



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM**  
**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DÁCIO VIEIRA PONTES DE MELO**

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA DEFINIÇÃO DE PRIORIDADE DE**  
**ATENDIMENTO A DEMANDA DE INSUMOS PARA EMPRESAS DE**  
**ADQUIRÊNCIA**

Recife  
2022

DÁCIO VIEIRA PONTES DE MELO

MODELO MULTICRITÉRIO PARA DEFINIÇÃO DE PRIORIDADE DE  
ATENDIMENTO A DEMANDA DE INSUMOS PARA EMPRESAS DE ADQUIRÊNCIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco como parte das exigências para a obtenção de grau de mestre em engenharia de produção.

Área de Concentração: Gerência da Produção.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Danielle Costa Morais.

Recife  
2022

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Gabriel Luz, CRB-4 / 2222

M528m Melo, Dácio Vieira Pontes de.  
Modelo multicritério para definição de prioridade de atendimento a demanda de insumos para empresas de aquisição / Dácio Vieira Pontes de Melo. 2022.  
71 f: il.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Costa Moraes.  
Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção, Recife, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de produção. 2. Modelo multicritério. 3. PROMETHEE-ROC. 4. Cadeia de suprimentos. 5. Empresa de aquisição. 6. Logística. I. Moraes, Danielle Costa (Orientadora). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG / 2023 - 87

DÁCIO VIEIRA PONTES DE MELO

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA DEFINIÇÃO DE PRIORIDADE DE  
ATENDIMENTO A DEMANDA DE INSUMOS PARA EMPRESAS DE  
ADQUIRÊNCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco como parte das exigências para a obtenção de grau de mestre em engenharia de produção. Área de concentração: Gerência da Produção.

Aprovada em: 05/12/2022.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Danielle Costa Morais  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Rodrigo José Pires Ferreira  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Guarnieri dos Santos  
Universidade Federal de Pernambuco

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por me abençoar e guiar na busca dos meus objetivos. Sempre me dando condições de seguir apesar das dificuldades encontradas na jornada.

À minha mãe pelos esforços imensos para me proporcionar uma boa formação, pessoal e profissional.

Ao meu filho pela compreensão nos momentos de ausência, por fazer tudo ter sentido e ser minha maior e melhor motivação.

À minha companheira por sempre me encorajar e pela compreensão nos momentos de ausência.

Aos meus gestores e empresa por me propiciarem a oportunidade de realizar esse curso, me permitindo conciliar com as jornadas de trabalho e sempre me motivando a seguir.

Ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco (PPGEP-PRO/UFPE) por toda oferta e condução do curso. Incluindo os professores e coordenação.

À Secretaria do PPGEP-PRO/UFPE por sempre está de prontidão para responder minhas dúvidas, prestando auxílio e me trazendo informações sempre quando necessário.

À Professora Danielle, na pessoa da orientadora desta pesquisa, por toda paciência e suporte, e por proporcionar as bases que resultaram na materialização deste objetivo.

Aos membros da banca examinadora pelo tempo dedicado e oportunidades propostas para evolução do trabalho.

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

## RESUMO

A cadeia de suprimentos das empresas tem evoluído para buscar mais eficiência nos elos dos seus processos. Nas empresas do ramo da adquirência, a necessidade de resultados enxutos, custos mais competitivos e decisões eficazes segue a mesma linha, pois possui uma vasta área de logística que inclui desde as atividades do ciclo direto ao reverso dos materiais ao longo da cadeia de suprimentos. Os insumos da cadeia de suprimentos desse ramo são peças fundamentais para que os elos da cadeia funcionem de forma orquestrada e são os objetos do presente estudo, tendo como base uma empresa real desse ramo. O objetivo do trabalho é definir as prioridades de envios desses insumos para as bases logísticas avançadas da operação, os elos finais da cadeia com interface com os clientes finais. Foi desenvolvido um modelo de decisão multicritério para apoiar o decisor nos momentos em que há desabastecimentos dos estoques dos centros de distribuição da cadeia, gerando necessidade de definir quais bases avançadas devem receber de forma prioritária os insumos remanescentes nos estoques. O modelo proposto foi baseado no método PROMETHEE-ROC, combinado ao fluxograma de atuação nesses momentos de crises com redução dos estoques de insumos. Os resultados das simulações realizadas com o modelo proposto apresentaram-se adequados para a situação estudada, sendo apropriado para apoiar o processo decisório do gestor da empresa de adquirência em estudo. Além disso, o modelo mostrou-se capaz de explicar satisfatoriamente a ordenação das alternativas mais relevantes para o negócio, tendo aplicação prática na medida em que representa a realidade da empresa em estudo. A aplicação do modelo desenvolvido melhora o desempenho da empresa reduzindo os tempos dos envios dos insumos da cadeia, garantindo também o uso eficiente dos recursos, por trazer escolhas eficazes com melhor embasamento para tomada de decisão, o que resulta na evolução das percepções dos clientes finais e retorno financeiro para empresa em estudo.

Palavras-chave: modelo multicritério; PROMETHEE-ROC; cadeia de suprimentos; empresa de adquirência; logística.

## **ABSTRACT**

The supply chain of companies has evolved to seek more efficiency in the links of their processes. In companies in the acquiring industry, the need for lean results, more competitive costs and effective decisions follows the same line, as it has a vast area of logistics that involves both forward and reverse materials throughout the supply chain. The inputs of the supply chain of this branch are fundamental pieces for the links of the chain to work in an orchestrated way and are the objects of the present study, based on a real company in this branch. The objective of the work is to define the priorities for sending these inputs to the advanced logistical bases of the operation, the final links in the chain with interface with final customers. A multi-criteria decision model was developed to support the decision-maker when there is a shortage of stocks in the distribution centers of the chain, generating the need to define which advanced bases should receive the remaining inputs in the stocks as a priority. The proposed model was based on the PROMETHEE-ROC method, combined with the flowchart of action in these moments of crisis with a reduction in input stocks. The results of the simulations carried out with the proposed model were adequate for the situation studied, being appropriate to support the decision-making process of the manager of the acquiring company under study. In addition, the model was able to satisfactorily explain the ordering of the most relevant alternatives for the business, having practical application insofar as it represents the reality of the company under study. The optimization of the model improved the company's performance by reducing the advances times of the supplies in the chain, but also by making more efficient choices with the best basis for decision-making, which results in the evolution of end customers' perceptions and financial return for the company under study.

**Keywords:** multicriteria model; PROMETHEE-ROC; supply chain; acquiring company; logistics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama do funcionamento do mercado dos meios de pagamentos.....	11
Figura 2 - Participação do mercado da adquirência em 2008. ....	12
Figura 3 - Participação do mercado da adquirência em 2017. ....	12
Figura 4 - Procedimento para construção de modelo de apoio a decisão multicritério.....	25
Figura 5 - Fluxo da cadeia de suprimentos da empresa de adquirência estudada. ....	34
Figura 6 - Processo de avanços dos insumos na cadeia suprimentos. ....	38
Figura 7 - Fluxo do processo proposto. ....	50
Figura 8 - Ordem de relevância dos critérios para o decisor. ....	56
Figura 9 - Matriz de consequência no software.....	57
Figura 10 - Resultados do problema de decisão utilizando. ....	58
Figura 11 - Análises de sensibilidade disponíveis no software. ....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da pesquisa. ....	17
Tabela 2 - Fase modelar e seus inputs. ....	42
Tabela 3 - Tabela referência das definições do relacionamento com equipe comercial. ....	48
Tabela 4 - Matriz de consequências. ....	51
Tabela 5 - Matriz de comparação entre alternativas.....	52
Tabela 6 - Pesos dos critérios obtidos com o método ROC. ....	57
Tabela 7 - Resultado do problema de decisão: ordem de prioridade entre as bases.....	59
Tabela 8 - Resultado das análises de sensibilidade do modelo. ....	62

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1.1</b>	<b>Justificativa e Relevância</b> .....	15
<b>1.2</b>	<b>Objetivo</b> .....	16
<b>1.3</b>	<b>Metodologia</b> .....	16
<b>1.4</b>	<b>Estrutura da Dissertação</b> .....	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	19
<b>2.1</b>	<b>Gestão de Suprimentos</b> .....	19
<b>2.2</b>	<b>Modelos de apoio à decisão multicritério</b> .....	21
<b>2.3</b>	<b>Método PROMETHEE-ROC</b> .....	26
<b>2.4</b>	<b>Revisão da literatura</b> .....	30
<b>2.5</b>	<b>Síntese do capítulo</b> .....	33
<b>3</b>	<b>PLANEJAMENTO DA DEMANDA E DISTRIBUIÇÃO DOS INSUMOS NO RAMO DA ADQUIRÊNCIA</b> .....	34
<b>3.1</b>	<b>Principais problemas identificados</b> .....	38
<b>3.2</b>	<b>Estruturação do problema</b> .....	39
3.2.1	Métodos de estruturação de problemas.....	39
3.2.2	O Strategic Choice Approach (SCA) em framework sistêmico .....	40
3.2.3	Aplicação do método .....	41
3.2.4	Resultado da aplicação do método de estruturação do problema .....	43
<b>3.3</b>	<b>Síntese do Capítulo</b> .....	44
<b>4</b>	<b>MODELO PROPOSTO PARA PRIORIZAÇÃO DAS BASES</b> .....	45
<b>4.1</b>	<b>Delimitação do problema</b> .....	45
<b>4.2</b>	<b>Obtenção dos dados</b> .....	45
<b>4.3</b>	<b>Etapas da modelagem</b> .....	46
4.3.1	Caracterização do decisor e outros atores.....	46
4.3.2	Objetivos.....	46
4.3.3	Definição dos critérios .....	47
4.3.4	Espaço de ações e problemática .....	49
4.3.5	Identificar fatores não controlados .....	54
4.3.6	Modelagem de preferência e escolha do método.....	54
4.3.7	Avaliar alternativas .....	58
4.3.8	Efetuar análise de sensibilidade .....	59

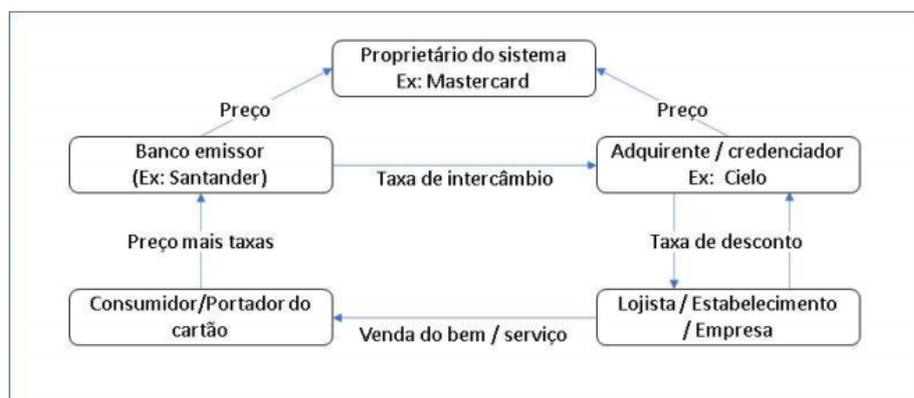
4.3.9	Analisar resultados e elaborar recomendações .....	63
4.3.10	Implementar decisão .....	63
<b>4.4</b>	<b>Síntese do capítulo .....</b>	<b>64</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE FUTUROS TRABALHOS.....</b>	<b>65</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>65</b>
<b>5.2</b>	<b>Impacto Econômico, Social e Ambiental .....</b>	<b>65</b>
<b>5.3</b>	<b>Produto Tecnológico .....</b>	<b>66</b>
<b>5.4</b>	<b>Sugestões de Futuros Trabalhos.....</b>	<b>66</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria de cartões de pagamento compreende três entidades diferentes que executam várias tarefas. O emissor que são as instituições financeiras fornecedoras dos cartões aos consumidores, realizam a emissão, habilitação, definição dos limites e cobrança das faturas dos cartões. O credenciador, também conhecido como adquirente, do comerciante registra os comerciantes para aceitar cartões de pagamento para a rede, essa relação é *business-to-business*. Esses adquirentes também providenciam serviços de processamento para os comerciantes. As empresas do ramo da adquirência são popularmente conhecidas como empresas das “maquinhas de cartões”, como exemplos podemos citar: CIELO, REDE, STONE e PAGSEGURO. Por fim, os processadores lidam com a autorização de transações e encaminham uma transação (geralmente eletrônica) do ponto de venda para a rede, elas definem as regras e funcionamento do negócio. Mais tarde, eles lidam com as informações e os fluxos de pagamento necessários para converter o registro eletrônico criado no ponto de venda em dinheiro para o comerciante (DEGENNARO, 2006; GAWRYSZEWSKI et al., 2020).

A indústria de meios de pagamentos pode ser representada pela Figura 1, na qual é observada a dualidade que leva esse mercado a ser conhecido como “mercado de dois lados”, pois permite a interação de dois grupos: consumidores e vendedores. Esse tipo de mercado é identificado quando existe uma relação entre duas categorias de usuários por uma plataforma e quando o valor dado a este mercado por um dos lados é ampliado à medida que se amplia a base de usuários do outro lado (SILVA, 2019).

Figura 1 - Diagrama do funcionamento do mercado dos meios de pagamentos



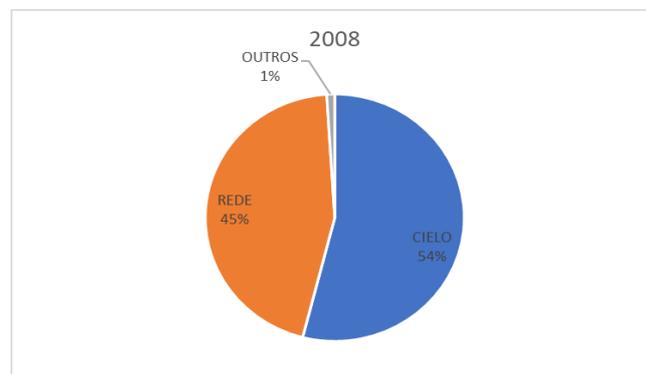
Fonte: SILVA, 2019

Esse ramo da aquisição apresenta alta rentabilidade e até 2010 era dominado pela CIELO e REDECARD (atual REDE), dado a monopólio das bandeiras VISA e MASTERCARD, respectivamente. Com as atualizações nas regulações do CADE (Conselho Administrativo de Defesa Econômica) e BACEN (Banco Central) esse monopólio foi quebrado e demais competidores passaram a poder capturar essas bandeiras, bem como a CIELO e REDE passaram a aceitar demais bandeiras concorrentes (BOGOSSIAN, 2019).

Com os monopólios desfeitos, mais competidores começaram a integrar esse mercado atrativo, tornando-o mais competitivo e beneficiando os vendedores que passaram a ter melhores ofertas das taxas e aluguéis das máquinas (CHACON, 2018). Essa crescente competitividade aumenta a busca por eficiência, que se tornou fundamental para controlar custos e manter a qualidade no atendimento ao cliente.

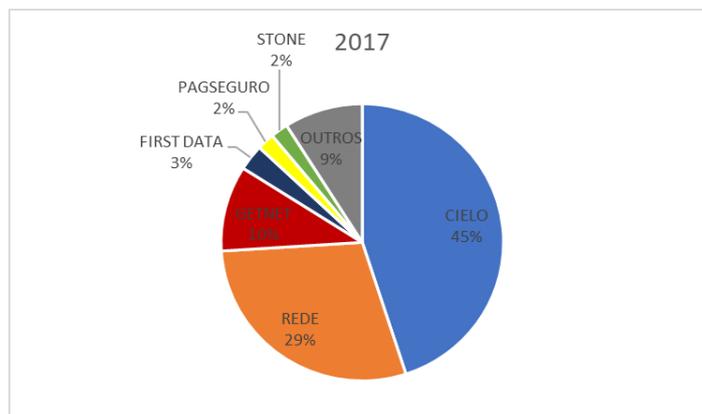
Nas Figuras 2 e 3 pode-se observar a evolução da participação desse mercado, com a CIELO e REDE perdendo seu *market share*, saindo de 99% para 74% em 2017.

Figura 2 - Participação do mercado da aquisição em 2008.



Fonte: PEREZ; BRUSCHI, 2018

Figura 3 - Participação do mercado da aquisição em 2017.



Fonte: SPENCER, 2018

A operação original desse segmento consiste no formato de comodato em que os terminais são alugados para os clientes e cobrada uma taxa por transação (MDR – *Merchant Discount Rate*), nas empresas mais recentes, como PAGSEGURO, também há a possibilidade de compra dos terminais.

Em relação a cadeia de suprimentos do modelo clássico desse segmento, o principal produto oferecido pela empresa são os terminais alugados para os clientes, de forma que a gestão do ativo continua sendo de responsabilidade da empresa em toda vida útil do produto, mesmo quando este está em posse do cliente. A logística é responsável pela movimentação dos produtos em toda a cadeia de suprimentos e pela gestão do ativo, isso inclui os terminais, as peças dos terminais (carregadores e *simcards*) e os insumos (caixas, lacres e cantoneiras).

Em relação a esse ramo de empresa, raramente é encontrado trabalhos e pesquisas que se aprofundam nos processos logísticos e oportunidades para as empresas de adquirência. Como o gerenciamento de estoque se tornou um desígnio fundamental para melhorar o atendimento ao cliente final e otimizar os custos com estoque. É possível, revisar as políticas de estoques vigentes, reduzindo as perdas e ao mesmo tempo mantendo o nível de serviço desejado, o que acaba agregando valor para empresa e do ponto de vista do cliente. Dado o cenário da indústria de adquirência, é necessário método e escopos de gestão da cadeia para o ramo.

Não apenas ferramentas para melhorar as políticas de estoque são necessárias para melhorar o desempenho da cadeia, mas também métodos que auxiliem nas tomadas de decisão para situações pontuais onde seja necessárias escolhas que agreguem o melhor resultados a cadeia. Nesse âmbito, os métodos multicritério têm a finalidade de promover e auxiliar as tomadas de decisão que serão realizadas pelo decisor, com o desígnio de indicar a alternativa mais adequada para o problema, de acordo com a realidade da empresa e com o estilo do decisor (KEENEY; RAIFFA, 1976).

A utilização de métodos multicritérios para auxiliar nas tomadas de decisões, combinada a uma gestão eficiente da cadeia de suprimentos proporciona para as empresas uma nova mudança no desenvolvimento da visão de competição no mercado, significando uma promissora estratégia organizacional para obtenção de vantagens competitivas, tendo como objetivo final a maximização dos possíveis relacionamentos da cadeia produtiva. (POZO, 2010).

