UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA INDUSTRIAL E METALÚRGICA DE VOLTA REDONDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NICOLAS ANDRADE PEREIRA TOLEDO

APLICAÇÃO CONJUNTA DO MÉTODO CPP E DA CLASSIFICAÇÃO ABC PARA SELEÇÃO DE MODAL E FORNECEDORES DE TRANSPORTE INTERNACIONAL EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

VOLTA REDONDA
2023

NICOLAS ANDRADE PEREIRA TOLEDO

APLICAÇÃO CONJUNTA DO MÉTODO CPP E DA CLASSIFICAÇÃO ABC PARA SELEÇÃO DE MODAL E FORNECEDORES DE TRANSPORTE INTERNACIONAL EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção de Volta Redonda da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Sistemas de Produção e Processos.

Orientador (a): Prof. Dr (a). Vanessa da Silva Garcia

Volta Redonda

2023

Ficha catalográfica automática - SDC/BEM
Gerada com informações fornecidas pelo autor

P436a Pereira Toledo, Nicolas Andrade
APLICAÇÃO CONJUNTA DO MÉTODO CPP E DA CLASSIFICAÇÃO ABC PARA SELEÇÃO DE MODAL E FORNECEDORES DE TRANSPORTE INTERNACIONAL EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA / Nicolas Andrade Pereira Toledo. - 2023.
143 f.: il.

Orientador: Vanessa da Silva Garcia.
Dissertação (mestrado profissional)-Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda, Volta Redonda, 2023.

1. Transporte internacinal. 2. Seleção de fornecedores. 3. Produção intelectual. I. Silva Garcia, Vanessa da, orientadora. II. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda. III. Título.

CDD - XXX

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

NICOLAS ANDRADE PEREIRA TOLEDO

APLICAÇÃO CONJUNTA DO MÉTODO CPP E DA CLASSIFICAÇÃO ABC PARA SELEÇÃO DE MODAL E FORNECEDORES DE TRANSPORTE INTERNACIONAL EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção de Volta Redonda da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Sistemas de Produção e Processos.

Aprovada em: 01/09/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr (a). Vanessa da Silva Garcia (UFF) – Orientadora

Ilton Curty Leal Junior

Prof. Dr. Ilton Curty Leal Junior – UFF

Prof. Dr. Luiz Octavio Gavião - ESG

Volta Redonda

2023

Dedico este trabalho à minha companheira Stephanie e aos meus pais, Betânea e Alexandre.

Vocês são a minha fonte de inspiração e motivação para sempre buscar a excelência e superar meus limites.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Stephanie, com quem compartilho os caminhos dessa vida. Obrigado por todo o apoio e paciência. Você foi essencial para a realização desta conquista.

Agradeço aos meus pais, Betânea e Alexandre, pelo incentivo e torcida. Nossas conversas sempre me incentivaram a continuar, e o orgulho de vocês pela minha pessoa é o que me move.

Agradeço aos amigos que fiz ao longo dos meus anos vividos em Volta Redonda, fundamentais na formação do meu caráter. Mesmo distantes, contribuíram com esse projeto através de incentivos e admiração.

Agradeço aos amigos feitos no esporte da escalada, que me ensinam a nunca estar satisfeitos com as conquistas e sempre buscar novos desafios.

Agradeço à Professora Vanessa, pelas orientações e conhecimentos compartilhados. Se hoje saio com mais sabedoria é em virtude das suas aulas e orientações.

Agradeço a todo time da cadeia de suprimentos da Nissan do Brasil, em especial Glauber e Rafael, por apoiar e contribuir para o desenvolvimento deste trabalho.

“Se eu vi mais longe, foi por estar apoiado sobre ombros de gigantes”

Isaac Newton

RESUMO

Este estudo teve como objetivo desenvolver um modelo, utilizando o método de Composição Probabilística de Preferência (CPP) em conjunto com a categorização ABC, para auxiliar a escolha de modais e fornecedores de transporte para a importação de componentes automobilísticos de Cantão e Xangai, localidades chinesas, com destino ao Brasil. Foram considerados ao todo nove critérios, sendo três quantitativos, relacionados às características das peças, e seis qualitativos, obtidos através de revisão de literatura e análise de especialistas. Foram levantadas sete alternativas, sendo seis de transporte marítimo e um transporte multimodal, variando entre si pelo tempo de trânsito, local e quantidade de pontos de transbordo. As peças de um total de 52 fornecedores foram classificadas em três categorias, com base na classificação ABC, e para cada categoria foi utilizado como critério o volume em metros cúbicos para os próximos 12 meses na escolha dos fornecedores. O método CPP foi aplicado a cada categoria individualmente, utilizando o software R. Este método probabilístico foi utilizado dada a capacidade de considerar imprecisões e proporcionar um aprimoramento na priorização das alternativas. Os critérios qualitativos foram avaliados através de formulário e entrevista com os especialistas e os quantitativos calculados através do software Excel. Constatou-se que o modelo refletiu parcialmente a decisão final da empresa, alinhando-se à escolha de uma das duas alternativas especificadas pela empresa, devido à influência dos critérios qualitativos no resultado agregado e à preferência da empresa por critérios relacionados aos custos de transporte. Uma análise de sensibilidade foi realizada variando os parâmetros de dias de estoque de segurança, a quantidade média de peças por pedido e a taxa de ocupação dos containers. Verificou-se que a modificação de tais parâmetros indicou variações nas preferências finais individuais de determinadas alternativas, fornecendo como um direcional estratégico para a empresa a consideração da utilização do serviço multimodal em volumes abaixo de 10 m³ para as peças das categorias B e C de Xangai e apresentando a importância de refinar a mensuração quantitativa dos riscos das rotas de transporte das alternativas. Diante do exposto, o modelo apresentou-se satisfatório no auxílio do processo de decisão na seleção de fornecedores e modais de transporte para indústrias automobilísticas. Seus resultados indicaram a relevância de se considerar diferentes critérios e as características das peças na decisão e servem como direcional para a ampliação da visão do problema para a empresa. Recomenda-se, para pesquisas futuras, a aplicação do modelo em outras rotas, ampliação dos tipos de alternativas, como por exemplo o transporte LCL (Less container load), o aperfeiçoamento dos critérios quantitativos, com a inclusão de outros critérios que representem as características das peças, sinergia com um método que possa fornecedor ordenação aos critérios, como o AHP e reduzir o grau de incerteza nas avaliações qualitativas a partir do aumento dos participantes da pesquisa, ou a utilização de um método heurístico para melhorar o tratamento dos dados, como por exemplo a lógica Fuzzy.

Palavras-chave: Classificação ABC, Composição Probabilística de Preferência, Seleção de fornecedor de transporte, Seleção de modal de transporte, Transporte Internacional.

ABSTRACT

This study aimed to develop a model using the Probabilistic Preference Composition (CPP) method in conjunction with ABC categorization to assist in the selection of transportation modes and suppliers for importing automotive components from Canton and Shanghai, Chinese localities, to Brazil. A total of nine criteria were considered, including three quantitative criteria related to component characteristics and six qualitative criteria derived from literature review and expert analysis. Seven alternatives were identified, comprising six maritime transportation options and one multimodal option. These alternatives varied in terms of transit time, location, and the number of transshipment points. Out of a total of 52 suppliers, the components were classified into three categories based on ABC classification. For each category, the supplier choice was determined based on the volume in cubic meters for the next 12 months. The CPP method was applied individually to each category using the R software. This probabilistic method was chosen for its ability to account for uncertainties and enhance the prioritization of alternatives. The qualitative criteria were evaluated through questionnaires and expert interviews, while quantitative criteria were computed using Excel software. The model's outcome partially reflected the company's final decision, aligning with one of the two specified alternatives. This alignment was attributed to the influence of qualitative criteria on the aggregated result and the company's preference for cost-related criteria in transportation decisions. A sensitivity analysis was conducted by varying parameters such as safety stock days, average pieces per order, and container occupancy rate. The modification of these parameters led to variations in the final preferences for specific alternatives. This provided a strategic direction for the company, suggesting the consideration of multimodal services for volumes below 10 m^3 for components in categories B and C from Shanghai. The analysis also highlighted the importance of refining quantitative risk measurement for transportation routes. In conclusion, the model proved effective in aiding the decision-making process for selecting suppliers and transportation modes in the automotive industry. The results underscored the importance of considering various criteria and component characteristics in the decision-making process, offering guidance for the broader problem-solving perspective within the company. For future research, it is recommended to apply the model to other routes, expand alternative types (such as Less Container Load transport), refine quantitative criteria by including additional component-related aspects, incorporate methods like Analytic Hierarchy Process (AHP) for criterion prioritization, and reduce uncertainty in qualitative assessments by involving a larger number of participants or applying heuristic methods like Fuzzy Logic.

