Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços. Em termos internacionais, equivale ao VAT (Value Added Tax). No Brasil, é um tributo de competência estadual, cuja alíquota varia em todas as unidades federativas. No intuito de captar novos empreendimentos, alguns estados trabalham com alíquotas reduzidas, suspensão temporária, ou isenção deste tributo, o que se caracteriza em um grande incentivo fiscal, a ser considerado na decisão sobre a localidade de unidades industriais.

- **PIS/COFINS/IPI/II:** o Programa de Integração Social, a Contribuição para Financiamento da Seguridade Social, o Imposto sobre Produtos Industrializados e o Imposto de Importação são tributos recolhidos na competência federal. Existem programas de incentivo da federação que trabalham com a sua suspensão, tais como REIDI (Regime Especial de Incentivos para Desenvolvimento da Infraestrutura) e REPORTO (regime tributário para incentivo à modernização e ampliação da estrutura portuária). Apesar de representarem importantes incentivos fiscais, acabam ficando restritos a determinadas circunstâncias e que requerem contrapartidas que apenas empresas de maior envergadura têm condições de comprometer. De qualquer maneira, representa uma vantagem importante na avaliação das alternativas para a localização das empresas. Fornecedores deste tipo de projeto pleitear a coabitação ao incentivo.

- **IR/CSLL:** o Imposto de Renda é um tributo de competência federal, aplicável às pessoas físicas e jurídicas domiciliadas no Brasil. A Contribuição Social Sobre o Lucro Líquido é uma contribuição criada pela Lei 7.689/1988 para que todas as Pessoas Jurídicas e as equiparadas pela legislação do Imposto de Renda possam apoiar financeiramente a Seguridade Social. Existem autarquias governamentais que atuam na promoção do desenvolvimento específico de determinadas regiões, que utilizam, entre outros atributos, a redução das alíquotas de imposto de renda para empresas estabelecidas na região, tais como SUDAM (Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia), SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste), SUDECO (Superintendência de Desenvolvimento do Centro-Oeste), DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) e CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba). Avaliar qual a vantagem para alternativas contempladas por este tipo de situação.

2) Atribuição dos pesos aos subcritérios:

Na comparação pareada dos subcritérios, defina qual é o mais importante, indicando através das setas. Deixar em branco, no caso de serem critérios equivalentes (igual importância).

Atribua o grau da supremacia do subcritério predileto, com base na escala do quadro abaixo.

Peso	Definição	Descrição
1	Equivalência	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Pequena	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>pouco</u> maior que o outro para o objetivo.
5	Importância Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância maior que o outro para o objetivo.
7	Importância Muito Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>relativamente</u> maior que o outro para o objetivo.
9	Importância Absoluta	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>absolutamente</u> maior que o outro para o objetivo.
2,4,6,8	Valores Intermediários	Utilizado quando for necessário atribuir um peso intermediário.

.....

APÊNDICE II - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS SUBCRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

4. Incentivos Fiscais

	PIS/COFINS/IPI/II	IR/CSLL
ICMS	<input type="text"/>	<input type="text"/>
PIS/COFINS/IPI/II	<input type="text"/>	<input type="text"/>

APÊNDICE II - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS SUBCRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

NOME: _____

EMPRESA: _____

CARGO: _____

DATA: _____

1) Descrição dos subcritérios (Recursos Humanos):

- **Qualificação da mão-de-obra local:** em função do tipo de produto, nível evolutivo do processo produtivo e demais fatores inerentes, este subcritério pode ter maior ou menor repercussão na escolha do local.

- **Mobilidade da mão-de-obra atual:** avaliar se as pessoas consideradas chave na configuração do negócio dispõem de mobilidade geográfica, bem como os custos relacionados e a influência deste subcritério sobre a tomada decisão.

- **Salários, encargos e benefícios:** determinadas regiões podem contemplar níveis de salários, encargos ou benefícios diferenciados, impactando na matriz de custos da operação e podendo repercutir na decisão. Este subcritério também analisa a barganha dos sindicatos na região onde as alternativas se situam.