O problema a ser tratado neste trabalho está inserido na parte da logística de suprimentos em uma empresa de adquirência. A logística desse ramo de empresa é responsável pela instalação, troca e retirada dos terminais nos clientes finais, fazendo uso de

um conjunto de insumos que auxiliam nas movimentações dos terminais ao longo da cadeia logística. Esses insumos são: as caixas unitárias, que transportam individualmente os terminais e suas peças; as caixas másters, que transportam várias caixas unitárias com terminais; os lacres e as cantoneiras, que são necessários para o fechamento das caixas másters.

O cenário da empresa a ser estudada conta com uma operação que envolve 3 centros de distribuições (CDs) onde ocorre os recebimentos das compras dos terminais e insumos e expedições para as bases de estoque avançado, que são pouco mais que 100 espalhadas de forma estratégica no país. Das bases, os terminais são enviados ou recolhidos dos clientes finais pelos técnicos. As caixas unitárias e másters são enviadas de duas formas para as bases: transportando os terminais e em lote (quantidades maiores desmontadas). Os lacres não são reutilizados nas bases, sendo necessário enviar lotes para reposição dos estoques. As cantoneiras das caixas másters são reutilizadas nas bases, sendo suas formas de envio similar ao das caixas másters.

As bases de estoque avançado são responsáveis por conduzir a logística reversa dos terminais recolhidos dos clientes para os CDs, onde passarão por eventuais reparos para novamente seguir para expedição, fechando assim o ciclo. O abastecimento dos estoques avançados dos insumos nas bases garante que as reversas dos terminais ocorra continuamente, evitando *stockouts* dos terminais ao longo da cadeia logística.

Ainda assim, são encontrados momentos que os estoques de insumos das bases avançadas e centros de distribuição podem ficar mais escassos. Nesses cenários, se faz necessária a escolha de quais bases e regiões devem receber de forma prioritária os avanços de materiais da cadeia, para redução dos impactos pelos eventuais *stockouts* que venham a impactar a operação. Dessa forma a necessidade do uso de métodos de decisão multicritério para apoiar a gestão nesses momentos, agregando eficiência e qualidade a operação logística da empresa.

Dada a importância dos insumos no giro dos terminais na cadeia logística e a complexidade da manutenção dos estoques avançados das bases, se faz necessário um gerenciamento eficiente desses tanto na operação normal, quanto em momentos de escassez. Dessa forma garantindo o abastecimento eficiente, mas também evitando sobrecarregar as bases com insumos, dado os espaços limitados das bases.

## 1.1 Justificativa e Relevância

A procura por eficiência tem-se tornado indispensável entre as empresas de adquirência, dado o cenário altamente competitivo no qual estão inseridas. Além disso, oferecer preço competitivo e produto de qualidade não é mais um diferencial nesse meio. Dessa forma, as áreas de operações começam a desempenhar funções cada vez mais relevantes para as empresas desse tipo, podendo ser mais proeminentes que as operações produtivas dada a criação de valor para os clientes finais (MAGALHÃES, SANTOS, et al., 2013).

Os insumos são partes fundamentais para o giro da cadeia, influenciando diretamente nas operações logísticas da empresa em estudo. A falta desses impacta o atendimento aos clientes e impede a reversa dos terminais no tempo e condições adequadas, aumentando os *leads times* e conseqüentemente os custos. Seu excesso, por outro lado, sobrecarrega os estoques avançados das bases (as quais possuem espaços limitados), além de tornar o processo mais dispendioso devido à depreciação e ocupação. Dessa forma, conseguir manter os níveis de estoques ideais dos insumos na cadeia torna o processo mais eficaz, melhorando o tempo de resposta e reduzindo os custos, adicionando valor as operações também na visão dos clientes.

O desenvolvimento dessa pesquisa tem como principais justificativas garantir um gerenciamento dos estoques de forma efetiva da empresa estudada, levando em consideração as decisões sobre a estratégia de distribuição para garantir o alto nível de serviço com baixo custo de estoque ao promover a coordenação e a cooperação entre os seus elos da cadeia logística, o que influencia diretamente na política de estoque (FIROOZI et al., 2020).

A solução do problema pontuado nesse trabalho traz uma nova forma de gerenciar os estoques dos centros de distribuição e das bases avançadas no ramo da adquirência. Além disso, traz novas visões sobre a reversa dos insumos e seu consumo consciente. Pois, nessa resolução está diretamente correlacionado o avanço das quantidades suficientes à operação logística local das bases com estoques avançados desses insumos, considerando decisões mais eficientes e confiáveis sobre os envios às bases avançadas.

Uma política de estoque bem estruturada unida ao incremento e incentivo da reutilização para logística reversa desses insumos impacta diretamente na utilização dos recursos e por conseqüência na sociedade (ACOSTA et al., 2008).

Assim, faz-se necessário desenvolver um modelo multicritério para facilitar o processo decisório nos momentos de crises dos estoques de insumos dos centros de distribuição de uma empresa brasileira no ramo da adquirência. Conduzindo assim, um planejamento mais relevante dos avanços dos insumos da operação. Sendo utilizados como *inputs* todos os

critérios associados à operação desses itens na cadeia logística, bem como todas as alternativas disponíveis (bases avançadas).

## **1.2 Objetivo**

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um modelo de decisão multicritério para dar apoio na escolha de quais bases avançadas devem ser abastecidas de forma prioritária em momentos de baixa disponibilidade de estoque dos centros de distribuição.

Quanto aos objetivos específicos:

- Mapear a cadeia logística de suprimentos da empresa em estudo;
- Levantar os critérios e alternativas para elaboração do modelo de decisão multicritério a ser proposto;
- Desenvolver e validar o modelo de decisão multicritério com os dados da empresa em estudo;
- Propor uma política/mecanismo de uso do modelo de decisão multicritério desenvolvido, para os cenários em que há baixos níveis de estoques dos insumos nos centros de distribuições da empresa em estudo.

## **1.3 Metodologia**

A pesquisa traz um problema real de uma empresa de adquirência com levantamento das variáveis relevantes para o modelo e coleta de dados, e por ser orientada aos problemas específicos do mercado de adquirência, pode ter sua natureza classificada como aplicada podendo desse modo ser classificada como uma pesquisa aplicada com abordagem quantitativa (GANGA, 2012).

Na primeira fase do trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica para busca do estado da arte em relação à temática da modelagem de decisão multicritério para o problema de escolha dos avanços dos insumos para as bases avançadas desse tipo de empresa. Em paralelo à pesquisa bibliográfica, será realizada um levantamento de dados relativos aos insumos da cadeia de suplementos em questão, a fim de elaborar estatísticas descritivas em relação aos principais critérios e teste de algumas hipóteses norteadoras para a elaboração dos modelos.

Dentre as metodologias da abordagem quantitativa, pode-se classificar essa pesquisa como empírica normativa, dada a natureza empírica dos dados, preocupação com aplicabilidade do resultado no processo real e o desenvolvimento de um processo para melhorar a situação atual da operação (FLEURY et al., 2010).

Incorporada à abordagem quantitativa, a metodologia de pesquisa baseada em modelagem e simulação, que tem como objetivo representar uma situação ou realidade de forma sistemática, apresenta cinco etapas: definição do problema; construção do modelo; validação do modelo; e implementação da solução. (FLEURY et al., 2010).

Para tanto, as variáveis e os níveis serão tratados a partir dos dados de uma empresa de adquirência do Brasil com o intuito de desenvolver uma política de estoque adequada à realidade deste segmento. Sendo assim, a classificação da pesquisa deste trabalho será categorizada conforme exposto no Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação da pesquisa.

Categoria	Caracterização
Natureza	Aplicada
Abordagem	Quantitativa
Tipo de pesquisa	Modelagem e Simulação
Classificação	Empírico Normativa

Fonte: Adaptado de TRAMARICO (2016)

Foram realizadas reuniões com o decisor para elicitación das preferências e os dados utilizados para as análises e simulações foram obtidos de bases de dados com histórico de 3 meses de operação.

Com a finalidade de mensurar o impacto das mudanças realizadas no processo por meio de variáveis sensíveis é proposto o uso de *softwares* e ferramentas de simulação para aplicação dos modelos otimizados com as soluções para o problema de decisão.

Finalmente, com base nos resultados obtidos, serão avaliados os melhores cenários e aplicabilidade para a operação logística em estudo. Para validação final os resultados serão postos em confrontação com a realidade atual, fazendo uso dos dados históricos do processo, dessa forma será possível mensurar a eficiência do modelo proposto.

#### 1.4 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está organizada em mais cinco capítulos. No Capítulo 2 apresenta-se a revisão bibliográfica contendo conceitos e métodos que foram utilizados para compreender os modelos e aplicações mais atuais para aplicar no cenário proposto e atingir o objetivo estabelecido. No Capítulo 3 está a descrição do problema aplicado na empresa. No capítulo 4 apresenta-se o modelo proposto e as análises dos resultados. Finalmente, no Capítulo 5, estão as conclusões do trabalho com a verificação de objetivos alcançados e as sugestões para

pesquisas futuras, sendo seguido das referências bibliográficas consultadas para a elaboração do texto desse trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta a teoria sobre a cadeia de suplementos e sobre empresa no ramo da adquirência. Caracteriza o processo decisório, os diferentes modelos de tomada de decisão e explora os conceitos. Em seguida, aprofunda-se na decisão multicritério utilizando o método PROMETHEE-ROC, reunindo os principais conceitos e revisão da utilização e aplicação dessa metodologia, que servem de base ao avanço da pesquisa e atingimento dos seus objetivos.

### 2.1 Gestão de Suprimentos

O gerenciamento ótimo de estoque se tornou o principal objetivo para, simultaneamente, reduzir custos e melhorar o serviço ao cliente em um ambiente que tem se tornado cada vez mais competitivo. Por isso o aumento do interesse em modelos que resolvem problemas abrangentes em escopo e que integram vários níveis de decisão (RODRIGUEZ et al., 2014).

Nesse cenário a interrupção da demanda e fornecimento e variação do lead time de entrega põem em teste a flexibilidade da cadeia de suprimentos, que é amplamente reconhecida como uma abordagem para gerenciar incertezas, que podem surgir de várias fontes (ESMAEILIKIA et al., 2016). Gerenciar esse tema consiste em identificar os riscos, avaliar as prioridades, monitorar as incertezas e sazonalidades da demanda e, por fim, controlar toda a gestão de estoque (GOVINDAN et al., 2017). A volatilidade da demanda é um dos desafios no desenho de uma cadeia logística, porém é fundamental que as decisões sejam tomadas considerando essa incerteza (GOVINDAN et al., 2017).

Os estoques de segurança ao longo da cadeia de suprimentos podem ajudar como resposta a esse problema, pois, mesmo com uma demanda volátil, e com certo nível de confiabilidade, pode-se assim garantir o nível de atendimento ao cliente final (RODRIGUEZ et al., 2014). A partir do controle do processo é possível calcular o estoque de segurança e por fim o estoque ótimo, reduzindo-se custo e mantendo-se a qualidade no serviço ao cliente (BERTAGLIA, 2016).

Outro aspecto central nesses tipos de estudos são as definições do ponto de ressuprimento, baseado no estoque do elo ao invés de considerar o estoque de instalação. Já a posição do estoque é determinada pelo estoque disponível em cada elo acrescentado o estoque em trânsito e a posição de estoque dos elos subsequentes na cadeia. Com isso, a política de estoque considera o efeito que as decisões de estoque exercem nos demais elos da cadeia de

suprimentos (ERUGUZ et al., 2016). A maior parte desses modelos assumem uma demanda externa estacionária ou aleatória com o objetivo de estabelecer uma equação em função do custo total da cadeia de suprimentos que determina qual o tamanho de lote ótimo para ser solicitado (ESCORCIA-CABALLERO et al., 2020).

A relação do redesenho da cadeia de suprimentos e das decisões táticas, bem como a definição dos níveis de estoque e conexão de cada ponto da cadeia, podem ser considerados um dos mais desafiadores problemas de uma empresa, podendo vir a impactar consideravelmente no seu desempenho financeiro (RODRIGUEZ et al., 2014).

Devido ao alcance nos processos e a importância nos resultados, o tema vem ganhando cada vez mais relevância no mercado, pois a utilização de uma gestão da cadeia de suprimentos eficaz pode propiciar um grande potencial de retorno financeiro para as empresas (PALOMINO; CARLI, 2008). Uma vez que a satisfação dos clientes e a qualidade dos serviços e produtos ofertados são fatores-chave para as empresas que buscam a consolidação ou crescimento no mercado (BERTAGLIA, 2016).

Segundo Cho (2016), em relação à política de estoque do MRP (*Material Requirements Planning*), o nível de proteção é flexionado para cima ou para baixo de acordo com os parâmetros operacionais, mudanças no mercado e planejamento ou eventos futuros conhecidos. Ele ainda propõe uma abordagem denominada DDMRP – *Demand Driven Material Requirements Planning* que é baseada nos conceitos de MRP, DRP, Lean Six Sigma e TOC (*Theory Of Constraints*). O intuito desta abordagem é de absorver a variabilidade ao longo da cadeia de suprimentos ao reduzir o horizonte de planejamento e comprimir os leads times.

Em relação às decisões sobre o gerenciamento de estoques, há dois conceitos que geralmente são utilizados: puxado e empurrado. No primeiro caso, é necessário realizar o pedido antes das vendas e suporta todo o risco do estoque. Já o estoque empurrado, o fornecedor mantém o estoque e suporta o risco completo do estoque (WANG et al., 2017).

Segundo Ballou (2011), a relação entre receita e custo logístico da cadeia de suprimentos pode chegar até um certo ponto, que para se aumentar o serviço logístico é necessário um investimento muito alto, elevando-se os custos logísticos e, ainda assim, não gerando um aumento significativo na receita de vendas. Desse modo, existe um certo nível de serviço que propicia um equilíbrio entre custos e receitas, maximizando o lucro total da empresa. Outro fator importante no cálculo de estoque é o *lead time* de transporte, que é composto por uma série de componentes, como preparação de pedidos, trânsito dos produtos, tempo de espera, tempo de entrega etc. Dessa forma, com uma redução do tempo de entrega é

possível ter uma redução da necessidade de estoque de segurança, sem impactar o nível de serviço.

Para Jha e Shanker (2014), os custos e os atrasos precisam ser constantemente reduzidos para alcançar o desempenho ideal de uma cadeia de suprimentos e uma decisão integrada das operações, estoque e entrega mostrou uma estratégia eficaz. Assim, o desafio fundamental nas tomadas de decisões em SCM se resume em minimizar o custo de estoque na cadeia e ainda oferecer um serviço ao cliente de alta qualidade (JIANG; SHI, 2019).

É nesse cenário de eficiência operacional que se faz necessário o uso de ferramentas de apoio a tomada de decisão, para alcançar escolhas assertivas que venham a agregar, de forma estrutura, mais valor para operação.

## **2.2 Modelos de apoio à decisão multicritério**

Tomar uma decisão é algo que faz parte da rotina das pessoas e empresas. Trata-se de uma atividade muitas vezes complexa, na qual tem-se a necessidade de escolher entre as alternativas disponíveis, mas também analisar os diferentes pontos de vista para determinadas ações, e para determinadas personas envolvidas no processo decisório.

Nesse cenário que se faz necessária a tomada de decisão para escolha entre alternativas distintas, as quais possuem critérios que a caracterizam dentre as demais, surgem as metodologias que podem auxiliar nesse processo de escolha. Com o uso dessas ferramentas, o processo decisório deixa de ser arbitrário e com base em conhecimento histórico do decisor, ou decisores, passando a estar embasado nos critérios mais relevantes para a escolha final, dando maior confiabilidade e celeridade ao processo decisório.

Conforme Keeney e Raiffa (1976) essas ferramentas são denominadas modelos de Análise de Decisão Multicritério (*Multiple Criteria Decision Analysis - MCDA*), entretanto para eles o MCDA não é uma metodologia para tomar a decisão, mas para auxiliar para que a melhor decisão seja tomada, de acordo com o problema, com a realidade da empresa e com o estilo do decisor. Em concordância, Belton e Stewart (2002) falam sobre a importância do MCDA para os decisores, fazendo que se sintam mais confiantes e seguros na tomada de decisão.

Nas organizações a construção de modelos e escolha de métodos está associada aos atores envolvidos no processo decisório, que pode envolver um decisor ou um grupo de responsáveis por esse processo. O decisor, seja ele um indivíduo ou grupo de pessoas, exerce influência nos processos de tomada de decisão de forma direta ou indireta. É importante destacar que o decisor desse tipo de processo é quem tomará a decisão e possui poder sobre

ela, assim as consequências sobre a escolha da alternativa são responsabilidade do decisor. Se os resultados da escolha não forem satisfatórios, a organização cobrará por isso ao decisor, se a decisão for tomada em grupo, todo o grupo se responsabilizará pelas consequências da decisão (ALMEIDA, 2013).

Cada ator do processo de decisão tem seu julgamento de valor absorvidos pelos métodos de apoio multicritério à decisão, com a finalidade de estabelecer o modelo de decisão baseado nas definições que determinaram as preferências dos atores, gerando um ciclo de aprendizagem (CAVALCANTI, 2007).

A definição clara das regras de trabalho que serão utilizadas no processo de decisão é o princípio básico para elaboração de qualquer modelo de apoio a decisão. Silva (2006) acrescenta sobre a importância da definição do problema a ser resolvido com a decisão a ser tomada, quais métodos serão utilizados e o objetivo que se deseja abranger. Menciona também sobre a forma como essas ferramentas disponíveis devem ser utilizadas e como elencar as preferências dos decisores, bem como sua visão do problema estudado.

Segundo Cavalcanti (2007), o MCDA tem como objetivo apoiar e orientar o processo decisório nas ações a serem tomadas pelos decisores, além disso, menciona que sempre haverá uma pressuposição quanto aos processos de decisão. Pois, o MCDA não tem a função de apresentar a solução de forma explícita, tendo a solução proposta como uma verdade absoluta.

Dada a necessidade de quantificação são atribuídas metodologias para garantir a medição do desempenho do processo de decisão. O processo decisório se trata de um esforço em tentar resolver problemas originados de objetivos conflitantes para uma alternativa mais compromissada ou adequada ao processo ou situação. Sendo caracterizado como uma sequência de coletar informações, atribuir relevância aos critérios de escolha, buscar possíveis alternativas de solução e fazer a escolha de forma eficaz entre as alternativas (MORAES, 2013).

Na problemática de decisão, o decisor deseja realizar uma escolha sobre as alternativas. A 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, ela delimita o uso dos métodos de apoio à decisão. Estabelecer a problemática de referência abrange o tipo de solução que se deseja alcançar no problema decisório (STAIL FILHO, 2019). De acordo com Roy (1996), existem quatro tipos de problemáticas:

- Problemática de escolha  $P.\alpha$ : se almeja estabelecer um subconjunto com as melhores alternativas de todo o espaço de ações possíveis.