Keywords: ABC Classification, Transportation supplier selection, International Transportation, Probabilistic Preference Composition, Transportation Mode Selection.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUTURA DO TRABALHO 23
FIGURA 2 "ALEATORIZAÇÃO" DE MEDIDAS PRELIMINARES GENÉRICAS. 43
FIGURA 3 COMPARAÇÃO ENTRE DISTRIBUIÇÕES ASSIMÉTRICAS E SIMÉTRICA EM UM CASO DE VALOR OBSERVADO INICIAL PRÓXIMO ÀS FRONTEIRAS DE VALORES DO ATRIBUTO. 47
FIGURA 4 POSSÍVEIS COMBINAÇÕES E SUAS IDEIAS DE COMPOSIÇÃO. 51
FIGURA 5 VALORES DA ESCALA DE LIKERT E SEUS SIGNIFICADOS. 53
FIGURA 6. GRÁFICO DE DISPERSÃO DO MÉTODO ABC, MOSTRANDO AS REGIÕES DE CADA CLASSE. 56
FIGURA 7 ETAPAS DA PESQUISA. 60
FIGURA 8 FLUXOGRAMA DA SELEÇÃO DE ARTIGOS NA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA. 61
FIGURA 9 IDENTIFICAÇÃO DAS ROTAS DAS ALTERNATIVAS PURAMENTE MARÍTIMAS E PONTOS DE TRANSBORDO. 71
FIGURA 10 ESQUEMA DO TRANSPORTE MULTIMODAL. 72
FIGURA 11 PROCESSOS DA ENTREVISTA PARA COLETA DE DADOS QUALITATIVAS 74
FIGURA 12 FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO DO CRITÉRIO TEMPO DE TRÂNSITO DE CADA ALTERNATIVA. 78
FIGURA 13 FLUXOGRAMA DE CÁLCULO DO VOLUME EM METROS CÚBICOS POR PEDIDO. 81
FIGURA 14 FLUXOGRAMA DO CÁLCULO DO CUSTO DE TRANSPORTE POR FORNECEDOR, CONSIDERANDO A TAXA DE OCUPAÇÃO MÁXIMA E MÉDIA DE CONTAINERS. 83
FIGURA 15 PROCESSOS CONSIDERADOS NO CÁLCULO DA INFLUÊNCIA DAS PEÇAS SOBRE O CUSTO DE TRANSPORTE. 84
FIGURA 16 FLUXOGRAMA DE CÁLCULO DO CUSTO DE TRANSPORTE PARA O TRANSPORTE MULTIMODAL 86
FIGURA 17 FLUXOGRAMA DA AVALIAÇÃO DO CRITÉRIO DE VARIABILIDADE DO TEMPO DE TRANSPORTE. 88
FIGURA 18 PASSO A PASSO PARA APLICAÇÃO DO MÉTODO CPP. 90

FIGURA 19 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE. 94
FIGURA 20 IDENTIFICAÇÃO DA CHINA E A LOCALIZAÇÃO DOS DOIS CENTROS DE CONSOLIDAÇÃO CONSIDERADOS NO ESTUDO: CANTÃO E XANGAI. 98
FIGURA 21 DIAGRAMA ABC PARA OS COMPONENTES DE CANTÃO. 99
FIGURA 22 DIAGRAMA ABC PARA OS COMPONENTES DE XANGAI. 99
FIGURA 23 MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE AS ESCOLHAS ATUAIS DA EMPRESA E O MODELO DO ESTUDO. 106
FIGURA 24 MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE AS ESCOLHAS ATUAIS DA EMPRESA E O MODELO DO ESTUDO SOMENTE PARA OS CRITÉRIOS QUANTITATIVOS DAS ALTERNATIVAS DE CANTÃO. 106
FIGURA 25 MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE AS ESCOLHAS ATUAIS DA EMPRESA E O MODELO DO ESTUDO SOMENTE PARA OS CRITÉRIOS QUANTITATIVOS DAS ALTERNATIVAS DE XANGAI. 107
FIGURA 26 MATRIZ DE COMPARAÇÃO ENTRE AS ESCOLHAS ATUAIS DA EMPRESA E O MODELO DO ESTUDO SOMENTE PARA OS CRITÉRIOS QUALITATIVOS DAS ALTERNATIVAS 107
FIGURA 27 GRÁFICO COMPARATIVO DA PROBABILIDADE DE PREFERÊNCIA NO CRITÉRIO VARIABILIDADE NO TEMPO DE TRANSPORTE PARA AS ALTERNATIVAS OP5 E MM1. 110

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 VALORES DE VOLUME DE OCUPAÇÃO MÁXIMO E MÉDIO PARA CADA ORIGEM. 85
TABELA 2 DADOS DOS FORNECEDORES ESCOLHIDOS PARA CANTÃO POR CADA CATEGORIA EM RELAÇÃO À SUA PARTICIPAÇÃO INDIVIDUAL DE M³, CUSTOS E NÚMERO DE PEÇAS UTILIZADAS. 93
TABELA 3 DADOS DOS FORNECEDORES ESCOLHIDOS PARA XANGAI POR CADA CATEGORIA EM RELAÇÃO À SUA PARTICIPAÇÃO INDIVIDUAL DE M³, CUSTOS E NÚMERO DE PEÇAS UTILIZADAS. 93
TABELA 4 POSIÇÕES RELATIVAS DE DETERMINADAS ORIGENS NAS CATEGORIAS DE CUSTO DE FRETE POR METRO CÚBICO E VOLUMETRIA IMPORTADA, BASEADA EM DADOS DA EMPRESA EM ESTUDO NO PERÍODO DE ABRIL DE 2022 ATÉ MARÇO DE 2023. 97
TABELA 5 INTERVALOS DE CLASSIFICAÇÃO ABC PARA OS COMPONENTES DE CANTÃO. 100
TABELA 6 INTERVALOS DE CLASSIFICAÇÃO ABC PARA OS COMPONENTES DE XANGAI. 100
TABELA 7 NÚMERO DE FORNECEDORES POR CLASSE PARA AMBAS AS ORIGEMS: CANTÃO E XANGAI. 100
TABELA 8 POSIÇÕES RELATIVAS DE CADA ALTERNATIVA EM RELAÇÃO AOS CRITÉRIOS QUANTITATIVOS E AGREGAÇÃO FINAL PARA CANTÃO. 102
TABELA 9 POSIÇÕES RELATIVAS DE CADA ALTERNATIVA EM RELAÇÃO AOS CRITÉRIOS QUANTITATIVOS E AGREGAÇÃO FINAL PARA XANGAI. 102
TABELA 10 POSIÇÕES RELATIVAS DAS ALTERNATIVAS EM RELAÇÃO À CADA CRITÉRIO NA AGREGAÇÃO FINAL. 103
TABELA 11 PROBABILIDADES AGREGADAS POR CATEGORIA DE PEÇAS E CLASSIFICAÇÃO FINAL PARA A ORIGEM DE CANTÃO 104
TABELA 12 PROBABILIDADES AGREGADAS POR CATEGORIA DE PEÇAS E CLASSIFICAÇÃO FINAL PARA A ORIGEM DE XANGAI 105

TABELA 13 VARIAÇÃO DA PREFERÊNCIA FINAL EM RELAÇÃO À SIMULAÇÃO INICIAL PARA O FORNECEDOR DAS PEÇAS NA CATEGORIA A, B E C DE XANGAI. 108
TABELA 14 COMPARAÇÃO DOS CRITÉRIOS QUANTITATIVOS DAS ALTERNATIVAS OP5 E MM1. 109
TABELA 15 PROBABILIDADES DE PREFERÊNCIA QUANTITATIVA PARA OS COMPONENTES DA CLASSE A DE CANTÃO. 133
TABELA 16 PROBABILIDADES DE PREFERÊNCIA QUANTITATIVA PARA OS COMPONENTES DA CLASSE B DE CANTÃO. 133
TABELA 17 PROBABILIDADES DE PREFERÊNCIA QUANTITATIVA PARA OS COMPONENTES DA CLASSE C DE CANTÃO. 134
TABELA 18 PROBABILIDADES DE PREFERÊNCIA QUANTITATIVA PARA OS COMPONENTES DA CLASSE A DE XANGAI. 134
TABELA 19 PROBABILIDADES DE PREFERÊNCIA QUANTITATIVA PARA OS COMPONENTES DA CLASSE B DE XANGAI. 134
TABELA 20 PROBABILIDADES DE PREFERÊNCIA QUANTITATIVA PARA OS COMPONENTES DA CLASSE C DE XANGAI. 135
TABELA 21 AVALIAÇÃO POR ESCALA DE LIKERT DO ESPECIALISTA 1 136
TABELA 22 AVALIAÇÃO POR ESCALA DE LIKERT DO ESPECIALISTA 2 136
TABELA 23 AVALIAÇÃO POR ESCALA DE LIKERT DO ESPECIALISTA 3 136
TABELA 24 AVALIAÇÃO POR ESCALA DE LIKERT DO ESPECIALISTA 4 137
TABELA 25 PROBABILIDADES AGREGADAS DE MAXIMIZAÇÃO DA PREFERÊNCIA DOS CRITÉRIOS QUALITATIVOS. 138
TABELA 26 CATEGORIA A ORIGEM DE CANTÃO, AUMENTO NA QUANTIDADE DE PEÇAS. 139
TABELA 27 CATEGORIA C ORIGEM DE CANTÃO, AUMENTO NA QUANTIDADE DE PEÇAS. 139
TABELA 28 CATEGORIA A ORIGEM DE XANGAI, REDUÇÃO NA QUANTIDADE DE PEÇAS. 139
TABELA 29 CATEGORIA B ORIGEM DE XANGAI, REDUÇÃO NA QUANTIDADE DE PEÇAS. 140