2) Atribuição dos pesos aos subcritérios:

Na comparação pareada dos subcritérios, defina qual é o mais importante, indicando através das setas. Deixar em branco, no caso de serem critérios equivalentes (igual importância).

Atribua o grau da supremacia do subcritério predileto, com base na escala do quadro abaixo.

Peso	Definição	Descrição
1	Equivalência	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Pequena	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>pouco</u> maior que o outro para o objetivo.
5	Importância Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância maior que o outro para o objetivo.
7	Importância Muito Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>relativamente</u> maior que o outro para o objetivo.
9	Importância Absoluta	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>absolutamente</u> maior que o outro para o objetivo.
2,4,6,8	Valores Intermediários	Utilizado quando for necessário atribuir um peso intermediário.

5. Recursos Humanos		
	Mobilidade MO Atual	Sal. Enc. Benefícios
Qualificação MO Local	← ↑	← ↑
Mobilidade MO Atual	[]	← ↑

APÊNDICE II - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS SUBCRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

NOME: _____

EMPRESA: _____

CARGO: _____

DATA: _____

1) Descrição dos subcritérios (Tecnologia):

- **Processo produtivo:** avaliar pontos positivos e negativos das alternativas em relação aos procedimentos operacionais atuais da organização.

- **Potencial de expansão:** considera a capacidade de lançamento de novos produtos e/ou serviços propiciados pelas características da alternativa de localização.

- **Novas tecnologias:** analisar se a alternativa de localização contribui para o acesso à novas tecnologias (polo industrial, polo tecnológico, *bechmarks*).

2) Atribuição dos pesos aos subcritérios:

Na comparação pareada dos subcritérios, defina qual é o mais importante, indicando através das setas. Deixar em branco, no caso de serem critérios equivalentes (igual importância).

Atribua o grau da supremacia do subcritério predileto, com base na escala do quadro abaixo.

Peso	Definição	Descrição
1	Equivalência	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Pequena	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>pouco</u> maior que o outro para o objetivo.
5	Importância Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância maior que o outro para o objetivo.
7	Importância Muito Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>relativamente</u> maior que o outro para o objetivo.
9	Importância Absoluta	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>absolutamente</u> maior que o outro para o objetivo.
2,4,6,8	Valores Intermediários	Utilizado quando for necessário atribuir um peso intermediário.

6. Tecnologia			
	Potencial de Expansão	Novas Tecnologias	
Processo Produtivo	← ↑	← ↑	
Potencial de Expansão		← ↑	

APÊNDICE II - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS SUBCRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

NOME: _____

EMPRESA: _____

CARGO: _____

DATA: _____

1) Descrição dos subcritérios (Fatores Macro):

- **Estabilidade política:** dentro do critério de fatores macro, este subcritério pondera sobre as condições políticas nos territórios onde as alternativas estão localizadas. O cenário regional não deve apresentar grandes distorções, devendo-se perceber oscilações mais latentes somente se as alternativas estiverem em países diferentes.

- **Estabilidade socioeconômica:** subcritério que avalia, dentro dos fatores macro, as condições sociais e econômicas do entorno das alternativas avaliadas e quanto isso influencia na tomada de decisão. Distorções mais latentes serão percebidas principalmente quando houver alternativas em países diferentes.

- **Questões ambientais:** quão madura é a legislação ambiental nos locais considerados e quanto isso pode influenciar na decisão? Distorções mais latentes serão percebidas principalmente quando houver alternativas em países diferentes.

- **Posicionamento dos concorrentes:** analisar se as alternativas colocam a empresa em relação de vantagem ou desvantagem, na comparação com o posicionamento dos concorrentes. Este subcritério também avalia as condições de possíveis substitutos e de novos entrantes.

- **Posicionamento dos concorrentes:** analisar se as alternativas colocam a empresa em relação de vantagem ou desvantagem, na comparação com o posicionamento dos concorrentes. Este subcritério também avalia as condições de possíveis substitutos e de novos entrantes.

- **Condições de mercado:** avaliar quanto as oscilações nas condições de mercado podem tornar as alternativas mais ou menos atrativas.

2) Atribuição dos pesos aos subcritérios:

Na comparação pareada dos subcritérios, defina qual é o mais importante, indicando através das setas. Deixar em branco, no caso de serem critérios equivalentes (igual importância).