- Problemática de classificação P.β: objetivo de alocar as alternativas em classes ou categorias definidas (segmenta o conjunto, obedecendo determinadas normas).
- Problemática de ordenação P.γ: as ações são alocadas em ordem decrescente de prioridade, geralmente da melhor para a pior.
- Problemática de descrição P.δ: ajuda na decisão disponibilizando a descrição das ações e o conjunto de consequências, adicionando as informações necessárias para que o decisor consiga perceber as características de cada ação.

Os métodos multicritério auxiliam o processo de escolher, classificar ou ordenar as potenciais ações, somando múltiplos aspectos no processo. O entendimento do problema é facilitado nestas abordagens, pois o caráter científico se alinha ao aspecto subjetivo, permitindo que a solução agregue características quantitativas e qualitativas (COSTA et al., 2012).

Segundo Vincke (1992), os métodos de decisão multicritério são divididos em três grandes famílias:

- Teoria da utilidade múltiplos atributos (*Multiple Attribute Utility Theory* - MAUT): embasada em métodos de agregação aditiva por meio de critério único de síntese que confere o grau de utilidade ou desejabilidade de uma alternativa em relação às demais. Estrutura probabilística inserida em um contexto de incerteza.
- Métodos de sobreclassificação: constroem uma relação de sobreclassificação entre as alternativas que mensura quanto uma é melhor que as demais.
- Métodos interativos: são métodos que proporcionam sucessivas soluções intermediárias baseadas no diálogo. São desenvolvidos em estrutura de múltiplos objetivos de programação matemática.

Decidido quais métodos serão utilizados nas problemáticas, cabe ao decisor 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 do problema são claros, mas os métodos e as técnicas para alcançá-los não são os ideais, a necessidade de tomar uma decisão dá início a um processo marcado por muitos retrabalhos, o que gera interrupções e atrasos ao processo (STAIL FILHO, 2019).

Nesse âmbito, é importante que o processo possua uma linha geral de desenvolvimento, cujo início dar-se-á com o reconhecimento e o diagnóstico do problema. 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. O processo segue com levantamento dos critérios e 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 ou mais alternativas que deve ser autorizada ou aprovada (CHOO, 2006).

Para seguir um desenvolvimento coerente para resolução do problema de decisão é importante seguir uma linha estruturada de etapas para reduzir as ineficiências nesse processo. Para conduzir uma modelagem de um problema de decisão multicritérios há muitas possibilidades que levam a diversos modelos aplicáveis, e essas possibilidades estão associadas a hipóteses distintas ou formas distintas de estabelecer os itens que compõe o problema. Na literatura há alguns procedimentos propostos para condução e construção do modelo de decisão multicritério, como os desenvolvidos por Roy (1996), Polmerol e Barba-Romero (2000) e Belton e Stewart (2002), todos com as etapas de levantamentos iniciais dos dados dos problemas e objetivos, discussões e definições dos modelos e resultados e recomendações finais. Polmerol e Barba-Romero (2000) ainda propõem análises de sensibilidade do modelo e Belton e Stewart (2002) provocam retóricas sobre os resultados e planos de ações estruturados sobre as recomendações (ALMEIDA, 2013).

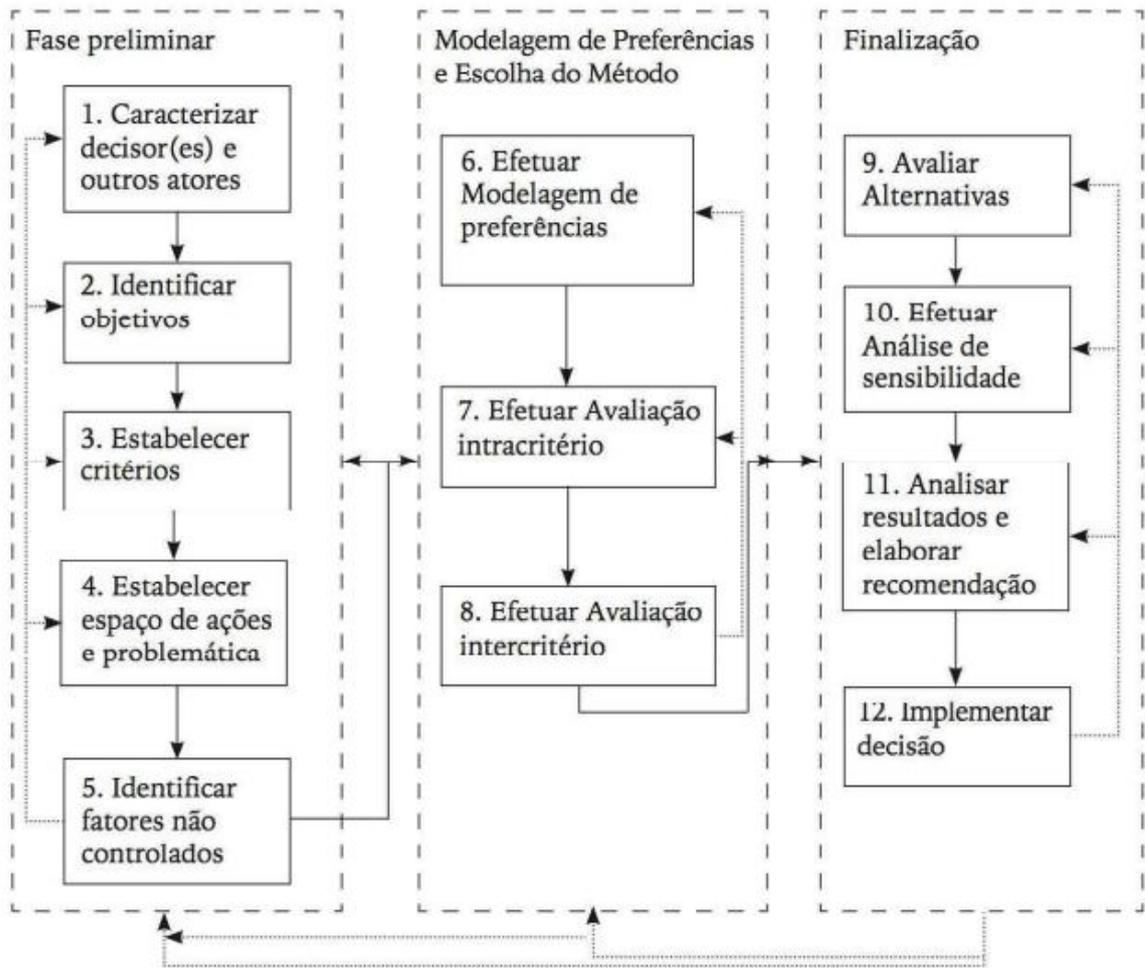
Almeida (2013) propõe um procedimento para construção do modelo de apoio a decisão conforme ilustrado na Figura 4. O procedimento é composto por três fases principais, que são subdivididas em 12 etapas no total e seguem a sequência das setas mostradas na Figura 4. Nessas fases e etapas é sempre proposta a aplicação de abordagem e refinamentos sucessivos, envolvendo recursividade, conforme representado pelas linhas pontilhadas da figura.

Na primeira fase são propostas cinco etapas preliminares que possuem elementos básicos para a elaboração e construção do problema, é nessa fase que a problemática é estruturada. Nessa primeira parte do modelo de decisão multicritério, os requisitos do contexto do problema são reconhecidos e identificados e o decisor pode estabelecer os objetivos e critérios para o problema analisado. O conjunto de objetivos e critérios deve ser determinado para conceber todas as condições do processo de avaliação de forma não redundante e concisa.

A segunda fase é composta por três etapas, é nessa fase que são estruturados os fatores que tem a maior influência sobre a escolha do método de decisão multicritérios que será utilizado no modelo. Nessa fase as etapas de modelagem de preferências são desenvolvidas e as etapas dessa fase são construídas quase de forma unificadas, pois apresentam grande flexibilidade em seus sequenciamentos e refinamentos. Ao final dessa fase o método de decisão é escolhido e o modelo estruturado, ficando pronto para ser utilizado. Nessa segunda fase o

decisor identificar o conjunto viável de alternativas necessárias para construir a matriz de avaliação, levando em consideração o desempenho de cada alternativa para cada critério no problema de decisão.

Figura 4 - Procedimento para construção de modelo de apoio a decisão multicritério.



Fonte: ALMEIDA, 2013.

A segunda fase é composta por três etapas, é nessa fase que são estruturados os fatores que tem a maior influência sobre a escolha do método de decisão multicritérios que será utilizado no modelo. Nessa fase as etapas de modelagem de preferências são desenvolvidas e as etapas dessa fase são construídas quase de forma unificadas, pois apresentam grande flexibilidade em seus sequenciamentos e refinamentos. Ao final dessa fase o método de decisão é escolhido e o modelo estruturado, ficando pronto para ser utilizado. Nessa segunda fase o decisor identifica o conjunto viável de alternativas necessárias para construir a matriz de

avaliação, levando em consideração o desempenho de cada alternativa para cada critério no problema de decisão.

A finalização ocorre na terceira fase, composta pelas últimas três etapas. Nessa fase o modelo já está pronto e consolidado, e são realizadas as avaliações das recomendações das alternativas, também são realizados os testes de sensibilidade para dar confiabilidade ao modelo e as soluções propostas e, por fim, tem-se a implementação da ação recomendada. Apesar de se tratar da última fase, ainda há possibilidade de revisitar as fases anteriores para refinamentos e modificações do modelo de decisão, essas revisões acontecem principalmente quando os testes de sensibilidade apontam que o modelo elaborado está muito sensível as alterações por conta de algum fator, necessitando de ajustes.

Finalmente, Stoner e Freeman (1992) esclarecem que o processo decisório não finaliza com a escolha da decisão. Após a escolha da melhor alternativa, ainda existe o monitoramento da decisão implementada. Logo, se faz necessário a análise e acompanhamento dos resultados obtidos da escolha implantada, tanto os positivos quanto os negativos.

### **2.3 Método PROMETHEE-ROC**

Os métodos de sobreclassificação se baseados em comparações entre as alternativas par a par, explorando a relação de sobreclassificação entre elas. Esses métodos não realizam uma agregação analítica dos desempenhos nos critérios para estabelecer uma nota para as alternativas, facilitando a comparação entre elas, diferentemente eles assumem a possibilidade de incomparabilidade na estrutura de preferências do decisor e usam uma relação de sobreclassificação entre as alternativas, que não é transitiva. Uma característica importante nesses métodos é que eles apresentam avaliações não compensatórias. 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).

Conhecida também como relação de subordinação de síntese, ou *outranking*, esta abordagem se originou na escola europeia e incide na construção das relações de sobreclassificação entre as alternativas, que tem as preferências estabelecidas pelo decisor, para posterior exploração no apoio à solução do problema, através de relação binária. A principal ideia desses métodos está no enriquecimento das relações de dominância de uma alternativa sobre outra, ao invés de supor que uma única solução pode ser obtida (STAIL FILHO, 2019).

Vinke (1992) menciona que esta abordagem evita hipóteses matemáticas muito rígidas e questões complicadas para o decisor, diferentemente da teoria da utilidade multiatributo, que acaba dificultando a modelagem de problemas reais. A relação de preferências é baseada na subordinação e, em seguida, explicitada pelo teste de subordinação, que permite uma resposta sintética, exaustiva e definitiva do problema. Esta relação é explorada, principalmente, pelos métodos ELECTRE e PROMETHEE que são os principais métodos de sobre classificação utilizados (ROY, 1996).

O método PROMETHEE (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*) consiste em construir uma relação de sobreclassificação de valores, destacando-se por envolver conceitos e parâmetros, os quais têm alguma interpretação física ou econômica, facilmente entendida pelo decisor, tendo sido aplicado com sucesso em vários problemas de diferentes naturezas. (VINCKE, 1992; ALMEIDA; COSTA, 2002).

Um outro aspecto do método PROMETHEE, é que este método hierárquico consiste na possibilidade de associar funções contínuas aos cálculos de preferência. Essa vantagem incide basicamente na possibilidade de se atribuir valores de preferências que sejam proporcionais à superação de um critério relativamente a outro. Dessa forma, enquanto as funções discretas, que atribuem valor 1 às alternativas que apresentam superação em determinado critério e 0 àquelas alternativas que foram superadas, as funções contínuas atribuem valores entre 0 e 1 a essas superações de forma que diferenças pequenas entre os critérios sejam representadas por menores diferenças. Esses valores aumentam se a diferença de desempenho ou a vantagem de uma alternativa em relação a outra aumenta e é igual a zero se o desempenho de uma alternativa for igual ou inferior ao da outra (OLIVEIRA et al., 2021).

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 unicritério. 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).

Enquanto Brans e Mareschal (2002) afirmam que os métodos da família PROMETHEE estão baseados em duas fases distintas: a constituição de uma relação de sobreclassificação com a agregação de informações entre os critérios e alternativas e, por seguinte, a exploração dessa relação para o apoio ao processo decisório, através da construção de uma relação de sobreclassificação valorada. Nesse processo é atribuído um peso para cada critério, que

representa a sua relevância e aplicado na função de diferença, que avalia o desempenho das alternativas, com variação entre 0 e 1.

O decisor deve estabelecer para cada critério um peso que aumenta com a importância do critério. O PROMETHEE apresenta seis formas diferentes de o decisor representar suas preferências, não necessariamente usando a mesma forma para todos os critérios, são critérios gerais, usados para identificar a intensidade da preferência. Nas situações onde há limiares de indiferença, preferência, ou 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 (ALMEIDA; COSTA, 2002).

Segundo Behzadian et al. (2010) o PROMETHEE possui uma série de versões e variações, que devem ser implementadas de acordo com o problema e os objetivos a serem alcançados, são elas:

- PROMETHEE I: estabelece uma relação de sobreclassificação de pré-ordem parcial entre as alternativas.
- PROMETHEE II: classifica as alternativas estabelecendo uma pré-ordem completa, em ordem decrescente dos fluxos líquidos.
- PROMETHEE III: traz a noção de indiferença, tendo a característica de incluir tratamento com componente estocástico.
- PROMETHEE IV: classifica as alternativas proporcionando uma pré-ordem completa ou parcial e se destina à problemática de ordenação, para o caso de um conjunto contínuo de soluções viáveis. Também inclui tratamento com componente estocástico.
- PROMETHEE V: nesta implementação após estabelecer uma ordem completa entre as alternativas utilizando o 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 quer definir precisamente os pesos para os critérios, nesse caso é possível especificar intervalos de prováveis valores em lugar de um valor fixo para cada peso.

O PROMETHEE II é um método embasado em racionalidade não compensatória no processo de avaliação das alternativas disponíveis, utilizando parâmetros como os pesos dos critérios para representar as preferências do decisor e agregando informações para definir o valor de desempenho em um problema de decisão. Ele utiliza o fluxo líquido de

sobreclassificação, resultante da diferença entre os fluxos positivo e negativo. Quanto maior a diferença, melhor é a alternativa. Nesse método as alternativas são ordenadas de forma decrescente, de acordo com a preferência e indiferença, estabelecendo uma pré-ordem completa e os pesos representam a importância relativa dos critérios ou a influência de cada para o problema de decisão (ALMEIDA, 2013).

No PROMETHEE II, em situações em que o número de critérios não seja tão grande ou em que não há fatores que aumentem a complexidade do problema, se assume que o decisor é apto para determinar valores apropriados para representar a importância dos critérios, pois esse método não oferece uma regra específica para determinar os pesos dos critérios. O processo de definição dos pesos é fundamental para representar a estrutura de preferências do decisor, e obter as recomendações favoráveis aos seus interesses na modelagem do problema de decisão multicritérios. Quando é tratado um problema de decisão com complexidade elevada, apresentando quantidade elevada de critérios, o decisor pode apresentar insegurança e desconforto ou ainda optar pela utilização de valores não precisos, por esses motivos acaba recorrendo a métodos analíticos que auxiliam no processo de eliciação desses valores. Nesses cenários de alta complexidade é comum que o decisor ofereça apenas informações parciais sobre suas preferências, ou valores representativos, como indicações pela escala ordinal sobre os critérios (CLEMENTE, 2015).

A flexibilidade dos métodos PROMETHEE para eliciação dos pesos dos critérios viabiliza a utilização de técnicas que mantêm a coerência com as preferências do decisor, dessa forma é possível utilizar recursos de tratamento de informações parciais para representação dos pesos, com o objetivo de reduzir o esforço racional do decisor, oferecendo definições consistentes sobre suas preferências. Dentre as técnicas que auxiliam na eliciação dos pesos para o decisor, convertendo rankings em pesos numéricos uma das mais utilizadas para tal conversão é o centroide de ordem de classificação (*Rank-Order Centroid* - ROC), que é considerado o mais promissor, incluindo preferência cardinal na ordem de classificação para modelos multicritérios aditivos (DANIELSON et al., 2014). O procedimento ROC permite o cálculo de pesos para os critérios com base nas preferências do decisor, ele usa os vértices do simplex para definir o peso do centroide para os critérios (JACOB, 2021).

Segundo Morais et al. (2015) a técnica ROC de eliciação direta de pesos, que se destaca por sua simplicidade e qualidade, se trata de uma metodologia que consiste em ordenar os critérios do problema de decisão do mais importante para o menos importante, identificando os pontos extremos no espaço de peso e determinando os pesos com base no centroide deste espaço. Dessa forma, essa técnica é amplamente utilizada e recomendada em

problemas de decisão multicritério onde se tem informações imprecisas sobre a importância dos critérios. Cabe ao decisor ordenar os critérios por sua importância para o problema de decisão. Essas considerações viabilizam que a utilização do ROC seja considerada como uma abordagem compatível com a estrutura conceitual dos métodos PROMETHEE. Sendo o decisor capaz de ordenar todos os critérios por sua relevância e se sentindo confortável com isso, é proposta a aplicação da abordagem de pesos substitutos no método PROMETHEE II, sendo esse modelo denominado PROMETHEE-ROC.

## **2.4 Revisão da literatura**

Problemas que envolvem tomada de decisão na área da logística são comuns de serem encontrados, alguns mais simples e outros mais complexos que acabam demandando mais embasamento em dados e utilização de ferramentas e métodos que auxiliem nessas tomadas de decisão. Problemas mais complexos podem trazer grande variedade de critérios abordados, bem como uma grande quantidade de alternativas disponíveis para resolução do problema, cabendo ao decisor escolher de forma eficiente os resultados que trazem maior relevância para a empresa.