TABELA 30 VARIAÇÃO DA PROBABILIDADE DE PREFERÊNCIA EM RELAÇÃO AOS PARÂMETROS ORIGINAIS PARA A CLASSE B DE CANTÃO. 141
TABELA 31 VARIAÇÃO DA PROBABILIDADE DE PREFERÊNCIA EM RELAÇÃO AOS PARÂMETROS ORIGINAIS PARA A CLASSE C DE CANTÃO. 141
TABELA 32 VARIAÇÃO DA PROBABILIDADE DE PREFERÊNCIA EM RELAÇÃO AOS PARÂMETROS ORIGINAIS PARA A CLASSE A DE XANGAI. 141

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 RESUMOS DOS CRITÉRIOS E MÉTODO UTILIZADOS NOS ESTUDOS DE SELEÇÃO DE MODAL DE TRANSPORTE NA LOGÍSTICA INTERNACIONAL. .31
QUADRO 2 PRINCIPAIS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES DE TRANSPORTE MARÍTIMO. 37
QUADRO 3 PANORAMA DAS APLICAÇÕES DO CPP, SUAS DISTRIBUIÇÕES E RESPECTIVOS ARGUMENTOS PARA A DISTRIBUIÇÃO ESCOLHIDA. 44
QUADRO 4 RELAÇÃO DE EQUAÇÕES PARA QUANTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE VISTA. 52
QUADRO 5 DESCRIÇÃO DA PESQUISA. 58
QUADRO 6 RESUMO DE QUAIS OS CRITÉRIOS QUE SÃO INFLUENCIADOS PELAS CARACTERÍSTICAS DAS PEÇAS. 64
QUADRO 7 RESUMO DOS CRITÉRIOS QUALITATIVOS E QUANTITATIVOS UTILIZADOS NO ESTUDO 67
QUADRO 8 FORNECEDORES DE TRANSPORTE LOGÍSTICOS CONSIDERANDO O LOCAL DE SAÍDA O PORTO DE CANTÃO, NA CHINA. 69
QUADRO 9 FORNECEDORES DE TRANSPORTE LOGÍSTICOS CONSIDERANDO O LOCAL DE SAÍDA O PORTO DE XANGAI, NA CHINA. 69
QUADRO 10 FORMA COMO OS CRITÉRIOS FORAM APRESENTADOS, CONTENDO OS EXEMPLOS. 76

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CPP - Composição probabilística de preferência

FCL - *Full Container Load*

LCL - *Less than Container Load*

WASPAS - *Weighted Aggregated Sum Product Assessment Method*

MMCAD - Método Multicritério de apoio a decisão

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

ELECTRE - *Elimination Et Choix Traduisant la Realité*

ANP - *Analytic Network Process*

PROMETHEE - *Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations*

TOPSIS - *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*

CFR - *Container Filling Rate*

NVOCC - *Non-Vessel Operating Common Carrier*

DEMATEL - *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*

CFPR - *Categorical Fuzzy Preference Relations*

CP - *Compromise Programming*

SIMUS - *Similarity-based Multi-criteria Decision Making*

BWM - *Best Worst Method*

JCR - *Journal Citation Reports*

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

PN - *Part Number*

SNP - *Smallest Negotiable Package*

IATA - *International Air Transport Association*

CIF - *Cost, Insurance and Freight*

Incoterm - *International Commercial Terms*

FOB - *Free on board*

COD - *Change of destination*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 19

1.1. JUSTIFICATIVA 20

1.2. OBJETIVOS 21

1.2.1. OBJETIVO GERAL 21

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 21

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO 23

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 25

2.1. SELEÇÃO DE MODAIS DE TRANSPORTE 25

2.2. SELEÇÃO DE FORNECEDORES DE TRANSPORTE 33

2.3. AS LACUNAS NA SELEÇÃO DE MODAL E FORNECEDOR DE TRANSPORTE 38

2.4. A SELEÇÃO DE MODAL E FORNECEDOR DE TRANSPORTE NA EMPRESA EM ESTUDO. 38

2.5. COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIA (CPP) 39

2.5.1. PASSO A PASSO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO 41

2.5.1.1. AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS ALTERNATIVAS 41

2.5.1.2. DEFINIÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES 42

2.5.1.3. CÁLCULO DAS PROBABILIDADES DE PREFERÊNCIA 47

2.5.1.4. PONTOS DE VISTA 49

2.6. ESCALA DE LIKERT 53

2.7. CLASSIFICAÇÃO ABC DE INVENTÁRIOS 54

2.7.1. PASSO A PASSO PARA CLASSIFICAÇÃO ABC 55
2.7.2. MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO ABC 56
3. MATERIAIS E MÉTODOS 58
3.1. CLASSIFICAÇÃO E ETAPAS DA PESQUISA 58
3.2. PASSOS 1, 2 61
3.3. PASSO 3: REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA 61
3.4. PASSO 4: CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS 62
3.5. PASSO 5: CONSTRUÇÃO DA CURVA ABC 63
3.6. PASSO 6: DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS 64
3.6.1. CRITÉRIOS QUANTITATIVOS 64
3.6.2. CRITÉRIOS QUALITATIVOS 66
3.7. PASSO 7: DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS 68
3.8. PASSO 8.A: AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS QUALITATIVOS 72
3.8.1. PERFIL DOS ESPECIALISTAS 77
3.9. PASSO 8.B: AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS QUANTITATIVOS 78
3.9.1. CUSTO DE ESTOQUE 78
3.9.2. CUSTO DE TRANSPORTE 80
3.9.3. VARIABILIDADE NO TEMPO DE ENTREGA 88
3.10. PASSO 9: APLICAÇÃO DO MÉTODO CPP 90
3.11. PASSO 10: ESCOLHA DOS FORNECEDORES 91
3.12. PASSO 11: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE 93
3.13. PASSOS 12 E 13 95

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES 96

4.1. DELIMITAÇÃO 96

4.2. DIAGRAMAS DA CLASSIFICAÇÃO ABC 98

4.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO CPP 101

4.3.1. RESULTADOS CRITÉRIOS QUANTITATIVOS 101

4.3.2. RESULTADOS CRITÉRIOS QUALITATIVOS 103

4.3.3. PREFERÊNCIAS FINAIS 104

4.4. VALIDAÇÃO DO MODELO 105

4.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE 108

4.5.1. VARIAÇÃO NOS DIAS DE ESTOQUE 108

4.5.2. VARIAÇÃO NAS QUANTIDADE DE PEÇAS NO PEDIDO MÉDIO . 111

4.5.3. VARIAÇÃO NA TAXA DE OCUPAÇÃO MÉDIA DAS PEÇAS ENVIADAS AOS CENTROS DE CONSOLIDAÇÃO 111

4.6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 111

5. CONCLUSÕES 114

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 116

1. INTRODUÇÃO

A cadeia de suprimentos da indústria automotiva é uma rede complexa de empresas que colaboram para produzir e entregar veículos aos consumidores. Esse processo envolve distintas etapas, que iniciam no fornecimento de matérias-primas até a fabricação e montagem dos componentes (HĄBEK; LAVIOS; KRUPAH, 2022).

Algumas dessas peças são importadas de diferentes países, o que adiciona ainda mais complexidade à cadeia de suprimentos do setor automotivo, que conta com um número grande de componentes. No Brasil, por exemplo, de acordo com dados do Ministério da Economia, em 2022 as importações de partes e acessórios de veículos automotivos ocuparam a sexta posição no ranking geral (BRASIL, 2022).

Dentre os processos de gestão da cadeia de suprimentos internacional, o processo de seleção dos fornecedores e modal de transporte é importante para manter a eficiência e a melhor relação custo-benefício (MAKAROVA et al., 2020).

Após a desregulamentação da indústria de transportes nos anos 1990, houve aumento na quantidade de serviços de transporte marítimo internacional, que variavam de acordo com a velocidade, frequência, confiabilidade e acessibilidade (ENGEBRETHSEN; DAUZÈRE-PÉRÈS, 2019) (TALLEY, 2006). Somado a isso, por envolver movimentação de cargas entre continentes, há no transporte internacional um número maior de agentes do que em outras cadeias. Nesse contexto, a escolha de um modal de transporte e fornecedor se configura como um complexo problema de decisão multicritério. (BERESFORD; BANOMYONG; PETTIT, 2021).