Atribua o grau da supremacia do subcritério predileto, com base na escala do quadro abaixo.

Peso	Definição	Descrição
1	Equivalência	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância Pequena	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>pouco</u> maior que o outro para o objetivo.
5	Importância Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância maior que o outro para o objetivo.
7	Importância Muito Grande	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>relativamente</u> maior que o outro para o objetivo.
9	Importância Absoluta	Pela sua experiência, um elemento possui importância <u>absolutamente</u> maior que o outro para o objetivo.
2,4,6,8	Valores Intermediários	Utilizado quando for necessário atribuir um peso intermediário.

.....

APÊNDICE II - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DOS SUBCRITÉRIOS PELO TOMADOR DE DECISÃO

7. Fatores Macro				
	Estabilidade Socioeconômica	Questões Ambientais	Posicionamento Concorrentes	Condições Mercado
Estabilidade Política	← ↑	← ↑	← ↑	← ↑
Estabilidade Socioeconômica		← ↑	← ↑	← ↑
Questões Ambientais			← ↑	← ↑
Posicionamento Concorrentes				← ↑

APÊNDICE III - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DAS ALTERNATIVAS PELO TOMADOR DE DECISÃO PARA CADA SUBCRITÉRIO

NOME: _____

EMPRESA: _____

CARGO: _____

DATA: _____

1) Descrição das alternativas:

No contexto enfrentado pela empresa para definir a localização geográfica de sua unidade industrial, foram aventadas três possibilidades, tendo como medidas genéricas de referência:

- a) Instalações na mesma cidade da planta atual, ou arredores, que atendam às necessidades prementes de estrutura física e permitam aproveitar as possibilidades de expansão do negócio, na expectativa de minimizar os impactos da transição, com a manutenção dos recursos humanos atuais e status quo dos fluxos e custos operacionais.
- b) Estabelecimento em outro estado brasileiro, que contemple a expectativa de redução de custos logísticos, com aproximação geográfica da cadeia de fornecedores e dos clientes-chave, associada à possibilidade de obtenção de incentivos fiscais.
- c) Mudança para outro país sul-americano, com a expectativa de obter incentivos fiscais e/ou estruturais (terreno, prédio, infraestrutura, etc.), potencializada por redução dos níveis atuais dos custos operacionais e posicionamento geográfico que favoreça acesso a todo aos principais mercados do território sul-americano, e não apenas ao mercado brasileiro.

Neste sentido, foram identificadas as seguintes localidades: **Cachoeirinha, Linhares e Ciudad Del Este.**

2) Atribuição dos pesos às alternativas:

Com base na escala proposta no quadro abaixo, avalie as alternativas à luz de cada subcritério, estabelecendo qual a melhor alternativa, a segunda e a terceira, respectivamente.

Definição	Peso
Melhor Alternativa	3
Segunda Melhor	2
Terceira Melhor	1

.....

APÊNDICE III - FORMULÁRIO PARA ATRIBUIÇÃO DE PESOS DAS ALTERNATIVAS PELO TOMADOR DE DECISÃO PARA CADA SUBCRITÉRIO

CRITÉRIOS	SUBCRITÉRIOS	ALTERNATIVAS	
		CACHOEIRINHA	CIUDAD DEL ESTE
1. Acesso à Cadeia	Clientes-Chave Fornecedores-Chave <i>Trade C&S</i> - Logísticos		
2. Estrutura Operacional	Custo Energia Elétrica Aces. Mercado Livre EE Custo Locação Predial Adequação Industrial		
3. Incentivos Estruturais	Terraplanagem/Urbanização Doação Terreno Doação Prédio		
4. Incentivos Fiscais	ICMS PIS/COFINS/PIII IR/CSLL		
5. Recursos Humanos	Qualificação MD Local Mobilidade MD Atual Salários/Encargos/Benefícios		
6. Tecnologia	Processo Produtivo Potencial de Expansão Novas Tecnologias		
7. Fatores Macro	Estabilidade Política Estabilidade Socioeconômica Questões Ambientais Posicionamento Concorrentes Condições Mercado		