Nenhum trabalho foi encontrado em relação à logística para o ramo da aquisição, tão pouco foi encontrado na área de decisão para esse ramo. Todavia, alguns trabalhos são encontrados nessa linha para outros ramos e buscam resolver esses problemas de decisão multicritérios com as ferramentas e metodologias que façam sentido a cada problemática específica.

Aloinio, Dulmin e Minino (2010) propõem a resolução de uma problemática de escolha de transporte no serviço logístico que apresenta suas próprias peculiaridades e deve ser gerenciado com precisão. Para resolução do problema de decisão multicritério foi utilizado o método híbrido FUZZY-PROMETHEE para a seleção da transportadora entre vários prestadores de serviços logísticos pré-selecionados. O método foi desenvolvido e aplicado ao caso de empresa multinacional do mercado de eletroeletrônicos. Ao final do trabalho um sistema automatizado de apoio ao processo de tomada de decisão foi projetado para dar suporte aos usuários.

Gupta, Sachdeva e Bhardwaj (2012) de forma similar utilizaram a técnica FUZZY-PROMETHEE para problema de decisão multicritério em uma empresa de cimento. O problema envolvia a seleção dos prestadores de serviços logísticos para demonstrar sua facilidade e eficácia de uso. A pesquisa fornece um modelo para escolha da melhor alternativa utilizando o software Decision Lab 2000 para a técnica FUZZY-PROMETHEE, que faz com

que a análise dos resultados se torne fácil e eficaz, o que pode ajudar a indústria na tomada de decisão rápida e eficiente em problemas de decisão multicritério. Liao et al. (2018) também conduz estudo com utilização da metodologia FUZZY-PROMETHEE para resolução de problemas de decisão multicritério para seleção de fornecedores na área de logística verde.

Moraes (2013) realizou trabalho com objetivo de propor um modelo de decisão multicritério para a utilização de modal ou multimodal em uma Empresa que atua no segmento econômico de siderurgia e necessitava de um sistema logístico mais eficiente. O problema decisão foi mapeado em relação a escolha das combinações dos modais rodoviário, ferroviário e cabotagem que eram realizados por empresa terceiras. Diante da complexidade do problema com os critérios: custo global da operação, volumes a serem transportados, tempo de trânsito total, frequência dos embarques, confiabilidade na programação, avarias, nível de serviço e disponibilidade de equipamentos, foi elaborado um modelo de decisão baseado no método multicritério SMARTER. Após a aplicação do modelo, foi obtido o modal mais apropriado em termos gerenciais, de acordo com o decisor.

O trabalho realizado por Rodrigues (2014) trata de problema de logística na área de produtos eletrônicos, os quais devem passar por um descarte ou reciclagem adequada, usando como instrumento a logística reversa. Com o objetivo principal de aplicar uma análise multicritério em conjunto com modelagem matemática para selecionar a melhor localização para o estabelecimento de pontos de coleta desses resíduos. Foram propostas duas metodologias para escolha dos melhores bairros para implantação dos pontos de coleta, as duas metodologias foram o método PROMETHEE para resolução do problema multicritério, em conjunto com DEA (*Data Envelopment Analysis*) um tipo de modelagem matemática. Ao final do trabalho contribui-se para uma melhor tomada de decisão na implantação dos pontos de coleta dos resíduos eletrônicos, minimizando os gastos e maximizando a eficiência do sistema de logística reversa de eletroeletrônicos na cidade.

Stail Filho (2019) desenvolveu estudo sobre localização geográfica de unidades industriais, levando em consideração diferentes aspectos como o 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), dentre outros. Esse tipo de problema envolve complexidade e demanda meios para sistematizar este tipo de decisão, ponderando as preferências do decisor. O trabalho permitiu desenvolver modelo de resolução do problema com a aplicação combinada dos métodos AHP e Borda.

O trabalho conduzido por Clemente (2015) com foco em situações em que há apenas informações incompletas, ou parciais, sobre a importância dos critérios envolvidos em um contexto de decisão multicritério. O estudo se propôs a avaliar o desempenho de metodologias selecionadas para indicar a melhor performance para a estrutura do método PROMETHEE II. Foram analisadas as contribuições dos EW (*Equal Weights*), RS (*Rank-Sum*), RR (*Reciprocal of the Rank*) e ROC (*Rank-Order Centroide*), sobre diferentes estruturas de decisão, para indicar a metodologia que melhor responda à estrutura do método multicritério selecionado. Nas avaliações chegou-se no método PROMETHEE-ROC que foi utilizado, em uma ferramenta computacional de auxílio ao processo decisório, para o tratamento do problema de avaliação de tecnologias críticas para a geração de energia elétrica. Os resultados da aplicação para este contexto sugerem vantagens para o planejamento e desenvolvimento de organizações em diversos setores produtivos. Na mesma linha de estudo Marques et al. (2021) também utilizou o método PROMETHEE-ROC para resolução de problema de decisão multicritério na área de geração de energia, mais precisamente para escolha de planos relacionados a gestão de energia de forma sustentável, fornecendo soluções para problemas que envolvem objetivos conflitantes e múltiplos. Foi escolhido ao final do trabalho a melhor fonte de energia para uma nova unidade de geração de eletricidade.

Seguindo por outros tipos de problemas de decisão multicritério encontrados na literatura, pode-se citar o trabalho de Oliveira et al. (2021) que utilizou um modelo baseado na análise multicritério de apoio à tomada de decisão para auxiliar na descentralização de recursos de custeio em universidades públicas. O método implementado por meio do uso de planilhas eletrônicas foi o PROMETHEE para o problema. Os resultados obtidos evidenciaram a aplicabilidade desse modelo e reforçaram a importância de que decisões gerenciais sejam ancoradas em metodologias confiáveis, capazes de considerar as preferências do decisor diante das metas institucionais.

Mota e Almeida (2020) conduzem a resolução de um problema de seleção de portfólio multicritério utilizando os métodos SMARTER e PROMETHEE-ROC. O trabalho teve como objetivo analisar o comportamento dos pesos obtidos com o ROC na seleção de portfólio. Foi realizada uma simulação Monte Carlo com modelos de apoio a decisão multicritério para seleção de portfólio baseados no modelo aditivo e no PROMETHEE-ROC. O resultado da simulação revelou que os pesos ROC possuem bom desempenho na seleção de portfólio, dentro dos cenários considerados.

O uso de método PROMETHEE-ROC se mostrou bastante difundido para trabalhos de diversas áreas, como é o caso de Jacob (2021) que aplicou o método para resolução de

problema de decisão multicritério na área de medicina. O problema envolvia o gerenciamento das filas de pacientes de cirurgias urológicas, dado o problema com a quantidade de pacientes em fila para realizar suas cirurgias pelo Sistema Único de Saúde – SUS, o que gera apreensão do paciente e até mesmo a evolução do quadro da doença devido à demora da cirurgia. Logo, a necessidade de aplicação de técnicas de análise de decisão multicritério para seleção de pacientes, seguido de levantamento dos critérios utilizados no hospital. Ao final, o modelo desenvolvido foi validado pelo decisor, podendo vir a ser implementado para otimizar o tempo de espera dos pacientes.

A revisão conduzida para o atual trabalho mostrou que em muitos problemas de decisão multicritério há diversas modelagens utilizando o método PROMETHEE-ROC, e principalmente o PROMETHEE, com várias outras combinações de métodos e modelos. Alguns trabalhos envolvendo decisão na área da logística, mas nenhum na área das empresas de adquirência. O que mostra a relevância e originalidade do trabalho para contribuição do meio acadêmico.

## **2.5 Síntese do capítulo**

No capítulo tem-se a revisão da literatura para o trabalho em questão tanto da parte da cadeia de suplementos sobre o fluxo de materiais, na logística direta e reversa na empresa de adquirência, mas também a revisão sobre os problemas de decisão multicritério.

Por fim é analisada a literatura em relação a utilização do método PROMETHEE-ROC, como é conduzida sua modelagem e aplicações. Entretanto, poucas aplicações na problemática em estudo foram encontradas, e nenhuma análise mais ampla foi encontrada para essa problemática da empresa de adquirência.

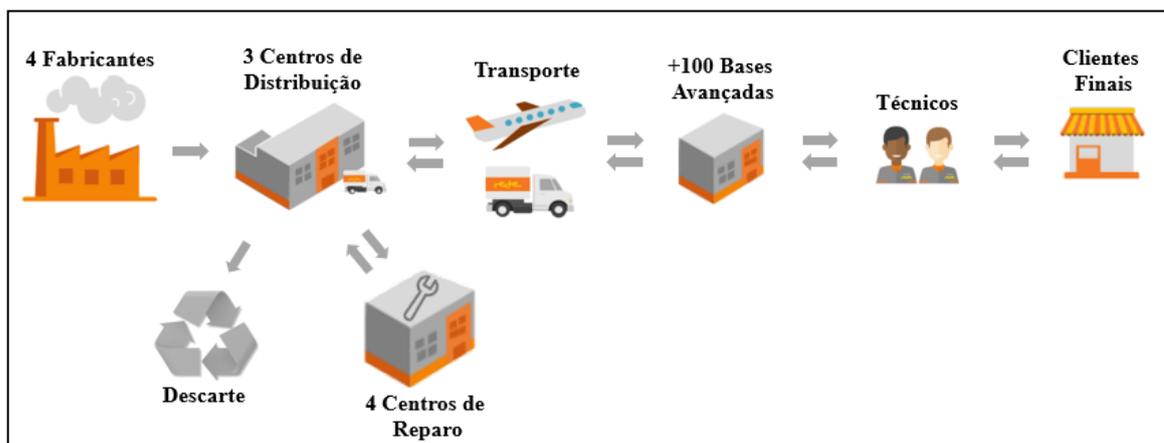
### 3 PLANEJAMENTO DA DEMANDA E DISTRIBUIÇÃO DOS INSUMOS NO RAMO DA ADQUIRÊNCIA

A operação original da indústria dos adquirentes consiste no formato de comodato em que os terminais são alugados para os clientes e cobrada uma taxa por transação. Nesse modelo existem três formas de serviço que o cliente pode solicitar em relação aos terminais: instalação; troca e desinstalação do terminal. A instalação ocorre quando os clientes solicitam um terminal, seja o seu primeiro ou adicionais (quando ele já possui algum da empresa). Já a troca ocorre quando há falha do terminal, isto é, quando ele deixa de funcionar da maneira adequada gerando uma necessidade de substituição. Nesse caso, o técnico retira o terminal que não está em condições de uso e deixa um outro terminal em pleno funcionamento. Enfim, no caso da desinstalação ocorre quando o cliente não quer mais o terminal e solicita a retirada do terminal de seu ponto de venda.

Para suportar o atendimento dos serviços descritos aos clientes, a logística conta com uma cadeia fechada para gestão dos suprimentos, incluindo fabricantes, centros de distribuição, centro de reparos, transporte e bases avançadas, conforme rede logística disposta na Figura 4.

Em relação a cadeia de suprimentos do modelo clássico desse segmento, o principal produto oferecido pela empresa é o terminal, de forma que a gestão do ativo continua sendo de responsabilidade da empresa em toda vida útil do produto, mesmo quando este está em posse do cliente. A logística é responsável pela movimentação dos produtos em toda a cadeia de suprimentos e pela gestão do ativo, isso inclui os terminais, as peças dos terminais (carregadores e *simcards*) e os insumos, que são os objetos de estudo desse trabalho.

Figura 5 - Fluxo da cadeia de suprimentos da empresa de aquisição estudada.



Fonte: Autoria própria

Na rede logística estudada, apresentada na Figura 4: os fornecedores fazem a entrega dos produtos nos três CDs a partir do pedido de compra realizado pela área de Planejamento Integrado; os CDs realizam o recebimento dos produtos dos fornecedores, fazem amostragem para aferição da qualidade, realizam a triagem dos terminais e *simcards* que retornam da logística reversa das bases avançadas e despacham os produtos para as bases avançadas; o transporte é responsável pela coleta dos produtos no CD para abastecimento das bases, e, na logística reversa, é responsável pela coleta dos produtos nas bases avançadas para retorno ao CD; as bases avançadas são responsáveis pelo armazenamento dos produtos oriundos do CD, entrega dos produtos aos técnicos para realização do atendimento ao cliente (instalações e trocas), recebimento dos produtos em posse do técnico (oriundo das desinstalações e das trocas) e disponibilização para coleta pelo transporte na logística reversa para o CD. Cada uma das bases avançadas tem uma determinada região de atendimento, não existindo sobreposição de atendimento de uma região por duas ou mais bases.

Nessa cadeia de suprimentos os insumos, objetos de estudo do trabalho, são fundamentais para o transporte dos principais ativos da companhia: os terminais. São as caixas unitárias e másters que protegem os terminais ao longo de toda a cadeia na logística direta e reversa. As caixas unitárias são a proteção do terminal desde a saída do fabricante até chegar ao cliente, podendo o cliente optar por permanecer com a caixa ou liberar seu retorno para utilização na logística reversa dos terminais que saíram dos clientes em um serviço de troca ou desinstalação. Enquanto as caixas másters saem dos fabricantes até as bases avançadas na logística direta e das bases até os CDs na logística reversa e servem para transportar com segurança vários terminais, cada um dentro de sua caixa unitária. Os lacres e cantoneiras fazem o fechamento das caixas masters para o transporte seguro.

A área de Planejamento Integrado está presente em todas as etapas na cadeia, desde a etapa de compras dos fornecedores até o abastecimento de insumos para as bases avançadas. O objetivo dessa área é manter o melhor atendimento ao cliente sempre e com o menor custo possível. Pode-se dividir o Planejamento Integrado em três macro áreas: *Sales and Operational Planning* (S&OP) – essa área tem como objetivo realizar o planejamento dos serviços (instalações, trocas e desinstalações) considerando todos os níveis da cadeia, incluindo bases e CDs; *Material Requirement Planning* (MRP), área responsável por planejar a produção dos CDs e calcular a necessidade de compras, visando atender o *forecast* calculado no mês; e *Distribution Requirements Planning* (DRP), responsável por planejar o abastecimento diário dos produtos que sairão do CD para as bases avançadas. Para a

realização das atividades dessas três áreas dentro do planejamento os parâmetros utilizados nas projeções e cálculos seguem o objetivo inicial de atender o cliente dentro do SLA (*Service Level Agreement*) com o menor custo e são sempre alinhados com a operação logística, dado que esta é responsável pela execução dos planos.

No caso dos insumos (caixas unitárias, másters, cantoneiras e lacres), o MRP da área do Planejamento Integrado será responsável pela aquisição de lotes diretamente dos fornecedores, que entregam os lotes nos CDs da cadeia de suplementos. Já o DRP é o responsável por calcular a quantidade de terminais, que serão avançados para cada base avançada diariamente. Essa macro área de planejamento também solicita o avanço de insumos para essas bases conforme a demanda. As caixas unitárias, másters e cantoneiras são enviadas às bases juntamente com o envio dos terminais e são reutilizadas após garantir sua função de transporte direto até os estoques das bases, no caso das caixas másters e cantoneiras, e até os clientes, no caso das caixas unitárias. Os lacres não são reaproveitados, eles garantem a segurança dos terminais até os estoques das bases e são rompidos para que os terminais sejam recebidos sistemicamente, gerando assim, a necessidade de sempre serem enviados novos para as bases. Diferentemente, os demais insumos são abastecidos nos estoques das bases tanto pelo envio dos terminais, quando é gerado reutilização dos mesmos, quanto por envio de lotes dos mesmos.

O cálculo dos envios dos lotes de insumos às bases é feito com base nas quantidades reportadas pelas bases por meio de formulários on-line, e muitas vezes a qualidade dessas informações é duvidosa, o que acaba gerando envios de lotes de insumos desnecessários sobrecarregando os estoques das bases (que possuem espaço limitado), ou falta de avanços dos insumos gerando *stockouts*, que acabam por interromper o fluxo de materiais na cadeia, impedindo a logística reversa dos terminais das bases para os CDs. Os envios dos formulários alimentam a planilha com contém os estoques das bases, e a partir dessas informações são calculadas as necessidades de avanços.

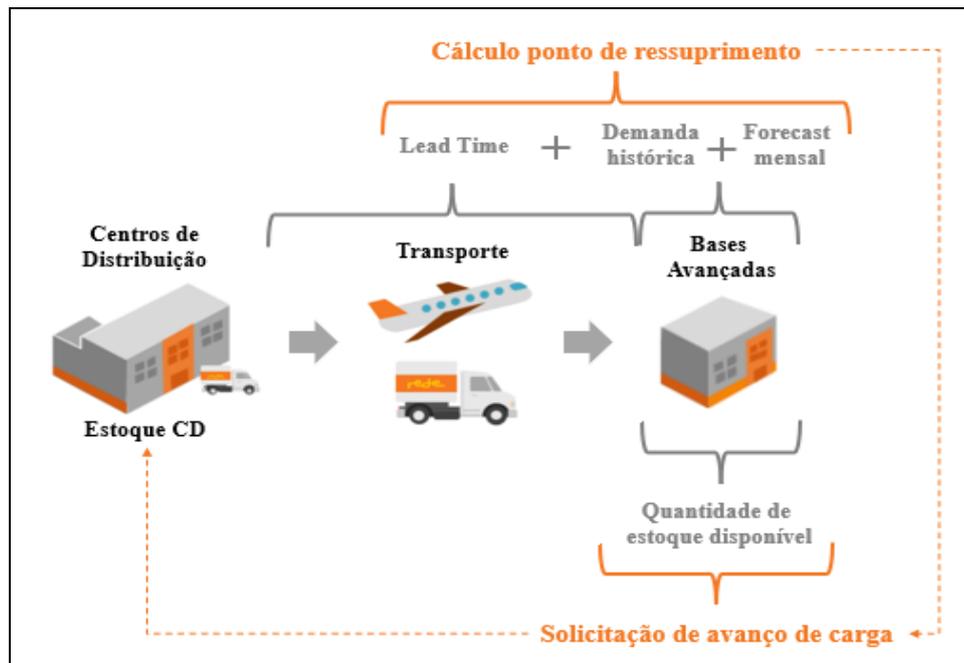
Os avanços são solicitados com base no ponto de ressuprimento do estoque, que por sua vez é inferido partindo dos dados históricos de consumo de cada base avançada, juntamente com o lead time de transporte até a base e o *forecast* do mês. Sempre que a quantidade de estoque disponível reportada pelas bases nos formulários fica inferior ao ponto de ressuprimento, novos avanços de materiais são solicitados para serem expedidos do CD para as bases avançadas. Na figura 6 é evidenciado as fontes dos dados para compor os cálculos dos pontos de ressuprimento dos estoques e como acontece o processo de avanço.