Ao aplicar métodos de decisão multicritério deve-se levar em consideração a subjetividade, que se refere à influência de crenças pessoais, opiniões e perspectivas no processo de tomada de decisão, e o viés, que por outro lado diz respeito ao desvio sistemático da verdade ou imparcialidade em favor de certos fatores ou critérios (ARIFFIN et al., 2021; DIVIÁK; LORD, 2023). No contexto da decisão de modal e fornecedor de transporte, tais fatores podem ter um efeito profundo no processo de seleção (GANGULY; KUMAR, 2019).

Uma das formas de lidar com a subjetividade nas decisões multicritérios podem ser através da utilização de métodos matemáticos. Como por exemplo, o método denominado Composição Probabilística de Preferência, ou CPP, que lida com incertezas e subjetividades, incorporando informações probabilísticas nas avaliações multicritério. Ele permite lidar com informações incompletas, imprecisas ou subjetivas, reduzindo os efeitos das incertezas e

fornecendo um grau de confiança nas decisões tomadas (ABRAHAM; HASSANIEN; SNÁŠEL, 2009; SANT'ANNA et al., 2012).

Outro fator relevante no setor automotivo é a variedade de peças. Para que a empresa possa identificar os produtos mais relevantes sem causar impacto significativo nos custos logísticos, pode-se aplicar a classificação ABC, a qual auxilia na tomada de decisões relacionadas a gestão do estoque de peças. Nesse método existe a premissa de que nem todas as peças têm a mesma importância. A classificação ABC, através do princípio de Pareto, permite concentrar a análise nas peças mais significativas, tornando o estudo mais eficiente para o setor automotivo (KAMPF et al., 2016).

Neste contexto, este trabalho busca desenvolver um modelo para auxiliar na escolha do modal e fornecedores de transporte internacional em uma indústria automobilística, através da aplicação conjunta do método CPP e da classificação ABC, levando em consideração tanto as características das peças quanto a experiência de especialistas do setor.

As análises realizadas foram aplicadas em uma fábrica de produção de veículos sediada na região sul fluminense do Brasil. A montadora atua com a montagem de veículos por meio de componentes *Completely Knocked Down* (CKD), que envolve a importação dos componentes necessários para a produção dos veículos, que são então montados localmente (VAN TULDER; RUIGROK, 1997).

1.1. JUSTIFICATIVA

A justificativa deste trabalho é embasada em dois argumentos centrais. Em primeiro lugar, a adoção de modelos reduz a subjetividade e viés no processo de decisão, proporcionando à empresa em estudo uma abordagem mais objetiva e embasada. Tradicionalmente, a escolha do modal é frequentemente influenciada por preferências pessoais e intuições individuais, o que pode resultar em decisões subótimas. A introdução de um modelo quantitativo e analítico permite considerar múltiplos critérios, contribuindo para uma gestão logística mais eficiente.

Em segundo lugar, o modelo desenvolvido neste estudo não apenas considera o conjunto total de peças a serem transportadas, mas também as características individuais das cargas. Isso é essencial, uma vez que diferentes tipos de carga podem demandar modalidades de transporte específicas. Assim, o modelo auxilia na minimização de riscos e custos associados ao transporte internacional na indústria automobilística, alocando de forma mais eficiente os recursos logísticos.

A motivação para este estudo surgiu da falta de procedimentos sistemáticos e metodologias científicas na abordagem desse problema crítico na indústria automobilística do estudo de caso. A ausência de diretrizes claras levanta questões sobre a eficiência operacional e a competitividade. Portanto, esta pesquisa busca preencher essa lacuna ao desenvolver um modelo integrativo que considera dados relevantes e critérios específicos da indústria automobilística, promovendo uma abordagem mais científica para a tomada de decisões relacionadas ao modal de transporte internacional.

Diante disso, com o intuito de fornecer uma solução prática, o presente trabalho busca resolver um problema encontrado em uma indústria automobilística relacionado ao processo de escolha do modal e fornecedor de transportes internacional de peças automotivas, buscando lidar com a subjetividade e vieses identificados no processo e a carência de critérios considerados na decisão.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Aplicar em conjunto o método CPP e a classificação ABC para auxiliar a tomada de decisão na seleção do modal e fornecedores de transporte internacional para a importação de peças em uma indústria automobilística.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos foram divididos em perguntas que levam até o atendimento do objetivo geral. São elas**:**

1) Quais são os fundamentos teóricos necessários para embasar o estudo e como eles podem ser consolidados por meio de uma revisão da literatura acadêmica e técnica relacionada ao tema da pesquisa?

2) Quais critérios de avaliação serão utilizados na pesquisa, e como podem ser claramente definidos, incluindo a diferenciação entre critérios quantitativos relacionados às características das peças automotivas e critérios qualitativos vinculados à avaliação dos fornecedores por especialistas?

3) Quais alternativas estão disponíveis para atender às necessidades específicas da empresa objeto de estudo, considerando os critérios estabelecidos para a escolha de modais de transporte internacional?

4) Como as avaliações qualitativas dos especialistas em relação aos fornecedores podem ser coletadas de forma eficiente e como esses critérios qualitativos podem ser quantificados por meio de um questionário elaborado?

5) Como as peças automotivas e fornecedores selecionados podem ser analisados e classificados de acordo com as categorias definidas pelo método ABC?

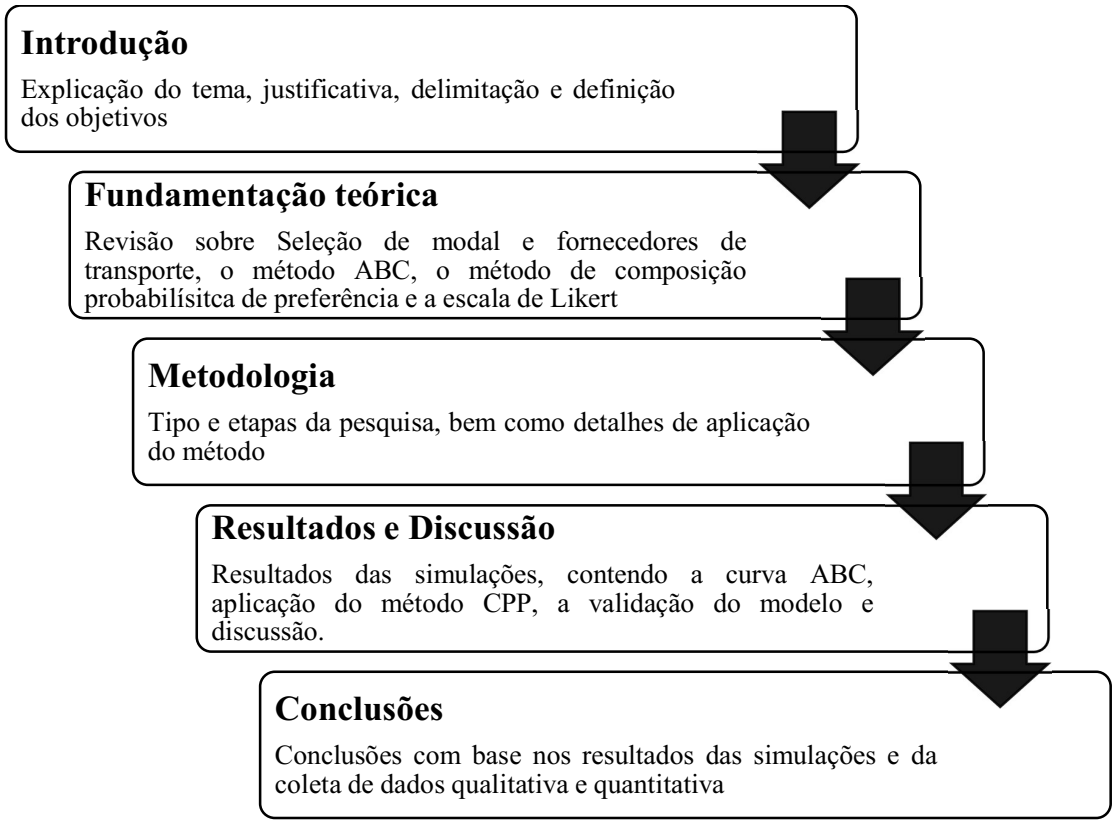
6) Como o método CPP pode ser aplicado para avaliar os critérios quantitativos e qualitativos? Como a análise de sensibilidade pode verificar a influência nas decisões finais e preferências das alternativas disponíveis?

7) Quais são os resultados da comparação entre a escolha atual da empresa e os resultados obtidos com a utilização do modelo proposto? Quais são as razões para eventuais diferenças e como as vantagens e oportunidades do modelo podem ser destacadas?

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

A Figura 1 apresenta a sequência que estrutura este trabalho, fornecendo uma visão geral da organização e dos diferentes elementos que compõem o estudo.