Como a área de S&OP planeja a demanda de cada mês e tem-se sistemicamente a quantidade de serviços (instalação, troca ou desinstalação) realizados diariamente por cada base, é possível estimar a quantidade dos insumos que serão necessários nas operações delas. Assim, se faz necessário a elaboração de modelos matemáticos que quando sustentados pelos dados do planejamento do S&OP e pelas informações das quantidades de serviços prestados diariamente pelas bases, possam fornecer para área de DRP as necessidades reais de avanços dos insumos para as bases avançadas da cadeia de suplementos desse modelo de negócio. Eliminando nesse modelo as falhas – como contagem incorreta, esquecimento, não envio do formulário, etc. – que podem ocorrer nos envios dos formulários com as quantidades disponíveis de insumos nas bases.

Por outro lado, os *stockouts* de insumos nas bases nem sempre são causados por falhas nos processos de preenchimento dos dados por parte delas e plano de avanço não assertivo. Problemas no abastecimento dos fornecedores acabam deixando os estoques dos CDs baixos, impactando diretamente os avanços de insumos para as bases avançadas, conforme ilustrado na Figura 6. Nesse cenário, independentemente do modelo proposto para abastecimento dos insumos, haverá *stockouts* em algumas bases. O problema deixa de ser o cálculo da demanda de envio dos insumos para as bases, e passa a um problema de definição de quais bases devem ser abastecidas, dado o estoque disponível para avanço está limitado nos CDs.

Por outro lado, os *stockouts* de insumos nas bases nem sempre são causados por falhas nos processos de preenchimento dos dados por parte delas e plano de avanço não assertivo. Problemas no abastecimento dos fornecedores acabam deixando os estoques dos CDs baixos, impactando diretamente os avanços de insumos para as bases avançadas, conforme ilustrado na Figura 6. Nesse cenário, independentemente do modelo proposto para abastecimento dos insumos, haverá *stockouts* em algumas bases. O problema deixa de ser o cálculo da demanda de envio dos insumos para as bases, e passa a um problema de definição de quais bases devem ser abastecidas, dado o estoque disponível para avanço está limitado nos CDs.

Figura 6 - Processo de avanços dos insumos na cadeia suprimentos.



Fonte: Autoria própria

As bases que serão atendidas no cenário de desabastecimento dos estoques de insumos nos CDs são definidas em comitê com os responsáveis pela gestão e acompanhamento dos processos das bases avançadas, fundamentados nas experiências do acompanhamento dos atendimentos prestados pelas bases no campo, levando em consideração tamanhos das bases, custos, lead time de transporte, criticidade da região atendida, etc. Fica, por fim, evidente que as definições dos avanços nesse cenário de criticidade, nem sempre são bem embasadas, o que pode trazer ineficiências para a companhia, chegando a gerar descontentamento dos clientes finais por atrasos que poderiam ser evitados, com uso de ferramentas que poderiam apoiar o processo decisório.

### 3.1 Principais problemas identificados

Com a descrição acima da operação logística da empresa em estudo, vale destacar os principais problema identificados em relação a operação logística dos insumos dessa cadeia de suprimentos.

Primeiramente é observado o problema no cálculo dos avanços dos insumos para as bases avançadas, pois atualmente não é levado em consideração os dados disponíveis na operação. Os avanços desses ativos estão condicionados as informações reportadas dos estoques dos insumos pelas bases avançadas, deixando grande margem para erros operacionais e ineficiências em toda a cadeia.

Em segundo momento é notada outra ineficiência associada às tomadas de decisão nos momentos em que há falhas de abastecimento dos estoques de insumos dos CDs pelos fornecedores. Essa falta dos insumos gera uma demanda de priorização de quais bases devem ser abastecidas primeiramente nesse cenário. Não há um processo formal e embasado em métodos que auxiliem na tomada de decisão, deixando essa escolha menos confiável e demorada.

### **3.2 Estruturação do problema**

Foi realizado um estudo mais detalhado para evoluir o conhecimento sobre os problemas encontrados no gerenciamento dos insumos da cadeia logística estudada. O trabalho de Melo, Pereira e Morais (2020) descrito nos tópicos a seguir foi elaborado com o objetivo de aprofundar o entendimento da problemática, e foi realizado fazendo uso de método de estruturação de problema, por apresentar uma abordagem que pode propiciar clareza e aprendizado acerca das variáveis envolvidas em um problema de decisão, bem como auxiliar na estruturação do problema.

#### **3.2.1 Métodos de estruturação de problemas**

Um bom gerenciamento das atividades de transporte, armazenagem dos estoques e o processamento de pedidos tende a criar condições para alcançar a eficiência e a confiabilidade na prestação do serviço. Essas atividades consistem em processos essenciais para que os objetivos logísticos atinjam suas metas em termos de custo e nível de serviço. As atividades logísticas passaram a ser fontes de vantagens competitivas, através da implementação de estratégias que permeiam a redução de custos, a neutralização de ameaças competitivas e a exploração de oportunidades de mercado. E para este objetivo, abordagens como os métodos de estruturação de problemas podem proporcionar meios que favoreçam melhorias na capacidade de gerenciamento dos decisores.

Neste ambiente estratégico relacionado as decisões sob cadeia logística quanto mais o decisor conhecer o ambiente e souber ponderar e estruturar as variáveis ao entorno, maior tende em ser a efetividade das suas ações. Isto, especialmente ao considerar que se trata de um ambiente com diversas partes interessadas, grande quantidade de alternativas e critérios potencialmente conflitantes. Assim, abordagens da perspectiva multicritério podem contribuir para a obtenção de decisões mais adequadas.

Sendo necessário o entendimento do problema a ser analisado no contexto, os métodos de estruturação de problemas (*Problem Structuring Methods*, PSM) possibilitam o

desenvolvimento de uma visão holística e interativa da problemática de decisão, além de permitir a incorporação de aspectos subjetivos. Ou seja, consistem em métodos que permitem ver a situação problema sob diferentes perspectivas, especialmente em meio complexo como na abordagem multicritério.

Os PSMs surgiram em razão de uma falha percebida nos tradicionais métodos de otimização da Pesquisa Operacional para solucionar problemas mal estruturados. Eles possuem como características: Analisar diversas perspectivas em conjunto; ser cognitivamente acessível aos atores envolvidos mediante uma visão de cenários, não requerendo prévios treinamentos; e atuar iterativamente de modo que o problema de decisão ajuste-se refletindo as fases de discussão entre os atores. O uso de PSMs repercute em resultados tangíveis e intangíveis. Os resultados tangíveis incluem representações gráficas, listas de opções de soluções e planos de ações, enquanto os resultados intangíveis correspondem ao maior entendimento do problema, o acordo e o compromisso com as decisões tomadas.

O trabalho visou desenvolver um estudo de caso utilizando a abordagem SCA em um problema real de gerenciamento dos insumos da cadeia logística no mercado da adquirência em pauta, no qual há a necessidade de melhorar as decisões de envio para modulações dos estoques das bases de distribuição do elo final dessa cadeia.

### 3.2.2 O *Strategic Choice Approach* (SCA) em *framework* sistêmico

O SCA é caracterizado como uma abordagem interativa e flexível, sendo composta por quatro fases complementares em um processo cíclico e progressivo. O SCA permite que atributos qualitativos e quantitativos sejam avaliados, além do gerenciamento das incertezas. Friend (2001) caracteriza as fases do SCA como:

- Fase 1 – Modelagem (do inglês *Shaping mode*): define as variáveis de entrada para melhor compreender as dimensões do problema. Assim, determina as áreas de decisão, as áreas de comparação e as incertezas, além das opções de decisão, que representam as alternativas de cada área de decisão;
- Fase 2 – Design (do inglês *Designing mode*): determina o foco do problema através do exame dos cursos de ação do problema, considerando restrições de dimensões financeira, técnica e política.
- Fase 3 – Comparação (do inglês *Comparing mode*): compara as possíveis ações de decisão para o problema diante do conjunto de critérios.
- Fase 4 – Escolha (do inglês *Choosing mode*): agrega as preferências para determinar o

planejamento estratégico, também conhecido como pacote de progresso. Assim, o entendimento não se restringe às ações que podem ser realizadas imediatamente, mas também considera as incertezas e as ações futuras.

Para a configuração do framework sistêmico, foi proposta a integração da metodologia do SCA com o Brainstorming. Isto, pois o uso das técnicas de Brainstorming na interação entre os atores possibilita um meio mais criativo, potencializando aspectos como qualidade e a inovação. O SCA permite a identificação das incertezas diante de três perspectivas, sendo elas (FRIEND, 1990; FRIEND & HICKLING, 2005):

- Incertezas sobre o ambiente de trabalho (do inglês *Uncertainties under working environment*, UE): requerem intervenções com fins de análise, como exemplo tem-se o uso de pesquisas, previsões e modelagem;
- Incertezas sobre os valores orientados (do inglês *Uncertainties about our guiding values*, UV): requerem ações de cunho político, como a definição de objetivos e consulta com as partes interessadas;
- Incertezas sobre as escolhas relacionadas (do inglês *Uncertainties about choices on related*, UR): requerem algum tipo de negociação ou colaboração, visto que suas variáveis excedem os limites da decisão atual.

Estudos como o de Lami & Tavella (2019) comprovam um rico e eficaz aprimoramento nas discussões sobre a tomada de decisão diante do uso do SCA, destacando a compreensibilidade da metodologia. O estudo foi suportado pelo uso do *software* criado pelo próprio Friend (1991) denominado de Strad (STRategic ADviser) versão 2.3.

### 3.2.3 Aplicação do método

O estudo foi realizado sobre o problema de gerenciamento dos insumos da cadeia logística utilizando o método SCA. A problemática definida acontece na parte logística do mercado da adquirência, o qual possui um alto fluxo de materiais, como terminais, caixas, lacres e kits, entre os vários elos da sua cadeia logística conforme descrito no início capítulo 3.

Dada a alta frequência de giro da cadeia logística, é importante o planejamento assertivo dos estoques das sub-bases, que contam com espaços limitados por atenderem apenas regiões nas quais estão inseridas. O problema em questão a ser aprofundado no estudo tratou do abastecimento de insumos nessas sub-bases, que são realizados de acordo com as solicitações dos responsáveis por elas. Esse fluxo de solicitações sob demanda apresenta fragilidade elevada, uma vez que depende exclusivamente de contagem e percepção humana, que por

muitas vezes acaba por falhar, ocasionando faltas ou ocupação elevada nos estoques. Nesse cenário, se fez necessário um aprofundamento nos problemas e falhas operacionais que envolvem esse tipo de operação, mas também nas possíveis soluções para o problema.

Na fase inicial de modelagem, que consiste em um momento de intensa geração de ideias, foi utilizada a técnica de Brainstorming. Inicialmente foram definidas as áreas de decisão que correspondem a potenciais pontos de oportunidades para solucionar o problema. Posteriormente, definiu-se as áreas de comparação, que funcionam como atributos que permitiram confrontar as alternativas de cada área de decisão; e as incertezas (FRIEND & HICKLING, 2005). A Tabela 2 apresenta estes inputs. Diante do conhecimento das áreas de decisão foi identificado suas respectivas ações, denominadas na abordagem da escolha estratégica como opções de decisão. Ou seja, é necessário identificar para cada área de decisão as suas alternativas de solução.

Tabela 2 - Fase modelar e seus *inputs*.

Áreas de decisão	Áreas de comparação	Incertezas
Comunicação	Qualidade	Demanda instalação
Colaboradores	Custo	Demanda troca
Softwares	Tempo	Demanda desinstalação
Logística reversa	Eficiência	Nível de estoque

Fonte: Melo, Pereira e Moraes (2020)

As áreas de comparação precisam ser entendidas quanto as respectivas zonas de abrangência. Dessa forma, descreveu-se seus devidos objetivos:

- Qualidade: mensurar o quanto cada ação poderá elevar o nível do serviço prestado;
- Custo: ponderar os custos de implantação;
- Tempo: avaliar o período requerido para a implantação e efetiva utilização das ações;
- Eficiência: estimar em que nível cada ação propiciará maior produtividade, minimizando erros/dispêndios.

Dessa forma, ao fim da fase modelar, tem-se conhecidos todos os inputs que serão considerados na proposição de uma solução a problemática.

Na fase seguinte de *design* buscou-se determinar o foco de decisão para a problemática. Foi construído um grafo de decisão a partir do estabelecimento de interconexões entre as áreas de decisão, que representa a compatibilidade entre as áreas de decisão. Ao definir o foco da decisão, o decisor também pondera cada área de decisão em termos de importância e urgência. As áreas de decisão com maiores níveis de urgência foram evidenciadas e percebeu-

se que a área de decisão da “COMUNICAÇÃO” foi a única que se correlacionou com todas as demais áreas elencadas.

Na fase de comparação, o decisor deve comparar as opções de decisões, também se analisam a existência de possíveis pontos de incompatibilidades, ou seja, a ausência de um elo de relacionamento entre o par de opções de decisão sob comparação. Para tanto, uma matriz de compatibilidade foi construída. Na abordagem SCA essa atividade consiste em avaliar as interações válidas mediante as áreas de comparação (qualidade, custo, tempo e eficiência), com uso de matrizes de balanço. Essas matrizes são responsáveis pela promoção do equilíbrio para as comparações estabelecidas.

Finalizadas estas três fases o decisor prepara-se para conhecer o plano estratégico conferido pela metodologia em acordo com as recomendações da última fase de escolha. Nesta fase objetiva-se apresentar ao decisor o conjunto de ações recomendadas de acordo com a elicitação das suas preferências. Corresponde ao pacote de compromisso, também conhecido como pacote de progresso, que foi obtido diretamente pelo *software* Strad diante das análises das preferências do decisor estabelecidas durante o processo. De acordo com os resultados do software foi elencado um conjunto de ações de áreas de decisão. Dessa forma, percebeu-se que esses dados podem servir como *input* para a elaboração de um planejamento de ações prioritárias com relação a comunicação entre os elos da cadeia de distribuição e quanto ao nivelamento de estoque, isto tendo em vista o gerenciamento estratégico da cadeia logística para a geração de valor por meio do uso eficiente dos espaços.

#### 3.2.4 Resultado da aplicação do método de estruturação do problema

Como resultados do trabalho para estruturação do problema obteve-se como primeira ação proposta “Desenvolver um sistema de níveis de estoque por base”, que compreende um robusto estudo das demandas de cada base a fim de mapear a média de pedidos por semana. Para cada base também deve ser estabelecido o ponto de pedido, considerando o nível de estoque remanescente, a demanda, o tempo de pedido e entrega e a ponderação das incertezas. Outra ação que foi proposta a implantação consiste em “Criar uma programação de comunicação por setorização das bases”, pois a comunicação foi identificada como gargalo nos processos de distribuição da cadeia logística sob estudo. Esta ação consiste em implementar um sistema de comunicação eficaz e contínuo com as bases de distribuição.

Com o trabalho desenvolvido foi possível obter maior conhecimento estratégico sobre a cadeia logística de aquisição, e um direcionamento para quais as ações prioritárias que devem ser executadas prioritariamente. Com a aplicação das ações espera-se elevar o nível

de eficiência operacional alinhado a maior satisfação dos clientes. Os resultados também foram importantes para exaltar a importância da estruturação dos conhecimentos envolvidos nos processos.

### **3.3 Síntese do Capítulo**

O capítulo expõe como funciona toda a cadeia de suprimento da empresa no ramo de aquisição em estudo. Detalhando os processos logísticos e dando ênfase aos fluxos de avanço e reversa dos insumos nessa cadeia.

São detalhados os dois principais problemas nos fluxos logísticos dos insumos na cadeia de suprimentos. Sendo eles relacionados às programações de avanços dos insumos para as bases avançadas e às tomadas de decisões em relação aos avanços dos insumos em momentos de crises nos estoques dos CDs.

Também é pontuado o trabalho desenvolvido sobre método de estruturação de problemas para entender melhor o problema do gerenciamento desses insumos na cadeia. Esse trabalho direciona principalmente ações pertinentes para resolução dos problemas relacionados às programações de avanços dos insumos para as bases avançadas, mas ajuda também a aprofundar o conhecimento sobre a cenário, estruturando melhor o problema.

## **4 MODELO PROPOSTO PARA PRIORIZAÇÃO DAS BASES**

Diante da problemática descrita no capítulo 3 a proposta desse trabalho é desenvolver um modelo com base no método multicritério para apoiar os processos decisórios da empresa do ramo de adquirência nos momentos de crises nos estoques dos CDs, melhorando as escolhas das bases que receberão os insumos e agilizando esses procedimentos.

Nesse capítulo é descrito toda a preparação dos dados e processos para a construção do modelo, bem como sua usabilidade após resultados do trabalho. Também será descrito como funcionará esse processo, uma vez que tenha sido implementado o modelo.

### **4.1 Delimitação do problema**

Uma das atividades desenvolvida pela área de planejamento da empresa de adquirência em estudo é programar os avanços dos insumos da operação para as bases avançadas. Atualmente esses avanços são solicitados semanalmente (duas ou mais vezes, a depender da demanda) de acordo com a quantidade o que é reportada em estoque por cada uma das bases de forma sistêmica, ou por solicitação direta dos responsáveis pelas bases. Entretanto, frequentemente ocorrem problemas no abastecimento dos estoques desses insumos dos CDs, que acaba gerando limitações no estoque de insumos, não sendo possível abastecer todas as bases, como ocorre nas condições normais da operação.

Nesse cenário de limitação dos estoques dos CDs, dada a limitação dos avanços dos insumos para as bases, é necessário escolher quais bases avançadas serão abastecidas de forma prioritária. Essas decisões atualmente são tomadas embasadas nos dados enviados dos estoques das bases, mas também de acordo com a criticidade das regiões que são percebidas pelos gestores das regiões das bases. Uma vez definida a lista de prioridades de avanços dos insumos, são iniciadas rodadas de validações com os gestores regionais.

O problema a ser solucionado está inserido nesse cenário, onde é necessário priorizar algumas bases frente a outras, de forma mais eficaz, embasado em dados. Fazendo necessário testar um modelo de decisão multicritério para listar a ordem de abastecimento das bases, sem a necessidade de séries de reuniões de validações com os gestores regionais. Garantindo assim mais confiabilidade e agilidade ao processo decisório.

### **4.2 Obtenção dos dados**

Para a construção do modelo de decisão multicritério foram obtidos dados médios de três meses da operação da empresa de adquirência em estudo.

Foram consideradas 103 bases da operação logística da empresa e os critérios que foram julgados pertinentes para elaboração do modelo.

### **4.3 Etapas da modelagem**

Nesse tópico serão abordadas as etapas que compõem o processo de desenvolvimento do modelo multicritério para o problema decisório da empresa em estudo, delimitado no item 4.1.

A modelagem desenvolvida seguiu o procedimento proposto por Almeida (2013) composto por 12 etapas, conforme evidenciado na Figura 4 do capítulo 2. Na sequência serão dispostas cada etapa do processo.

#### **4.3.1 Caracterização do decisor e outros atores**

A tomada de decisão para escolha da ordem de abastecimento das bases avançadas é responsabilidade do analista da área de planejamento da empresa estudada. Ele que calcula o DRP de envio dos insumos para as bases conforme descrito no capítulo 3. Dessa forma ele é caracterizado como decisor desse processo.

Em relação aos outros atores, podemos citar os responsáveis pela gestão das bases avançadas. Eles acompanham as operações de cada base de forma regionalizada, bem como os estoques delas. Dessa forma, esses gestores regionais das bases sempre dão suporte a área de planejamento sobre onde temos maior criticidade de estoques baixos ou problema pontuais de entrega às bases avançadas.

Para esse processo de decisão o decisor (analista de planejamento) tomará a decisão com base no resultado do modelo proposto no trabalho. Por outro lado, terá de forma adicional para a tomada de decisão as informações das criticidades regionais de cada base avançada dos gestores regionais.

#### **4.3.2 Objetivos**

O objetivo do decisor é escolher as bases mais críticas, seja em demanda ou quantidade de reversa de terminais para enviar para os CDs, para receber de forma prioritária os insumos, em um cenário de escassez desses itens no CDs. Não apenas escolher, mas também dar celeridade e autonomia no processo de escolhas das bases. Melhorando o processo decisório é aspirado, de forma específica:

- Tornar processo decisório mais eficaz, sendo embasado em dados;
- Melhor retorno financeiro;

- Agregar qualidade para empresa;
- Reduzir tempo de decisão.

#### 4.3.3 Definição dos critérios

Os critérios estabelecidos para composição do modelo fazem parte dos indicadores acompanhados na operação logística em estudo e foram escolhidos com foco nos objetivos que se estabeleceu na etapa anterior.

Para uma escolha coerentes dos critérios foram atendidas as propriedades de não redundância entre eles, exaustividade, para garantir que todos os critérios operacionais relevantes para o modelo fossem contemplados, e consistência, que garante uma relação coerente entre as preferencias do decisor e a avaliação global (ALMEIDA, 2013).

São os critérios escolhidos, com as respectivas descrições:

- **Quantidade de terminais para logística reversa (Quantidade):** Esse critério está relacionado com o objetivo de tornar o processo mais eficaz e com o aumento do retorno financeiro. Quanto maior a quantidade de terminais retirados dos clientes para serem reversados das bases avançadas para os CDs, maior deve ser a priorização do avanço de insumos para essa base. Terminais parados nas bases significa maior depreciação dos ativos e menor quantidade de terminais disponíveis no CD para avanço para as bases avançadas.
- **Prazo para entrega (Dias):** Similar ao primeiro critério, esse critério confere maior eficiência à operação, bem como torna a operação mais rentável. Quanto menor o prazo de entrega dos insumos à bases, maior deverá ser a priorização dos avanços de insumos para essas bases. Prazos mais curtos garantem maior fluxo dos terminais na cadeia de suplementos e conseqüentemente maior disponibilidade de estoque de terminais nos CDs.
- **Custo de transporte (Custo em reais R\$):** Esse critério se relaciona diretamente com o retorno financeiro. Bases com menores custos para avanços dos insumos devem ser priorizadas frente as demais.
- **Quantidade de ordens de serviços (Quantidade):** O volume de ordens de serviços que a base atende em média reflete no tamanho da operação logística da região. Quanto maior o volume mais tempo é necessário para conduzir todos os processos operacionais da base. Nessa linha, tomar decisões mais rápidas auxilia em abastecimentos de insumos mais rapidamente, aumentando a eficiência da

operação. Dessa forma, bases maiores com altos volumes de ordens de serviços para serem atendidas devem ser priorizadas.

- **Quantidade de dias com coleta da reversa (Quantidade de dias com coleta na semana):** Terminais retirados dos clientes precisam ser reversados para os CDs no menor tempo viável para operação. O volume de terminais retirados e a região que a base está localizada, vão balizar a quantidade de vezes que as coletas dessas reversas de terminais da base para o CD vão acontecer. No cenário de desabastecimento de insumos, tema desse trabalho, bases que possuem maior quantidade de dias com coleta de reversa nas bases devem ter prioridade no envio dos insumos. Esse critério se relaciona com a evolução da eficácia da operação, bem como com o melhor retorno financeiro, pois prioriza a circulação dos terminais na cadeia.
- **Nível de relacionamento com equipe comercial (Índice de atributo constituído):** Para determinar os valores desse critério, foi utilizada a Tabela 3 de referência. Esse relacionamento com a equipe comercial da região que a base atua, está relacionada à qualidade dos serviços, servindo como “termômetro” da região. Além disso, quanto mais crítica a região, menor deve ser o tempo de retorno com as devidas ações, estando diretamente ligado ao objetivo de redução do tempo de decisão.

Tabela 3 - Tabela referência das definições do relacionamento com equipe comercial.

NÍVEL	DESCRIÇÃO
1	Nunca acionado pela equipe comercial da região
2	Raramente acionado pela equipe comercial da região (até 4 vezes no mês)
3	Frequentemente acionado pela equipe comercial da região (2 a 3 dias na semana)
4	Sempre acionado pela equipe comercial da região (4 a 6 dias da semana)

Fonte: Autoria própria

- **Extravio das cargas (% cargas extraviadas pelo total de envios para base avançada no mês):** Critérios que traz a quantidade percentual de cargas enviadas para a base que acabou sendo extraviada. Está relacionada ao aumento de eficácia da operação, mas principalmente as perdas financeiras e qualidade, dado os prejuízos e os atrasos que são ocasionados. Bases com menores índices de extravios das cargas devem ser priorizadas.

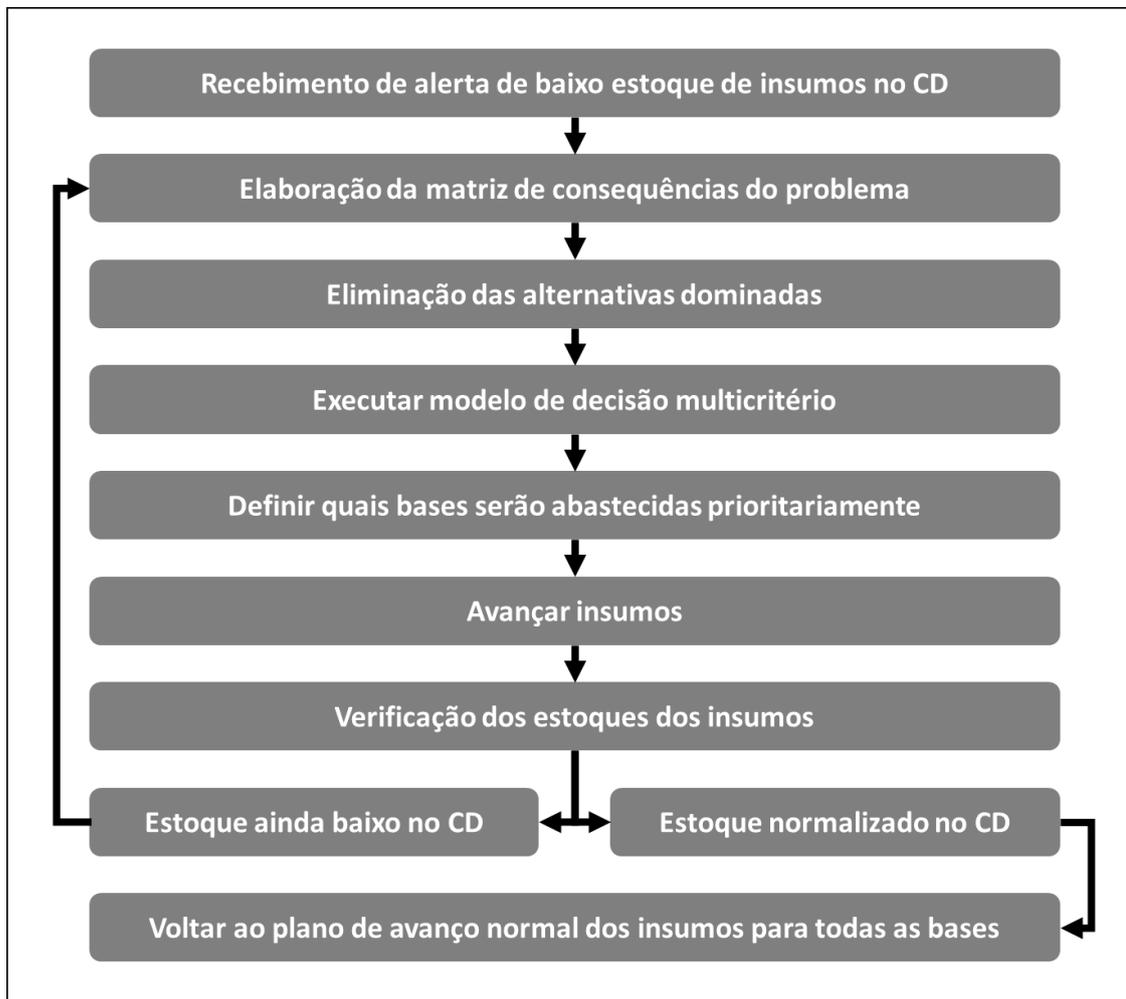
- **Reaproveitamento das caixas (% de caixas reutilizadas pelo total de caixas recebidas no mês na base avançada):** Esse critério tem relação com aumento da eficácia e, principalmente, com o retorno financeiro da operação. Como as caixas são insumos reutilizáveis na operação, o percentual de reutilização delas nas bases é uma métrica de eficiência. Quanto mais se reutiliza as caixas, menos insumos são gastos, gerando economia na compra de novas caixas e reduzindo a quantidade de insumos enviados para as bases. Quanto maior o percentual de reaproveitamento das caixas, maior deve ser a prioridade do envio dos insumos para a base.

#### 4.3.4 Espaço de ações e problemática

Na empresa em estudo há 103 bases avançadas que precisam ser abastecidas com os insumos para que o fluxo de terminais na cadeia continue acontecendo na reversa. No problema delimitado para essa modelagem, é necessário escolher entre as bases quais serão priorizadas nos avanços dos insumos, sendo definidas como as alternativas do modelo de decisão multicritério.

Para os cenários em que os estoques de insumos estão escassos nos CDs é proposto seguir algumas etapas como preparação e execução do modelo de decisão multicritério que será proposto nos próximos tópicos. A Figura 7 ilustra as etapas que serão descritas na sequência.

Figura 7 - Fluxo do processo proposto.



Fonte: Autoria própria

- **Recebimento de alerta de baixo estoque de insumos no CD:** O processo é iniciado com o surgimento do problema estoque de insumos do CD. Quando esse estoque entra em cobertura crítica e não será mais possível atender todas as requisições de avanços da semana para todas as bases avançadas da operação, a área responsável pela gestão dos CDs dispara o alerta para a área de Planejamento, que deve iniciar o processo de decisão de quais bases devem receber de forma prioritária os insumos.
- **Elaboração da matriz de consequências do problema:** Nessa etapa são levantados os dados de todas as bases avançadas referentes aos critérios elencados no tópico 4.3.3, associando cada alternativa (bases) aos seus desempenhos por critério, conforme disposto da Tabela 4. Os dados dos desempenhos das alternativas devem ser coletados da semana anterior para que seja tomada decisão mais precisa em conformidade com a situação atual da operação.

Tabela 4 - Matriz de consequências.

ALTERNATIVAS	Quantidade de terminais para logística reversa (QTD)	Prazo para entrega (DIAS)	Custo de transporte (R\$)	Quantidade de ordens de serviços (QTD)	Quantidade de dias com coleta da reversa (DIAS)	Nível de relacionamento com equipe comercial (NÍVEL)	% de extravio das cargas (%)	% de reaproveitamento das caixas (%)
<b>BASE 1</b>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>	X <sub>14</sub>	X <sub>15</sub>	X <sub>16</sub>	X <sub>17</sub>	X <sub>18</sub>
<b>BASE 2</b>	X <sub>21</sub>	X <sub>22</sub>	X <sub>23</sub>	X <sub>24</sub>	X <sub>25</sub>	X <sub>26</sub>	X <sub>27</sub>	X <sub>28</sub>
<b>BASE 3</b>	X <sub>31</sub>	X <sub>32</sub>	X <sub>33</sub>	X <sub>34</sub>	X <sub>35</sub>	X <sub>36</sub>	X <sub>37</sub>	X <sub>38</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
<b>BASE 103</b>	X <sub>1031</sub>	X <sub>1032</sub>	X <sub>1033</sub>	X <sub>1034</sub>	X <sub>1035</sub>	X <sub>1036</sub>	X <sub>1037</sub>	X <sub>1038</sub>

Fonte: Autoria própria

- Eliminação das alternativas dominadas:** Com a finalidade de tornar a tomada de decisão mais simples, dado o alto volume de alternativas (bases avançadas), é proposta a adição da etapa de análise das alternativas de forma prévia, focando em fazer comparações entre elas. Nesse tratamento prévio dos dados, ao se comparar entre os desempenhos que cada alternativa alcança nos critérios levantados para o modelo, é possível identificar quais são as alternativas dominadas. Elas são denominadas dessa forma, pois há uma outra alternativa que a supera nos desempenhos de todos os critérios do modelo. Para realizar esse tratamento dos dados foi utilizado o software Excel, no qual foi montada uma matriz comparativa entre as alternativas conforme Tabela 4.3. Na matriz cada desempenho por critério é comparado com os desempenhos de todas as demais alternativas, caso a alternativa supere em todos os critérios a outra, é atribuído valor “1” a célula correspondente e a alternativa dominada é excluída dos dados. No exemplo da Tabela 5 temos que a Base 5 supera todos os desempenhos da Base 3, que pode ser retirada da tomada de decisão. Ao se retirar

alternativas do modelo de decisão, ele diminui a complexidade, o que acaba ajudando também nos processamentos dos dados do modelo por softwares, como é o caso do trabalho em questão. Ao se tentar processar no *software* o modelo com a tabela de dados completa, incluindo as alternativas dominadas, levou-se um tempo superior a dez vezes o tempo gasto para rodar a tabela sem as alternativas dominadas, além das inúmeras falhas do *software* que foram apresentadas durante a execução, dado o alto processamento de dados. Os resultados obtidos utilizando as duas bases de dados, com e sem as alternativas dominadas, apresentaram correlação superior a 90%, corroborando o uso da base reduzida, que traz mais agilidade ao processo.

Tabela 5 - Matriz de comparação entre alternativas.

					Base 1	Base 2	Base 3	Base 4	Base 5	...	Base 103
Critério 1					X11	X21	X31	X41	X51	...	X1031
Critério 2					X12	X22	X32	X42	X52	...	X1032
...					...	...	...	...	...	...	...
Critério 8					X18	X28	X38	X48	X58	...	X1038
	Critério 1	Critério 2	...	Critério 8	X						
Base 1	X11	X12	...	X18	1	0	0	0	0	0	0
Base 2	X21	X22	...	X28	0	1	0	0	0	0	0
Base 3	X31	X32	...	X38	0	0	1	0	0	0	0
Base 4	X41	X42	...	X48	0	0	0	1	0	0	0
Base 5	X51	X52	...	X58	0	0	1	0	1	0	0
...	...	...	...	...	0	0	0	0	0	...	⋮
Base 103	X1031	X1032	...	X1038	0	0	0	0	0	...	1

Fonte: Autoria própria

- Executar modelo de decisão multicritério:** As alternativas que sobraram da etapa anterior são colocadas na planilha padrão para conseguir rodar o modelo de decisão multicritério, disponibilizado na rede pelo programa. Nos próximos tópicos será detalhado o modelo, como foi a escolha do método e quais as diretrizes, forma de cálculo e característica dele. Tendo definido o modelo, preparado os dados para seguir com o input no *software*, é executado o software com o modelo. Como resultado tem-

se a ordem de prioridade de abastecimento das bases avançadas. Adicionalmente devem ser avaliados os testes de sensibilidade do modelo gerado nesse batch do processo decisório definido.

- **Definir quais bases serão abastecidas prioritariamente:** Nessa etapa o decisor já possui a lista de envio dos insumos para as bases prioritárias. Entretanto, é necessário analisar a quantidade de estoque de insumos disponíveis nos CDs da operação, pois o cenário estudado nesse trabalho é o de desabastecimento desses estoques. Apenas após a avaliação das quantidades que estão disponíveis para avanço dos CDs para as bases, o decisor define quais serão as bases abastecidas, seguindo a ordem de prioridade proposta pelo modelo de decisão multicritério que foi rodado no software.
- **Avançar insumos:** Definidas as bases que serão abastecidas e as quantidades que seguirão para cada uma das prioritárias, o plano de avanço é enviado para que o CD prepare as cargas e o transporte colete nos CDs. Com os transportes carregados com as cargas definidas, eles seguem para entregas nas bases avançadas da operação.
- **Validação dos estoques dos insumos:** Com as bases prioritárias abastecidas é iniciado a etapa final do processo proposto nesse trabalho. Nessa etapa começa o processo de acompanhamento dos estoques dos insumos nos CDs. Caso os estoques dos CDs sejam abastecidos com recebimento de insumos das entregas dos fornecedores, saindo do nível crítico de estoque, o processo decisório de abastecimento das bases avançadas termina, e a operação retorna ao plano de avanço normal dos insumos para todas as bases da operação. Caso contrário, os estoques continuem baixos, seja por não recebimento de novos lotes dos fornecedores ou recebimento de lotes insuficientes para normalizar os avanços dos insumos na operação, o processo decisório é novamente iniciado para programação dos avanços da próxima semana.

A sequência de etapas descritas no processo decisório de envio dos insumos proposto nesse trabalho para o problema, é apresentada como um ciclo enquanto os estoques dos insumos continuarem críticos nos CDs, conforme exposto anteriormente.

É importante pontuar que ao retornar para o início do ciclo de tomada de decisão, novos dados da semana vigente devem ser coletados para compor o novo modelo de decisão multicritério que será gerado. Nesses novos dados, que são os novos desempenhos alcançados na semana para cada critério do modelo. Inclusive as bases que já foram abastecidas devem novamente entrar como alternativas no novo ciclo decisório que se inicia, dessa forma tem-se

que todas as bases sempre fazem parte da primeira etapa do ciclo proposto: a elaboração da matriz de consequências do problema.

#### 4.3.5 Identificar fatores não controlados

Na construção do modelo de decisão multicritério, seguindo o procedimento de 12 etapas, após a delimitação do problema e espaço de ações, tem-se a identificação de fatores não controlados. Essa etapa consiste na avaliação e identificação de fatores importantes para o modelo, mas que não estão sobre o controle do decisor (ALMEIDA, 2013).