Figura 1. Estrutura do trabalho



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

A estrutura do trabalho é composta por cinco seções principais. A primeira seção é a Introdução, na qual é explicado o tema da pesquisa, apresentada a justificativa para sua realização, delimitação do escopo do estudo e definição dos objetivos. A segunda seção é a Fundamentação Teórica, que consiste em uma revisão de literatura sobre seleção de modal e fornecedores de transporte, abordando também os métodos ABC, CPP e escala de Likert. A terceira seção é a Metodologia, na qual são descritos o tipo de pesquisa, as etapas realizadas e os detalhes da aplicação dos métodos selecionados. A quarta seção é Resultados e Discussão, na qual são apresentados os resultados das simulações, incluindo a curva ABC, a aplicação do método CPP, a validação do modelo proposto, e em seguida é realizada a discussão dos

resultados obtidos. Por fim, a quinta seção é a Conclusão, na qual são apresentadas as conclusões baseadas nos resultados das simulações e na coleta de dados qualitativa e quantitativa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SELEÇÃO DE MODAIS DE TRANSPORTE

Os custos de movimentação de cargas representam uma parcela significativa do custo logístico total de uma companhia. Tais custos são influenciados diretamente pelas escolhas relacionadas ao transporte de cargas, atividade diretamente ligada ao sucesso da cadeia de suprimentos. Tal conhecimento faz com que empresas busquem explorar este problema como uma decisão estratégica, com impacto direto em indicadores de redução de custos e atendimento das demandas dos clientes e mercados (ARSLANHAN; TOSUN, 2021; JUNG; KIM; SHIN, 2019).

Gnap, Poliak e Semanova (2019) resumem as fases do processo de definição de um modal de transporte ou transportadora em: a) reconhecimento da necessidade e limitações b) levantamento de alternativas de transporte c) tomada de decisão e d) acompanhamento de performance.

O reconhecimento das necessidades e limitações pode ser oriundo de fatores como novas necessidades de clientes, descontentamento com o modal de transporte ou fornecedor atual e mudanças no modelo de distribuição da companhia. No levantamento de alternativas, diversas opções de transporte devem ser acessadas, que podem advir de experiências passadas, propostas comerciais novos serviços etc.

Baseado nas informações coletadas na etapa anterior, os tomadores de decisão devem escolher entre as alternativas, considerando diferentes critérios. A última fase se refere ao acompanhamento de performance, cujo método pode variar entre diferentes companhias. Alguns exemplos de indicadores para acompanhamento de performance são análises de custos, auditorias, análises do tempo de coleta e entrega, número de cargas danificadas etc (GNAP; POLIAK; SEMANOVA, 2019).

Jung et al. (2019) analisa os principais fatores que influenciam na escolha do modal de transporte na região da Ásia Oriental, buscando compreender como os embarcadores de baixos custos (conhecidos como LCC – “Low carrier cost”) podem aumentar a sua competitividade contra os embarcadores via balsa. O foco do estudo é em pequenas cargas, rotas de médias e curtas distâncias e leva em consideração transportes aéreos e marítimos. Os autores utilizaram o método AHP e os entrevistados são embarcadores que utilizam, preponderantemente, o transporte por balsa. Os 4 critérios principais utilizados no estudo foram: confiabilidade,

conveniência, disponibilidade e custos adicionais. O estudo conclui que os principais critérios levados em consideração são confiabilidade e conveniência.

Arslanhan e Tosun (2021) analisaram a escolha do modal de transporte em uma companhia de exportação de cerejas para a China. Os critérios e alternativas utilizados no estudo foram levantados em uma revisão de literatura e posteriormente alinhados com o comitê tomador de decisão, composto por 3 gerentes, com diferentes escopos dentro da organização (gerente geral, de importação-exportação e operações regionais), e 2 acadêmicos. A importância dos critérios foi determinada através da utilização do método Melhor-Pior e o ranqueamento das alternativas pelo método WASPAS. Os critérios levados em consideração, em ordem de preferência final do estudo são: custos de transporte, duração do transporte, embalagem, flexibilidade para transporte de diferentes pesos e volumes, flexibilidade para local de entrega, variabilidade do tempo de transporte, frequência de embarques, danos durante o transporte, flexibilidade no número de volumes a transportar, flexibilidade nas rotas e efeitos sobre o meio ambiente. Já alternativas avaliadas, em ordem de preferência do estudo foram: aéreo, transporte rodoviário, multimodal e ferroviário. A explicação pela escolha pelo modal aéreo como o de maior preferência está relacionado ao risco de deterioração das cerejas no período de transporte. Os autores alertam para a necessidade de se explorar ainda mais o tema com a utilização de outros métodos de MMCAD para a seleção de modal de transporte.

Kopytov e Abramov (2012) avaliaram o desempenho de dois métodos no problema de seleção do modal de transporte entre a China e a Rússia. Os métodos utilizados e comparados são o AHP e o ELECTRE. Os critérios avaliados pelos autores são custo, tempo de viagem, confiabilidade e impacto ecológico. As alternativas, ao invés de representar modais de transporte puros, como aéreo, marítimo ferroviário etc, fazem referência a rotas. Nestas rotas estão inclusas o tipo de modal de transporte, bem como os pontos de passagem.

Hruška et al. (2021) abordaram a seleção de modal de transporte na distribuição de combustíveis para motores, utilizando o método AHP. Os autores consideram como principal contribuição de seu estudo a revisão de literatura referente aos critérios a serem aplicados na escolha de modal de transporte. Diversos critérios foram levantados que, posteriormente, foram avaliados e selecionados por especialistas. Os critérios utilizados foram preço de transporte, tempo de transporte, capacidade de transporte, confiabilidade de transporte, e custos de "first and last mile". Este último critério representa os custos indiretos, como o carregamento, descarregamento, armazenagem etc. A seleção critérios específicos por especialistas se justifica

com base nas limitações do método AHP ao lidar com mais de dez critérios. O método AHP foi escolhido por ser o mais utilizado na literatura sobre o problema de decisão multicritério.

Tuzkaya e Önüt (2008) abordam o problema da seleção de modal de transporte utilizando o método Fuzzy-ANP. O principal argumento para utilização do método é a capacidade de considerar a relação entre os critérios, subcritérios e alternativas. Para levar em consideração a subjetividade e ambiguidade foram utilizados número de Fuzzy. O problema foi abordado em uma companhia responsável pelo transporte e armazenagem de cargas oriundas de diferentes produtores, importadores e exportadores entre a Europa e Turquia, sendo mais conhecida pela excelência no transporte de automóveis entre Turquia e Alemanha. Os critérios e subcritérios foram construídos a partir de um comitê composto por especialistas em logística, profissionais que atuam na área de projetos de transporte e operações intermodais. Foram levantados ao todo 8 critérios principais, 32 subcritérios e 3 alternativas de transporte: rodoviário, ferroviário e marítimo. Os critérios principais escolhidos foram características do produto, flexibilidade, confiabilidade, velocidade, rastreabilidade, custos, segurança e riscos. O principal resultado é a aplicação do método Fuzzy-ANP ao problema de seleção de modal de transporte, levando em consideração a relação existente entre os critérios, subcritérios e alternativas, até então não abordado neste tipo de problema. Os resultados foram validados e estão de acordo com as decisões tomadas pela companhia.

Gohari et al. (2022) realiza uma revisão de literatura com o objetivo de encontrar quais os principais critérios e métodos utilizados na escolha de modal de transporte em sistemas intermodais. A revisão explorou 27 artigos e verificou que os critérios mais relevantes são econômicos (custos), ambientais (Emissão de CO2), tempo de entrega, segurança, confiabilidade, flexibilidade e frequência de serviço de transporte. Além disso, o autor verifica que não é possível generalizar um determinado modal de transporte, uma vez que diferentes fatores influenciam na tomada de decisão, como localização geográfico dos fornecedores e clientes, tamanho da carga e distância, tipo de frete e valor, conhecimento dos embarcadores a respeito dos diferentes modais de transporte, serviços de transporte etc. Desta maneira, diferentes cenários exigem análises especificas para a decisão do modal de transporte.

Kundu et al. (2017) propõe a utilização de um método de decisão multicritério utilizando lógica fuzzy e ranqueamento com variáveis fuzzy do tipo 2 no problema de seleção de modal de transporte. São avaliados dois tipos de modais: Ferroviário e Rodoviário. Os principais critérios considerados são custo, velocidade ou tempo, características do produto, flexibilidade

do modal e fatores de segurança. Cada critério principal tem seus subcritérios. A aplicação do método conclui que o modal ferroviário é preferível em relação ao rodoviário. O artigo, no entanto, não apresenta detalhes sobre o contexto de aplicação do estudo e o perfil dos avaliadores.