A identificação desses fatores geralmente são acontece de forma explícita no problema de decisão. Como o problema foi delimitado em um espaço de ações de natureza determinística, onde não há presença de variáveis que se comportam como “estado da natureza”, assim as ações do decisor não está sujeita a fatores não controlados.

#### 4.3.6 Modelagem de preferência e escolha do método

No procedimento proposto por Almeida (2013), conforme evidenciado na Figura 4 do capítulo 2, após a fase preliminar composta pelas 5 primeiras etapas desenvolvidas acima, onde há a descrição e preparação do problema, vem a fase da modelagem de fato. Essa fase é composta por 3 etapas: efetuar modelagem de preferencias; efetuar avaliação intracritério e efetuar avaliação intercritério. Como essas etapas compõem a modelagem, estão correlacionadas e será usado software com o método multicritério escolhido para resolver o problema, essas etapas serão tratadas de forma unificada nesse tópico.

Nessa fase é definido o método multicritério e chega-se ao modelo consolidado. Dado tipo de racionalidade não compensatória ser mais adequada ao decisor para o problema, pois não existe compensação entre os critérios escolhidos para o modelo, foi definido o uso de um método de sobressificação. Esse tipo de método consiste na comparação par a par das alternativas disponíveis do problema, assumindo uma posição de incomparabilidade na estrutura de preferencias do decisor. Nesse método não há uma avaliação global dos pesos frente ao modelo, apenas uma definição de ordem de importância dos mesmos para o decisor. A sobreclassificação solicita uma informação intercritério que corresponde à importância relativa entre os critérios. Dessa forma, os métodos com esta abordagem beneficiam ações mais equilibradas, que têm performance média melhor (ALMEIDA, 2013).

Dentre os métodos de sobreclassificação, foi escolhido o PROMETHEE, que se trata de um método de organização de classificação de preferência para avaliação de enriquecimento, baseado em duas etapas: construir a relação de *outranking* entre as alternativas e explorar essa

relação para apoiar o processo decisório. Para estruturar o modelo de priorização incorporando o método PROMETHEE, são necessárias basicamente três informações do decisor. O decisor estabelece os pesos relativos para os critérios, o critério geral para estabelecer a intensidade de preferência entre as alternativas para cada critério e os parâmetros associados a cada critério geral. Para procedimentos multicritério, vários autores sugerem funções específicas para determinar pesos de critérios com base no processo de pesos substitutos (ALMEIDA; COSTA, 2002; MORAIS et al., 2015)

Nesse sentido, para definição dos pesos foi escolhido o método ROC, por apresentar muitas vantagens e ser largamente utilizado em modelos multicritérios. O ROC se trata de uma técnica de elicitación direta de pesos que incide em ordenar os critérios do problema de decisão do mais importante para o menos. Esse método identifica os pontos extremos no espaço de peso e determina os pesos com base no centroide deste espaço. O uso do ROC é bem difundido devido à sua qualidade e simplicidade no processo de atribuição de pesos em problemas de decisão multicritério. Além disso, este método é recomendado para lidar com informações imprecisas sobre o grau de importância dos critérios no modelo (MORAIS et al., 2015).

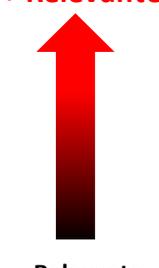
Definida a utilização do método PROMETHEE-ROC para a modelagem multicritério do problema em questão, foi utilizado o *software* “PROMETHEE WebAPP” disponível no site <http://cdsid.org.br/prometheeroc/> do Instituto Nacional de Sistemas de Informação e Decisão (INSID). De forma mais específica, essa aplicação utiliza o PROMETHEE II para problemática de ordenação com elicitación via ROC. Portanto, em concordância com a problemática que se tem a necessidade de ordenar as bases avançadas da operação para definir uma ordem de envio dos insumos para as mesmas.

Para testar o fluxo proposto na Figura 7 em conjunto com o modelo de decisão multicritério utilizando o método PROMETHEE-ROC disponível no *software*, foram obtidos dados das bases avançadas de uma semana para ser utilizados no modelo. Os dados dos desempenhos de cada uma das 103 alternativas (bases) para todos os 8 critérios definidos para o modelo foram disponibilizados em planilha do Excel e seguiu para a etapa de eliminação das alternativas dominadas. Para tal foi utilizada a planilha conforme evidenciado na Tabela 5. Do total de 103 bases avançadas, apenas 24 não eram alternativas dominadas, ou seja, não possuíam alternativas que as superassem nos desempenhos de todos os critérios. Essa redução de alternativas é imprescindível para simplificar o modelo e reduzir o tempo de processamento dos dados no *software*.

Com as 24 alternativas resultantes do passo anterior, foi preenchida a tabela modelo para input dos dados no software que foi utilizado. Todos os desempenhos, critérios e alternativas compõem o preenchimento dessa tabela, bem como a direção de preferência de cada critério deve ser colocada, se é um critério de maximização (quanto maior melhor) ou minimização (quanto menor melhor). Dessa forma, não se faz necessário tratamentos dos dados da matriz de consequências do modelo, o próprio software já realiza toda a parte de tratamentos da etapa de avaliação intracritério. Quanto a etapa de avaliação intracritério também roda de forma automatizada no *software*, uma vez que os pesos são gerados pelo método ROC. O decisor apenas precisa colocar os critérios em ordem de relevância para a tomada de decisão.

A tabela de parâmetros preenchida foi carregada no software do site descrito acima, e a ordem de relevância dos critérios para o decisor foi definida diretamente no *software*. A relevância dos critérios segue a ordem ilustrada na Figura 8.

Figura 8 - Ordem de relevância dos critérios para o decisor.

CRITÉRIO	ORDEM DE RELEVÂNCIA
Quantidade de terminais para reverter (QTD)	 <p>+ Relevante</p> <p>- Relevante</p>
Prazo para entrega (DIAS)	
Custo de transporte (R\$)	
Quantidade de ordens de serviços (QTD)	
Quantidade de dias com coleta da reversa (DIAS)	
Nível de relacionamento com equipe comercial (NÍVEL)	
% de extravio das (%)	
% de reaproveitamento das caixas (%)	

Fonte: Autoria própria

Com a ordem de importância dos critérios definida o software roda o método ROC e devolve para o decisor os pesos para os critérios no modelo de decisão multicritério. Os pesos encontrados para o problema são mostrados na Tabela 6, na qual C1 é o critério mais relevante e C8 o menos relevante para o modelo. Observa-se que o ROC distribui os valores dos pesos entre os critérios de acordo com sua relevância para o decisor.

Tabela 6 - Pesos dos critérios obtidos com o método ROC.

Criterion´s Code	Criterion´s Name	ROC weight
C1	Quantidade de terminais para logística reversa (QTD)	0.3397
C2	Prazo para entrega (DIAS)	0.2147
C3	Custo de transporte (R\$)	0.1522
C4	Quantidade de ordens de serviços (QTD)	0.1106
C5	Quantidade de dias com coleta da reversa (DIAS)	0.0793
C6	Nível de relacionamento com equipe comercial (NÍVEL)	0.0543
C7	% de extravio das (%)	0.0335
C8	% de reaproveitamento das caixas (%)	0.0156

Fonte: Autoria própria

O próximo passo é iniciar o processo de avaliação que analisará as alternativas de decisão. Esse passo leva à construção de uma matriz de consequências conforme ilustrado na Figura 9, que avalia as alternativas por critério.

Para o contexto analisado, foi considerada a função de preferência usual para todos os critérios. O uso dessa função indica que qualquer diferença entre desempenhos alternativos representa uma preferência estrita. Logo, os parâmetros de preferência e indiferença indicam valor nulo nos conceitos do método PROMETHEE. Ao finalizar de rodar o modelo, o software indica qual deve ser a ordem de prioridade entre as alternativas.

Figura 9 - Matriz de consequência no software.

The screenshot shows the PROMETHEE software interface. The browser address bar indicates the URL is [cidsid.org.br/prometheeroc/](http://cidsid.org.br/prometheeroc/). The page title is "PROMETHEE" and the user is logged in as "DACIO VIEIRA PONTES DE MELO". The problem name is "MODELO1".

The main section is titled "About the consequences matrix" and displays a table with the following data:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	589	1	340	4019	3	3	0	0.83
A2	563	4	390	4020	2	4	0	0.79
A3	553	1	340	4119	3	3	0	0.68
A4	550	1	255	3164	3	4	0	0.69
A5	467	1	140	3971	2	3	0.1	0.71
A6	431	1	235	4019	3	3	0	0.86
A7	417	4	390	3057	2	4	0	0.83
A8	413	1	235	1769	2	4	0	0.67
A9	370	3	700	3988	2	3	0.06	0.65
A10	357	1	140	4019	3	3	0	0.51
A11	356	1	340	2872	3	4	0	0.72
A12	322	1	235	2483	2	4	0	0.71

A "Submit matrix" button is located to the right of the table.

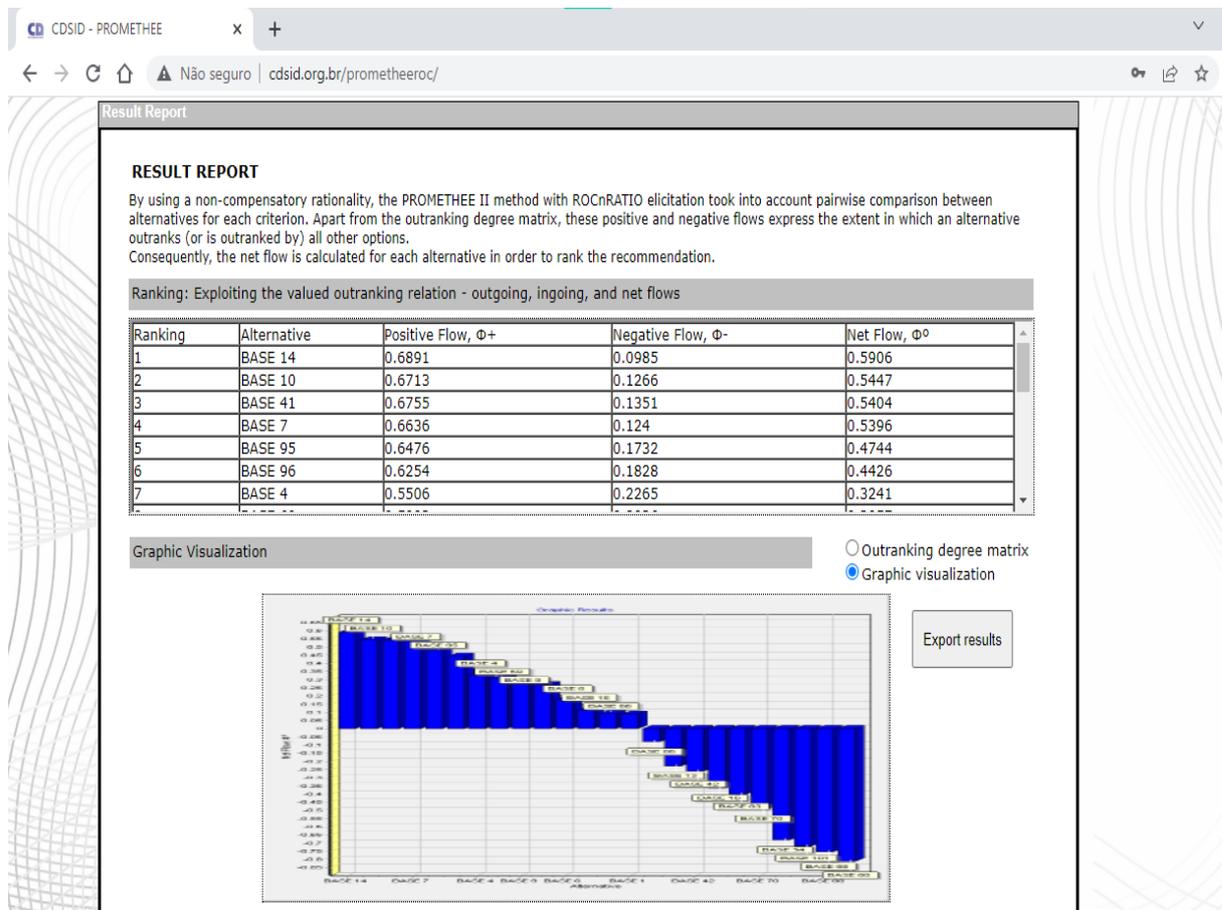
Fonte: Autoria própria

#### 4.3.7 Avaliar alternativas

Nessa etapa é iniciada a fase de finalização do modelo de decisão multicritério conforme procedimento de 12 etapas seguido. Os resultados foram obtidos após rodar o modelo de decisão e cabe a análise da ordem de preferência entre as alternativas que foi obtida.

Na Figura 10 é mostrado o resultado do *software* para a resolução do problema de decisão multicritério com base no método PROMETHEE-ROC. É observada a ordenação de prioridade entre as alternativas e os índices de relevância entre elas na matriz e também na forma gráfica disponível. A lista completa do resultado da ordem de prioridade é mostrada na Tabela 7.

Figura 10 - Resultados do problema de decisão utilizando.



Fonte: Autoria própria

Tabela 7 - Resultado do problema de decisão: ordem de prioridade entre as bases.

Ranking	Alternative	Positive Flow, $\Phi^+$	Negative Flow, $\Phi^-$	Net Flow, $\Phi^o$
1	BASE 14	0,6891	0,0985	0,5906
2	BASE 10	0,6713	0,1266	0,5447
3	BASE 41	0,6755	0,1351	0,5404
4	BASE 7	0,6636	0,124	0,5396
5	BASE 95	0,6476	0,1732	0,4744
6	BASE 96	0,6254	0,1828	0,4426
7	BASE 4	0,5506	0,2265	0,3241
8	BASE 69	0,5993	0,2936	0,3057
9	BASE 9	0,5315	0,2587	0,2728
10	BASE 3	0,5224	0,254	0,2684
11	BASE 6	0,4783	0,2987	0,1796
12	BASE 15	0,4455	0,3316	0,1139
13	BASE 66	0,4925	0,3998	0,0927
14	BASE 1	0,433	0,344	0,089
15	BASE 86	0,4336	0,5121	-0,0785
16	BASE 13	0,2791	0,5049	-0,2258
17	BASE 42	0,3414	0,6013	-0,2599
18	BASE 16	0,2367	0,6005	-0,3639
19	BASE 83	0,2683	0,6693	-0,401
20	BASE 70	0,2303	0,7206	-0,4903
21	BASE 54	0,14	0,8193	-0,6793
22	BASE 101	0,1274	0,8437	-0,7163
23	BASE 88	0,0945	0,8468	-0,7523
24	BASE 60	0,0798	0,8912	-0,8114

Fonte: Autoria própria

#### 4.3.8 Efetuar análise de sensibilidade

Nessa etapa foi realizada uma análise de sensibilidade Monte-Carlo para verificar a sensibilidade dos resultados quando há alterações nos pesos dos critérios. Outros cenários podem ser elaborados para avaliar outros resultados em uma faixa de variação percentual dos valores dos pesos ou matriz de avaliação, considerando a distribuição de probabilidade para definir outros limites para os parâmetros no problema de decisão e avaliar as possíveis mudanças que podem ocorrer nos resultados finais (MORAIS et al., 2015).

No software utilizado, a análise de sensibilidade é disponibilizada após o resultado da ordenação de prioridade das alternativas. Nele também é possível utilizar diferentes configurações de variação de parâmetros para a análise de sensibilidade. Conforme mostrado na Figura 11, o decisor pode optar por variar todos os critérios ao mesmo tempo ou um único

critério por turno. Isso acontece da mesma forma ao analisar as mudanças na matriz de avaliação. Além disso a variação deve ser escolhida pelo decisor para acontecer com distribuição uniforme ou triangular.

Para o cenário do problema, foi utilizada uma variação de vinte por cento nos valores dos pesos. Sendo utilizada tanto a distribuição uniforme quanto a triangular de forma a obter novos valores para os pesos. A Tabela 8 traz os resultados das ordenações das alternativas para essas análises de sensibilidade.

Figura 11 - Análises de sensibilidade disponíveis no *software*.

**Weights**

Do you want to insert the weights in the sensitivity analysis?  Yes  No

Select parameters:

-  
All criteria

Choose the type of distribution:

 Uniform  Triangular

Parameter Range (%):





▼ Customize variation

---

**Consequences Matrix**

Do you want to insert the evaluation matrix in the sensitivity analysis?  Yes  No

Select parameters:

-  
All criteria  
Cr 1: C1  
Cr 2: C2  
Cr 3: C3  
Cr 4: C4  
Cr 5: C5

Choose the type of distribution:

 Uniform  Triangular

Parameter Range (%):





▼ Customize variation

Fonte: Autoria própria

Tabela 8 - Resultado das análises de sensibilidade do modelo.

Distribuição uniforme				Distribuição triangular			
Rank Position	Alternative	% original	% change	Rank Position	Alternative	% original	% change
1	BASE 14	100	0	1	BASE 14	100	0
2	BASE 10	51	49	2	BASE 7	55	45
3	BASE 41	40	60	3	BASE 41	41	59
4	BASE 7	41	59	4	BASE 10	43	57
5	BASE 95	97	3	5	BASE 95	100	0
6	BASE 96	97	3	6	BASE 96	100	0
7	BASE 69	70	30	7	BASE 4	73	27
8	BASE 4	44	56	8	BASE 69	61	39
9	BASE 9	64	36	9	BASE 9	69	31
10	BASE 3	54	46	10	BASE 3	67	33
11	BASE 6	100	0	11	BASE 6	100	0
12	BASE 66	67	33	12	BASE 15	78	22
13	BASE 15	27	73	13	BASE 1	37	63
14	BASE 1	50	50	14	BASE 66	55	45
15	BASE 86	100	0	15	BASE 86	100	0
16	BASE 13	87	13	16	BASE 13	98	2
17	BASE 42	87	13	17	BASE 42	98	2
18	BASE 83	88	12	18	BASE 16	94	6
19	BASE 16	88	12	19	BASE 83	94	6
20	BASE 70	100	0	20	BASE 70	100	0
21	BASE 54	100	0	21	BASE 54	100	0
22	BASE 101	99	1	22	BASE 101	100	0
23	BASE 88	99	1	23	BASE 88	100	0
24	BASE 60	100	0	24	BASE 60	100	0

Fonte: Autoria própria

Os resultados da Tabela 8 da análise de sensibilidade são calculados com base no percentual de alteração em relação ao resultado original verificado para o problema. Dessa forma, para cada novo resultado obtido de um número de simulações, o novo *ranking* de alternativas é verificado e comparado com o *ranking* original obtido.