Macharis et al. (2015) compararam as modalidades de transporte uni-modais e multimodais em áreas menos desenvolvidas na Bélgica através de MMCAD e dados de um sistema de informações geográficas (SIG). O método MMCAD utilizado foi o uma junção do AHP com o PROMETHEE, sendo o primeiro utilizado para a determinação dos pesos, enquanto o segundo para a avaliação restante geral. O modelo divide os critérios em 2 tipos: internos e externos. A primeira está mais ligada a fatores que influenciam diretamente na cadeia logística como custos, tempo etc., enquanto o segundo são critérios que não impactam a cadeia diretamente, mas sim o ambiente ao seu redor. O modelo adota 3 critérios de impacto direto: Custo de transporte, Tempo de transporte e Confiabilidade, todos medidos a partir de simulações com um modelo de Informação Geográfica. Em relação aos critérios de impacto indireto, o autor considerou as emissões equivalentes de CO2, o risco de acidente e os níveis de ruído. A justificativa para aplicar estes critérios vem de uma revisão de literatura e disponibilidade de dados do autor. Os modais de transporte comparados, representados em ordem de preferência final do estudo, são: uni-modal rodoviário, intermodal de balsa/rodoviário, intermodal ferroviário/rodoviário. Uma das orientações do autor para próximos trabalhos versa sobre explorar a aplicação do método em diferentes cenários, afetando diretamente nos pesos atribuídos aos critérios.

Qu et al. (2008) utilizam uma junção entre o método AHP e Redes neurais na escolha dos modais de transporte. O método AHP é utilizado para fornecer os pesos dos critérios e as Redes neurais na avaliação dos modais de transporte. As alternativas são oriundas de um grafo, onde cada nó ou vértice representa um ponto de origem, destino e transbordo e as arestas representam uma determinada rota. Cada rota pode ser realizada por um modal de transporte específico, sendo os possíveis: aéreo, rodoviário, marítimo e ferroviário. O autor considerou 15 critérios na avaliação, divididos em 6 classes principais: custo de transporte, tempo de transporte, qualidade do transporte, capacidade, nível de serviço e benefícios sociais.

Wang e Yeo (2018) têm como objetivo central avaliar e definir uma rota para o transporte de carga contendo componentes automotivos e veículos da Coreia do Sul até a Ásia central através da rota da seda Chinesa. Foi utilizado dois métodos, o Fuzzy Delphi para o ranquemaneto dos critérios e subcritérios e o Fuzzy ELECTREE I para avaliação das

alternativas. Os participantes da pesquisa foram divididos em dois grupos: O primeiro com 15 participantes para levantamento e avaliação dos critérios e subcritérios e o segundo com 34 participantes para avaliação das rotas. Os participantes tinham carreira profissional com mais de 10 anos em indústrias de logística da Coreia do Sul, com posições hierárquicas variando entre CEO's, gerentes gerais e gerentes de operação, e experiência no transporte internacional via ferroviário entre China e Ásia. Foram levantados 5 critérios principais e 16 sub-criterio. Os resultados mostram que o custo total é o fator mais importante avaliados pelas companhias logísticas na escolha de uma rota de transporte, seguido por confiabilidade, capacidade de transporte, tempo total e segurança. Em termos de subfatores, os custos de transporte e a cooperação e ênfase com os órgãos governamentais foram considerados como os mais importantes.

Moon et al. (2015), assim como Wang e Yeo (2018), também utilizam MMCAD para o ranqueamento de rotas de transporte de cargas, porém entre a Coreia do Sul e Europa. Os critérios e seus respectivos pesos foram retirados da literatura e consulta com 22 especialistas em logística internacional marítima e ferroviária. Os critérios considerados foram divididos em 2 grupos: qualitativos e quantitativos. Nos qualitativos foram considerados o serviço de transporte, segurança e conhecimento sobre a rota. Nos quantitativos a distância de transporte total, tempo de transporte e custo de transporte. O método aplicado para o ranqueamento foi o TOPSIS e os dados qualitativos foram transformados em números triangulares de Fuzzy. Dentro as conclusões para próximos trabalhos, os autores consideram como essencial as análises de rotas mais realistas através da China, consideração de mais ponto de origem e destino, estabelecer os modais de transporte e aplicar um método alternativo na definição dos pesos dos critérios.

Pham e Yeo (2018) buscaram avaliar as rotas de transporte de componentes e bens eletrônicos entre China e Vietnam, a partir da perspectiva dos prestadores de serviço logístico e embarcadores. Em relação aos critérios, subcritérios e alternativas, os autores utilizam os métodos Delphi para o levantamento e mapeamento e Relações de Preferência Consistentes de Fuzzy (CFPR) para as avaliações. Participaram das avaliações especialistas com mais de 8 anos de experiência como gerentes de operação e diretores de companhias, que atuam como embarcadores e prestadores de serviços logísticos. Foram levantados 4 critérios principais e 14 subcritérios, divididos em qualitativos e quantitativos, sendo a fonte dos dados entrevistas com especialistas e dados reais, respectivamente. Entre os critérios principais considerados, a

confiabilidade é o primeiro no ranking, seguido de custos de transporte, capacidade e tempo de transporte. Dentre os subcritérios, o risco de dano e perda é o mais importante.

Stockhammer et al (2021) realiza uma extensiva revisão de literatura com 80 artigos, ele mapeia um total de 332 fatores que influenciam na escolha do modal de transporte, dividindo em 13 categorias: categorias físicas da rede de transportes, características do modal de transporte, custo e preço, fluxo e distribuição espacial do embarque, características do modal, histórico de serviço, performance e reputação da prestadora de serviço, tempo de transporte e urgência, características do prestador de serviços, meio ambiente e sustentabilidade, fatores econômicos, características da cadeia de suprimentos, características de comportamento.

O Quadro 1 resume os principais métodos e critérios utilizados nas aplicações de MMCAD na seleção de modal de transporte na logística internacional. Os métodos e critérios encontrados nas aplicações suportam as conclusões dos artigos de revisão de literatura de Gohari et al. (2022) e Stockhammer et al. (2021), como sendo o método AHP um dos mais presentes. Além disso, percebe-se um padrão no que se refere aos critérios principais, ficando as particularidades de cada cadeia de suprimentos representadas nos subcritérios.

Quadro 1 Resumos dos critérios e método utilizados nos estudos de seleção de modal de transporte na logística internacional.

Autor	Tipo de estudo	Critérios	Método
Gohari et al. (2022)	Revisão de literatura	econômicos (custos), ambientais (Emissão de CO2), tempo de entrega, segurança, confiabilidade, flexibilidade e frequência de serviço de transporte.	AHP foi considerado como o método mais aplicado
Arslanhan e Tosun (2021)	Aplicação do método	custos de transporte, duração do transporte, embalagem, flexibilidade para transporte de diferentes pesos e volumes, flexibilidade para local de entrega, variabilidade do tempo de transporte, frequência de embarques, danos durante o transporte, flexibilidade no número de volumes a transportar, flexibilidade nas rotas e efeitos sobre o meio ambiente	WASPAS
Hruška et al. (2021)	Aplicação do método	preço de transporte, tempo de transporte, capacidade de transporte, confiabilidade de transporte, e custos de "first and last mile"	AHP
Stockhammer et al (2021)	Revisão de literatura	categorias físicas da rede de transportes, características do modal de transporte, custo e preço, fluxo e distribuição espacial do embarque, características do modal, histórico de serviço, performance e reputação da prestadora de serviço, tempo de transporte e urgência, características do prestador de serviços, meio ambiente e sustentabilidade, fatores econômicos, características da cadeia de suprimentos, características de comportamento.	Não aplicável

Autor	Tipo de estudo	Critérios	Método
Jung et al. (2019)	Aplicação do método	confiabilidade, conveniência, disponibilidade e custos adicionais	AHP
Singh e Singh (2018)	Aplicação do método	custo, tempo de viagem, confiabilidade e impacto ecológico.	AHP e ELECTREE
Wang e Yeo (2018)	Aplicação do método	Custo total, confiabilidade, capacidade de transporte, tempo total e segurança	Fuzzy Delphi e Fuzzy ELECTREE I
Pham e Yeo (2018)	Aplicação do método	confiabilidade, custos de transporte, capacidade e tempo de transporte	Relações de Preferência Consistentes de Fuzzy (CFPR)
Kundu et al. (2017)	Aplicação do método	são custo, velocidade ou tempo, características do produto, flexibilidade do modal e fatores de segurança.	Fuzzy tipo 2
Macharis et al. (2015)	Aplicação do método	custo de transporte, tempo de transporte e confiabilidade, emissões equivalentes de CO2, o risco de acidente e os níveis de ruído	AHP e PROMETHEE
Moon et al. (2015)	Aplicação do método	serviço de transporte, segurança e conhecimento sobre a rota, distância de transporte total, tempo de transporte e custo de transporte	Fuzzy e TOPSIS
Tuzkaya e Önüt (2008)	Aplicação do método	características do produto, flexibilidade, confiabilidade, velocidade, rastreabilidade, custos, segurança e riscos.	Fuzzy-ANP
Qu et al. (2008)	Aplicação do método	custo de transporte, tempo de transporte, qualidade do transporte, capacidade, nível de serviço e benefícios sociais.	AHP e Redes neurais

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

2.2. SELEÇÃO DE FORNECEDORES DE TRANSPORTE

A seleção de fornecedores de transporte marítimo tem ganhado importância no âmbito acadêmico (FANAM; ACKERLY, 2019). Considerada decisão fundamental para garantir a confiabilidade da logística internacional, tal tema é objeto de estudo há pelo menos 40 anos e tem sido cada vez mais importante na medida em que a globalização econômica tem ampliado as redes de comércio mundial e intensificado a competição entre as empresas. A escolha adequada do fornecedor pode impactar diretamente na eficiência, segurança e qualidade da cadeia logística, afetando tanto a satisfação dos clientes quanto a rentabilidade das empresas (D'AGOSTINI et al., 2022; SHEN et al., 2015).

O fornecedor de transporte marítimo pode ser tanto um NVOCC (Transportador Comum Não Proprietário de Embarcação), quanto os proprietários dos navios, denominados armadores. A escolha entre estes 2 agentes irá depender das características do serviço que se deseja contratar, como por exemplo, a necessidade de entrega porta-porta ou porto-porto, além da simplificação da cadeia logística. Por exemplo, uma empresa sem muita experiência na logística internacional pode confiar na experiência dos agentes de carga, que poderão oferecer serviços completos e especializados em todo o processo logístico, desde a coleta da carga até a entrega no destino. Além disso, os agentes de carga podem fornecer informações sobre as regulamentações locais e internacionais, reduzindo o risco de problemas e atrasos no processo de transporte (FANAM; ACKERLY, 2019).

Nos estudos relacionados à decisão de um fornecedor de transporte internacional, existem diferentes perspectivas envolvidas no processo de contratação de um serviço de transporte marítimo, que são o embarcador, o receptor e os agentes de carga. Cada um desses atores pode ter critérios diferentes em relação à escolha do fornecedor, de acordo com suas necessidades específicas. Os estudos identificados que levam em consideração a perspectiva do receptor são os de Brooks (1995), Ergin et al (2022) e Iqbal e Siddiqui (2017).

Brooks (1984, 1985, 1995) realizou um dos mais conhecidos estudos longitudinais na avaliação de desempenho de fornecedores de transporte marítimo. Brooks (1995) explorou as diferenças dos critérios de seleção de fornecedores de transporte de containers na rota do Atlântico Norte para diferentes localizações geográficas e segmentos de clientes. A amostra contou com participantes de 7 países, coletados de maneira aleatória de uma lista de clientes de um fornecedor, com segmentos que variavam de agentes de carga, embarcadores de grande e pequeno porte e receptores. O estudou concluiu que os critérios considerados na seleção de

fornecedores variam de acordo com a localização geográfica e de segmento, mostrando que o mercado não é homogêneo.

Ergin et al (2022) avalia as perspectivas dos clientes na seleção de transportadoras de contêineres oceânicos, utilizando o método Fuzzy TOPSIS em uma empresa de comércio exterior na Turquia. O autor conclui que o critério chave para os receptores é a capacidade de notificar pontualmente o receptor.

Iqbal e Siddiqui (2017) visaram avaliar os fatores que influenciam a seleção de linhas de navegação de contêineres no Paquistão, a partir da perspectiva de profissionais da área de logística no Paquistão. O estudo conclui que Confiabilidade, custo de transporte, responsividade, orientação em TI e comunicação são os critérios fundamentos na escolha do fornecedor de transporte marítimo.

A maioria dos estudos têm considerado a perspectiva dos embarcadores para a seleção de critérios de escolha de transportadores. Embora esses estudos não levem em conta a perspectiva dos receptores, possuem critérios importantes que servem como base teórica relevante para a seleção de critérios na escolha de transportadores marítimos.

Saldanha et al. (2009) tem como objetivo investigar como a variação de velocidade e variabilidade do tempo de trânsito no serviço porta-porta influência nos custos da cadeia de suprimentos internacional. No que tange aos critérios considerados como importantes para a seleção de fornecedores, o autor afirma que, principalmente quando o foco é a redução de custos, levar em consideração o tempo de trânsito deve ser uma prioridade no processo de seleção.

Yang et al (2010) apresenta um estudo que utiliza a técnica “Analytic Network Process” (ANP) para selecionar provedores de serviços logísticos para cargas aéreas. O estudo foi conduzido em Hong Kong e contou com a participação de 16 especialistas em logística. Os resultados do estudo mostram que a ANP pode ser uma ferramenta útil para auxiliar na seleção de provedores de serviços logísticos para cargas aéreas e utiliza 3 critérios na avaliação dos fornecedores, que são custo, qualidade e confiabilidade. As alternativas se diferenciam entre si basicamente em relação à responsabilidade dos serviços (desembaraço, transporte rodoviário etc.) e quantidade de recursos e equipamentos.

Kannan et al. (2011) tem como objetivo a avaliação dos critérios de seleção de transportadoras de contêineres oceânicas a partir da perspectiva dos embarcadores indianos. Os critérios de avaliação foram definidos a partir de revisão de literatura, entrevistas por telefone

com 15 embarcadores e discussões em grupos com especialistas com mais de 5 anos de experiência. Foram levantados 45 critérios para avaliação, divididos em 7 grupos: Taxas de fretes, Serviço ao cliente, Operações, Reputação, Infraestrutura, Prazos e tecnologia da informação e comunicação. O método para avaliação dos critérios foi o Processo Hierárquico Analítico (AHP) e os resultados mostram que critérios relacionados às taxas de fretes foram vistos como os mais importantes, sendo o mais bem colocado o critério de "baixo custo de frete" e o segundo a "flexibilidade na precificação".

Shen et al. (2015) tem como objetivo a seleção de empresas de transporte marítimo na China. Os autores utilizaram o método de Processo Hierárquico Analítico (AHP), que permite avaliar os critérios de seleção de transportadoras e classificá-los por ordem de importância. A pesquisa foi realizada considerando a perspectiva dos embarcadores, com especialistas com mais de 12 anos no transporte de cargas internacionais. Foram levantados 18 critérios, divididos em 4 grupos: Confiabilidade, Capacidade, Qualidade do serviço e Velocidade e flexibilidade de operação. Os resultados indicaram que os fatores mais relevantes para a seleção de transportadoras foram a qualidade do serviço, a confiabilidade e a segurança, sendo como critério específico mais bem avaliados o grau de dano à carga.

Jia et al. (2015) apresentam um estudo sobre a seleção de um transportador marítimo ambientalmente responsável. O estudo foi conduzido com 7 companhias de transporte indianas, com mais de 10 anos de atividade. Os autores utilizam a técnica DEMATEL para identificar e avaliar os critérios influentes na seleção de um transportador marítimo. Foram identificados 18 critérios e a análise revelou que os 3 critérios melhor avaliados foram a disponibilidade de equipamentos especiais, capacidade de lidar com entregas especiais com prioridades e urgência e certificações ambientais. O estudo apresenta implicações importantes para as empresas que desejam selecionar transportadores marítimos mais responsáveis e sustentáveis do ponto de vista ambiental.

Yang e Sung (2016) tem como objetivo identificar estratégias para melhorar a qualidade de serviço em transportadoras marítimas. A pesquisa foi conduzida através de uma revisão da literatura existente sobre a qualidade de serviços em logística, análise da indústria de transporte marítimo e uma pesquisa de campo com executivos de empresas de logística. Foram identificadas 4 dimensões de percepção de qualidade de serviço com 20 critérios no total. Dentre as estratégias identificadas, destacam-se: 1) Garantir acurácia e eficiência nas respostas ao time de vendas dos clientes 2) Treinamento da equipe 3) Explorar o papel do time de vendas

na melhoria dos serviços de qualidade ao cliente. Os resultados indicam que a adoção dessas estratégias pode melhorar significativamente a qualidade de serviços e a satisfação do cliente em empresas de logística.

Fanam et al. (2018) apresenta uma pesquisa realizada na perspectiva dos agentes de carga para identificar os critérios de seleção mais críticos para os operadores de transporte marítimo. O estudo utilizou 39 critérios para seleção de fornecedores, definidos a partir de discussões com acadêmicos e profissionais atuantes no segmento de agenciamento de cargas. A pesquisa utilizou a metodologia de pesquisa de "survey" com questionários estruturados para coletar dados. A análise dos resultados foi feita por meio de técnicas estatísticas descritivas e análise de regressão múltipla. Os resultados mostram que o principal critério é a confiabilidade no tempo de trânsito, seguido de acurácia dos documentos, custo dos fretes, qualidade do serviço, serviços porta-a-porta e impactos ambientais.