Na Tabela 8 é verificada a análise relacionada as posições do resultado original, se considerar a Base 14 é possível notar que nos dois tipos de simulações ela continua sendo a primeira do *ranking* de prioridade de envio dos insumos, com nenhuma variação de mudança durante as simulações, assim como acontece com a Base 60, que permanece como a última no *ranking*. Já considerando a Base 10 pode-se concluir que, em 51% dos casos simulados na distribuição uniforme ela permaneceu na segunda posição e, nos outros 49%, essa alternativa foi deslocada. Se considerar as simulações na distribuição triangular a Base 10 desce para a

posição 4 do *ranking*, pois permaneceu na segunda posição em apenas 43% das simulações e, nos outros 57%, essa alternativa foi deslocada. Essas análises auxiliam a indicar detalhes e possíveis diferenças no fluxo total dos resultados do método e ajuda a avaliar a sensibilidade das alternativas às mudanças nos pesos dos critérios.

Por fim, um teste estatístico de correlação é conduzido no *software* para analisar a precisão dos resultados da análise de sensibilidade. O teste considera um nível de significância para aceitar ou rejeitar a hipótese de que há associação entre dois resultados em cada caso do processo de simulação. Para a simulação desse teste o decisor pode escolher o nível de significância, para o trabalho foi escolhido um nível de significância de 0,05% para alfa considerando o coeficiente de Kendall para testar a correlação. Os resultados rejeitam a hipótese de que não há correlação entre os resultados e a simulação é considerada coerente e consistente com um nível de significância de 0,05%. Dessa forma é possível mostrar os resultados positivos da simulação e validar o modelo elaborado.

Com os resultados dos testes de sensibilidade do modelo o decisor pode avaliar os resultados e obter a recomendação final de acordo com suas preferências, sentindo-se mais confiante com a apresentação dos resultados e utilizando as recomendações para o processo decisório relacionado a resolução do problema.

#### 4.3.9 Analisar resultados e elaborar recomendações

Com o resultado da ordenação das alternativas, de forma a priorizar os envios dos insumos e com as análises de sensibilidade do modelo efetivadas, para dar confiabilidade as soluções propostas pelo método, tem-se finalmente as ações propostas para resolução do problema de decisão multicritério. Nessa etapa, cabe ao decisor validar as ações com o que ocorre na prática na operação.

Essa validação do teste do modelo foi validada com a operação (área de planejamento e outdoor) com a finalidade de corroborar as recomendações com o que ocorre de fato na operação, na maior parte dos casos em que temos cenários de desabastecimento dos estoques dos insumos nos CDs. Com os históricos do que foi feito de forma empírica na operação foi possível realizar a validação dos resultados obtidos conforme as recomendações do modelo.

#### 4.3.10 Implementar decisão

Nessa última etapa da fase de finalização do modelo, conforme procedimento de 12 etapas seguido, é implementada as recomendações do modelo. Cabe ao decisor, por fim, seguir com a programação de avanços dos insumos dos CDs para as bases avançadas

conforme ordenação de prioridade do modelo. Vale comentar que deverá ser considerada também a quantidade de insumos nos estoques dos CDs, pois nem todas as bases que aparecem como alternativas no modelo serão necessariamente abastecidas. O modelo fornece a lista das bases para priorização dos avanços, mas é a área de planejamento com as quantidades de insumos nos estoques dos CDs que vão ditar até que posição do ranking resultante que será atendida.

Realizado os envios dos insumos conforme disponibilidade dos estoques, deve-se retornar ao fluxo, proposto na Figura 7, para reavaliação e resolução do problema.

#### **4.4 Síntese do capítulo**

No capítulo tem-se o desenvolvimento da problemática e seus detalhes, e dos fluxos, procedimentos e métodos para resolução do problema de decisão multicritério.

É proposto um fluxo cíclico para quando houver o cenário do problema desabastecimento dos estoques dos CDs que envolvem a utilização do método PROMETHEE-ROC. Por fim, após verificação da sensibilidade do modelo desenhado, chega-se ao *ranking* e prioridade de abastecimento das bases avançadas.

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE FUTUROS TRABALHOS

### 5.1 Conclusões

O trabalho apresentado traz um problema real na área da logística de uma empresa no ramo de adquirência. A proposta do estudo foi evoluir a forma como é realizado os avanços dos insumos da operação logística da empresa em momento de crises nos estoques desse ativo nos centros de distribuição da operação.

Há necessidade de melhorar o processo decisórios para esses cenários onde se faz necessário priorizar os avanços dos insumos para uma base em detrimento de outra. Na prática é um processo moroso, pois envolve uma série de reuniões entre a área de planejamento e operações de campo, o que demanda tempo e por muitas vezes não reflete no uso mais eficiente dos recursos da empresa estudada.

Foi então proposto um fluxo de atuação do decisor para esses cenários específicos da operação, dentro do qual é empregado o uso de um modelo de decisão multicritério utilizando o método PROMETHEE-ROC. O modelo mostrou-se capaz de explicar satisfatoriamente a ordenação das alternativas mais relevantes para o negócio, tendo aplicação prática na medida em que representa a realidade da empresa em estudo. Além disso, o trabalho serve como guia para outras empresas com atuações em logística, para auxiliar nas análises de priorizações de avanços com múltiplos critérios relevantes ao negócio, tornando o processo decisório mais simples, eficiente e confiável.

### 5.2 Impacto Econômico, Social e Ambiental

Os conceitos, definições e métodos abordados demonstram que a logística requer aperfeiçoamento e o uso de técnicas modernas e arrojadas, o que possibilita o direcionamento correto das ações, e de suas necessidades de melhorias internas para a eficiência e a eficácia, e do uso do *trade-off* entre custos e benefícios para a prestação de serviços logísticos em parâmetros específicos voltados para a satisfação dos clientes.

A solução do problema pontuado nesse trabalho traz uma nova forma de melhorar o gerenciamento dos estoques das bases avançadas e dos CDs e no ramo da adquirência, melhorando os avanços dos insumos e seu consumo consciente. Pois, nessa resolução está diretamente correlacionado o avanço das quantidades suficientes à operação logística local das bases com melhor aproveitamento desses insumos com maior índice de garantir a logística reversa dessa cadeia de suprimentos. O que acaba por evitar altas quantidades de materiais nos estoques, que poderia gerar degradação deles e conseqüentemente aumento dos dejetos.

### 5.3 Produto Tecnológico

O modelo proposto bem como o fluxo proposto de análise e tratativa pode ser aplicado para outras empresas de diferentes ramos, com fluxos distintos, pois uma ferramenta multicritério possibilita a atribuição de valores aos diferentes critérios, a partir dos critérios particulares de cada operação de forma customizada.

Entretanto, mesmo que o modelo seja aplicado em empresas de outros setores de atividade, sempre será imprescindível fazer adequações específicas às peculiaridades de cada uma delas.

### 5.4 Sugestões de Futuros Trabalhos

Como trabalhos futuros para os problemas identificados na construção desse trabalho para a empresa em estudo, são sugeridos:

- Criar modelos para programação dos avanços dos insumos no caso de utilização do modelo de decisão multicritério desenvolvido nesse trabalho, pois no trabalho apenas foi realizado a metodologia para gerar o *ranking* de prioridade de envio dos insumos para as bases. Todavia, as quantidades de insumos enviadas e quantas bases das prioritárias que foram ranqueadas ainda fica a critério da área de planejamento que não possui processo estruturado para definir esses avanços.
- Desenvolver modelos matemáticos de programação linear para conduzir o abastecimento de forma mais eficiente das bases nas condições normais da operação (sem problema de estoques escassos). Levando em consideração os dados disponíveis na operação. Dessa forma deixando de depender das informações reportadas dos estoques dos insumos pelas bases avançadas.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA, B.; WEGNER, D.; PADULA, A. D. **Logística reversa como mecanismo para redução do impacto ambiental originado pelo lixo informático**. Revista Eletrônica de Ciência Administrativa. Paraná, v. 7 (1), p. 1-12, 2008.
- ALMEIDA, A. T. **O Conhecimento e o Uso de Métodos Multicritério de Apoio a Decisão**. 2. ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2011.
- ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. **Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método PROMETHEE**. Gestão & Produção. 2002, v. 9, n. 2. Epub. 2003.
- ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2013.
- ARAÚJO, G. C.; SILVA, J. P. Z.; SOUZA, L. R.; LOUREIRO, M. B.; FERONI, R. DE C. **Previsão de Demanda e Análise Simplificada da Gestão de Estoque Aplicada a Uma Empresa do Setor Alimentício**. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. 4 (2), p. 48-64. 2018.
- BALLOU, R.H., **Logística Empresarial: Transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas S.A., 2011. 322p.
- 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. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Springer Science & Business Media, 2002.
- BERTAGLIA, P. R. **Logística e Gerenciamento da cadeia de abastecimento**, 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 528p.
- BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. **Promethee-Gaia, une Methodologie d'Aide à la Décision en Présence de Critères Multiples**. Bruxelles, Éditions Ellipses, 2002
- BOGOSSIAN, P. **Cadernos do Cade: Mercado de Instrumentos de Pagamento**. p. 1–145, 2019.
- CAVALCANTI, R. **Sistema Multicritério para Apoiar a Compra de Imóveis Urbanos Multifamiliares do Mercado Imobiliário Recife Baseado no Método SMARTS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2007.
- CHACON, F. **Tendências para meios de pagamento**. Disponível em: <<https://www.abecs.org.br/indicadores-apresentacoes-estudos>>. Acesso em: 3 jun. 2019.
- CHING, Hong Yuh. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada – Supply Chain**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CHO, Y. S. et al. **Demand Driven DRP: Assessment of a New Approach to Distribution.** v. 3, n. 1, p. 1102–1111, 2016.

CHOO, C. W. **A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões.** 2ª Ed. São Paulo: SENAC, 2006.

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.

DANIELSON, M.; EKENBERG, L.; LARSSON, A.; RIABACKE, M. **Weighting under ambiguous preferences and imprecise differences in a cardinal rank ordering process.** International Journal of Computational Intelligence Systems, vol. 7, no. 1, pp. 105–112, 2014.

DAVIDE, A.; RICCARDO, D.; & MININNO, V. **A Hybrid Fuzzy-Promethee Method for Logistic Service Selection: Design of a Decision Support Tool.** International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems. vol. 18. pp. 462 – 466, 2010.

DEGENNARO, R. P. **Merchant acquirers and payment card processors: a look inside the black box.** Economic Review, Federal Reserve Bank of Atlanta, vol. 91, p. 27-42, 2006.

ERUGUZ, A. S. et al. **A comprehensive survey of guaranteed-service models for multi-echelon inventory optimization.** International Journal of Production Economics, v. 172, p. 110–125, 2016.

ESCORCIA-CABALLERO, J. P.; AMAYA-MIER, R.; SOTO-FERRARI, M.; ANTURI, O. C. **Multi-Echelon Inventory Management Policies: A Case Study for a Two-Echelon Supply Chain.** 2020.

ESMAEILIKIA, M.; FAHIMNIA, B.; SARKIS, J.; GOVINDAN, K.; KUMAR, A.; MO, J. **A tactical supply chain planning model with multiple flexibility options: an empirical evaluation.** Annals of Operations Research, v. 244, n. 2, p. 429–454, 2016.

FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R.; ET AL. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Ed Elsevier, 2010.

FIROOZI, M. et al. **Distribution planning for multi-echelon networks considering multiple sourcing and lateral transshipments.** International Journal of Production Research, v. 58, n. 7, p. 1968–1986, 2020.

FRIEND, J. **The Strategic Choice Approach.** In: Rosenhead, J., Mingers, J. (eds) Rational analysis for a problematic world revisited, 2ed. Wiley: Chichester, 2001.

FRIEND, J.K.; e HICKLING, A. **Planning under pressure: the Strategic Choice Approach.** 3ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005.

GANGA, G. M. D. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma.** São Paulo: Atlas, 2012.

GAWRYSZEWSKI, G.; SANTOS, V. M.; SANTOS, D. R. **Impacto da Concentração no Mercado de Cartões de Crédito no Valor de Anuidades: Um Estudo Empírico para o Brasil entre 2008 e 2018**. Anais em XXVII SIMPEP, Bauru, SP – Brasil, 2020.

GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H.; KANNAN, D. **Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future**. European Journal of Operational Research, v. 240, n. 3, p. 603–626, 2015.

GUPTA, R.; SACHDEVA, A.; BHARDWAJ, A. **Selection of logistic service provider using fuzzy PROMETHEE for a cement industry**. Journal of Manufacturing Technology Management, vol. 23 No. 7, pp. 899-921, 2012.

JIANG, Y.; SHI, C. **Service Level Constrained Inventory Systems**. Production and Operation Management, v. 28, n. 9, p. 2365–2389, 2019.

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

LAMI, I.M.; e TAVELLA, E. **On the usefulness of soft OR models in decision making: A comparison of Problem Structuring Methods supported and self-organized workshops**. European Journal of Operational Research, v. 275, n. 3, p. 1020-1036, 2019.

LIAO, H.; WU, D.; HUANG, Y.; REN, P.; XU, Z.; VERMA, M. **Green Logistic Provider Selection with a Hesitant Fuzzy Linguistic Thermodynamic Method Integrating Cumulative Prospect Theory and PROMETHEE**. Sustainability, vol 10, pp. 1291, 2018.

MAESTRE J.M.; FERNÁNDEZ, M.I.; JURADO, I. **An application of economic model predictive control to inventory management in hospitals**. Control Engineering Practice. vol. 71, pp. 120-128, 2018

MAGALHÃES, E.; SANTOS, A. G.; ELIA, B.; PINTO, G. **Gestão da cadeia de suprimentos**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.

MARQUES, A. C., MACHADO, L. C., DE MORAIS CORREIA, L. M. A., VIEIRA, M. J. L., DA SILVA, M. L., DE LIMA, M. F. M. G., FREJ, E. A. **Support for multicriteria group decision with voting procedures: Selection of electricity generation Technologies**. Cleaner Environmental Systems, vol. 3, 2021.

MELO, D. V. P. DE; PEREIRA, L. DE S.; MORAIS, D. C. **Estruturação do problema de gerenciamento dos insumos da cadeia logística no mercado da adquirência**. In: SIMPEP - Simpósio de Engenharia da Produção, Anais do XXVII Simpósio de Engenharia da Produção, 2020.

MORAES, D. F. DE. **A logística de transporte multimodal como diferencial competitivo: uma abordagem multicriterio**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2013.

MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. DE; ALENCAR, L. H.; CLEMENTE, T. R. N.; CAVALCANTI, C. Z. B. **PROMETHEE-ROC Model for Assessing the Readiness of**

**Technology for Generating Energy.** Mathematical Problems in Engineering. Vol. 2015. 2015.

MOTA, C. DE P. F.; ALMEIDA, J. A. DE. **Uso de surrogate weights para o problema seleção de portfólio multicritério através dos métodos smarter e promethee-roc: uma análise através de simulação.** Anais Do LII Simpósio Brasileiro De Pesquisa Operacional. Anais eletrônicos. Campinas, Galoá, 2020.

OLIVEIRA, K. F. DE; SALGADO, T. E. O.; ZAMBANINI, M. E.; JACINTHO, J. M. M. **Utilização da análise multicritério para divisão de recursos financeiros em universidades públicas.** Revista De Gestão E Avaliação Educacional, p. 1–16. 2021.

PEREZ A. H.; BRUSCHI C. A. **Indústria de Meios de Pagamento no Brasil: movimentos recentes.** Insper, 2018.

PALOMINO, R. C.; CARLI, F. S. **Proposta de modelo de controle de estoques em uma empresa de pequeno porte.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 28, 2008.

POMEROL, J. C.; BARBA-ROMERO, S. **Multicriterion decision in management: principles and practice.** Springer Science & Business Media. v. 25. 2012.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística.** 6. Ed. São Paulo, Atlas, 2010.

RODRIGUES, M. S. T. **Logística reversa de eletroeletrônicos em Fortaleza, Ceará: análise multicritério e modelagem matemática para escolha de locais de pontos de coleta de resíduos.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

RODRIGUEZ, M. A.; VECCHIETTI, A. R.; HARJUNKOSKI, I.; GROSSMANN, I. E. **Optimal supply chain design and management over a multi-period horizon under demand uncertainty.** Part I: MINLP and MILP models. Computers and Chemical Engineering., v.62, p. 194–210, 2014.

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

RYU, K.; MOON, I.; OH, S.; JUNG, M. **A fractal echelon approach for inventory management in supply chain networks.** International Journal of Production Economics, Volume 143 (2), 2013, p. 316-326.

SARKAR, B.; CHAUDHURI, K.; MOON, I. **Manufacturing setup cost reduction and quality improvement for the distribution free continuous-review inventory model with a service level constraint.** Journal of Manufacturing Systems, v. 34, n. C, p. 74–82, 2015.

SHIN, D.; GUCHHAIT, R.; SARKAR, B.; MITTAL, M. **Controllable lead time, service level constraint, and transportation discounts in a continuous review inventory model.** RAIRO - Operations Research, v. 50, n. 4–5, p. 921–934, 2016.

SILVA, S. **Modelos Multicritério para Ordenação dos Pontos Monitorados de um Sistema Elétrico com Base nos Métodos SMARTS/SMARTER.** Dissertação de Mestrado.

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2006.

SILVA, L. G. DE O.; ALMEIDA-FILHO, A. T. DE. **New PROMETHEE-based approach applied within a framework for conflict analysis in Evidence Theory integrating three conflict measures**. Expert Systems with Applications. 2018.

SILVA, H. V. B. P. de C. **A teoria do mercado de dois lados aplicada no cenário brasileiro de pagamentos**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. Monografia de bacharelado. 2019.

SPENCER, L. G. **Análise Fundamentalista da Cielo S.A.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Administração, Departamento de Ciências Administrativas. Porto Alegre, 2018.

STAIL FILHO, M. A. **Modelo multicritério para decisão localizacional de unidades industriais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2019.

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

TRAMARICO, C. L. **Avaliação Multicritério da Educação na Gestão na Cadeia de Suprimentos**. p. 41, 2016.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. New York: John Wiley, 1992.

WANG, N.; FANG, X.; GOU, Q.; LIANG, L. **Supply chain performance under pull or push contracts in the presence of a market disruption**. International Transactions in Operational Research, v. 24, n. 4, p. 713–736, 2017.

ZOPPEI, R. A.; SANTOS, I. L.; VINOTTI, C. A. **Uma proposta de gestão de estoque para uma indústria metalúrgica**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 4, n. 4, p. 1343-1358, jul./set. 2018.