D'Agostini et al. (2022) analisa de maneira qualitativa e quantitativa como os embarcadores abordam os critérios de seleção dos armadores oceânicos pelos exportadores em Hong Kong. O método utilizado foi o Q-sorting, que consiste em uma técnica de análise de dados que permite identificar padrões de escolha dos indivíduos. Foram entrevistados 29 exportadores em Hong Kong, sendo 6 profissionais relacionados à empresa que é dona da mercadoria que está sendo transportada e 23 profissionais que atuam em empresas de agenciamento de carga. Foram selecionados e classificados 36 critérios de seleção dos armadores oceânicos, utilizando uma escala de Likert de sete pontos. Os resultados foram analisados por meio do software PAST, que identificou quatro agrupamentos de critérios de seleção: 1) custo e qualidade dos serviços, 2) confiabilidade e segurança, 3) capacidade e flexibilidade, e 4) imagem e reputação. Os resultados indicam que os exportadores em Hong Kong valorizam, principalmente, os custos e a qualidade dos serviços dos armadores oceânicos em suas escolhas.

O Quadro 2 apresenta um resumo dos principais critérios de seleção de fornecedores de transporte marítimo, juntamente com as perspectivas dos estudos e os métodos utilizados no ranqueamento desses critérios.

Quadro 2 Principais critérios de seleção de fornecedores de transporte marítimo.

Autor	Perspectiva	Principais critérios	Método
Jia et al. (2015)	Embarcadores	Disponibilidade de equipamentos especiais, Capacidade de lidar com entregas especiais com prioridades e Urgência e certificações ambientais	DEMATEL
Yang e Sung (2016)	Embarcadores	Atendimento ao cliente, Experiência da equipe, qualidade do serviço e	Número Fuzzy e Desdobramento da Função Qualidade (QFD)
D'Agostini et al. (2022)	Embarcadores	Custo, Qualidade do serviço, Confiabilidade, Segurança, Capacidade, Flexibilidade e Reputação	Q-sorting
Ergin et al (2022)	Embarcadores, Receptores e Agentes de carga	Capacidade de notificar pontualmente o receptor	Fuzzy
Fanam et al. (2018)	Agentes de carga	Confiabilidade no tempo de trânsito, acurácia dos documentos, custo dos fretes, qualidade do serviço, serviços porta-a-porta e impactos ambientais.	Análise fatorial exploratória
Shen et al. (2015)	Embarcadores	Qualidade do serviço, a confiabilidade e a segurança	AHP
Kannan et al. (2011)	Embarcadores	Custo de frete e flexibilidade na precificação	AHP
Iqbal e Siddiqui (2017)	Agentes de carga e embarcadores	Confiabilidade, custo de transporte, responsividade, orientação em TI e comunicação	Regressão múltipla

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

2.3. AS LACUNAS NA SELEÇÃO DE MODAL E FORNECEDOR DE TRANSPORTE

Em relação às lacunas dos estudos atuais, foram observadas as oportunidades que estão relacionadas com os métodos e critérios. Hruška et al. (2021) alertam para a importância de se considerar a especificidade da cadeia de suprimentos, o que impacta diretamente nos critérios e subcritérios a serem considerados. Portanto, a aplicação de MMCAD no contexto da cadeia de suprimento da indústria automobilística tende a identificar os critérios importantes para a realidade dessa indústria específica, contribuindo para a construção do conhecimento prático.

Conforme verificado na revisão de literatura, há pouca variação nos métodos de MMCAD utilizados na seleção de modal de transporte. Isso pode ser verificado no alerta de Arslanhan e Tosun (2021) ao concluírem que uma oportunidade para próximos estudos seria explorar novos métodos. Há ainda uma preocupação com as incertezas e imprecisões das avaliações, principalmente em relação a como os métodos podem levar o viés em consideração.

Outra lacuna encontrada na literatura se refere à possibilidade de se explorar diferentes contextos ou cenários na seleção dos modais de transporte. Macharis et al. (2015) citam que avaliar vários cenários, com efeitos sobre os pesos dos critérios, são oportunidades a serem exploradas em futuros trabalhos.

Portanto, explorar o problema de decisão relacionado às especificidades cadeia de suprimentos internacional da indústria automobilística e o levantamento de diferentes cenários e contextos na decisão são lacunas encontradas na literatura são

2.4. A SELEÇÃO DE MODAL E FORNECEDOR DE TRANSPORTE NA EMPRESA EM ESTUDO.

Na indústria automobilística em estudo, cuja empresa possui sedes em diversos países para atender a uma ampla gama de mercados globais, o processo de decisão de fornecedor e modal de transporte é intrincado e envolve uma coordenação complexa. A responsabilidade de analisar as necessidades de fornecedores e modais de transporte recai sobre o setor de cadeia de suprimentos de cada país onde a empresa está presente. Este setor é encarregado de avaliar fatores como nível de serviços das rotas no seu país de operação, parâmetros de operação e outros elementos que impactam diretamente na eficiência da cadeia de suprimentos local.

Anualmente, ocorre uma negociação global de grande escala, coordenada pela matriz da empresa, para definir os fornecedores e modais de transporte em cada país. Este processo de negociação global assegura que a empresa esteja alinhada com as estratégias globais de fornecimento e logística, ao mesmo tempo em que atende às necessidades específicas de cada mercado local.

A importância da comunicação entre os diferentes países é destacada. Essa comunicação é essencial para alinhar os interesses e necessidades de cada país, garantindo que os melhores fornecedores e modais de transporte sejam selecionados e que os parâmetros de operação sejam adequadamente ajustados para refletir as necessidades locais de cada planta de produção de veículos.

Em conclusão, a complexidade de uma negociação global, especialmente para atender às necessidades de múltiplos países, leva à concessão de autonomia a cada país para escolher e gerenciar sua própria cadeia de suprimentos internacional. Isso permite que a empresa se adapte às particularidades de cada mercado local, ao mesmo tempo em que mantém uma abordagem global coordenada para garantir eficiência e competitividade em escala internacional.

2.5. COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIA (CPP)

A tomada de decisão que leva em consideração diversas alternativas, avaliadas a partir de múltiplos critérios, é uma situação comum nos diversos problemas que encontramos no dia a dia. Existem dois tipos de decisões a serem tomadas: As simples e as complexas. As decisões multicritério, com foco em ordenar, escolher ou alocar em categorias, se situam no campo das decisões complexas, uma vez que a maior variabilidade de alternativas e critérios geram matrizes cada vez maiores. Diante da vasta quantidade de dados gerados, em prol de gerar conclusões e decisões mais assertivas, se faz necessário a utilização de métodos específicos (BASÍLIO et al., 2022).

Em uma revisão sistemática feita por Basílio et al. (2022), a produção científica dos métodos multicritérios apresentou um crescimento de 14,18% a cada ano, mostrando o interesse da comunidade acadêmica na pesquisa e aplicação de abordagem multicritérios na tomada de decisão.

Apesar disso, os métodos multicritérios enfrentam algumas dificuldades, como avaliar quadros com diferentes escalas e medidas de dimensão, a imprecisão e subjetividade nas avaliações e a

dependência entre os critérios e alternativas. Estas são algumas questões que impõem desafios aos métodos de decisão multicritério (ABRAHAM; HASSANIEN; SNÁŠEL, 2009).

A abordagem probabilística proposta por Sant'Anna (2002), propõe que a avaliação das alternativas segundo cada critério seja dada em função de probabilidades de uma determinada opção ser a melhor, ou a menor pior, dentre todas as outras. Logo, ao invés de vetores com as avaliações para cada critério, temos os vetores de probabilidade das alternativas serem as de maior preferência (PARRACHO SANT'ANNA, 2015). De acordo com Sant'Anna (2008), este método pode ser comparado com o DEA, onde as alternativas são avaliadas a partir da distância de sua eficiência individual para a fronteira da melhor eficiência. No caso do CPP, a distância absoluta seria substituída pela probabilidade de se atingir a fronteira da melhor eficiência.

Esta abordagem garante uma série de vantagens, dentre elas o processo de determinação de pesos aos critérios. O papel dos pesos, frequentemente, tende a traduzir a preferência dos diferentes decisores e, por consequência, traz consigo as incertezas e subjetividades. O método CPP, a fim de alcançar uma avaliação global, utiliza uma combinação de probabilidades que dispensa a necessidade de atribuição de pesos (ABRAHAM; HASSANIEN; SNÁŠEL, 2009; SANT'ANNA et al., 2012).

Um benefício adicional da transformação em probabilidades de preferência é o de aumentar a distância entre as alternativas, proporcionando uma melhor priorização das melhores alternativas por parte dos avaliadores. Transformar os ranques de avaliação em probabilidade de preferência garante uma prioridade mais realista, concentrando as preferências em um grupo pequeno de alternativas (PARRACHO SANT'ANNA, 2015).

Já a imprecisão das medidas é levada em consideração em um processo chave do método. Após a realização de avaliações iniciais das alternativas, obtém-se um ranking preliminar. O método considera a imprecisão ao calcular a probabilidade de preferência, fazendo com que as posições das alternativas no ranking preliminar sejam interpretadas como parâmetros de posição (como média, medianas, desvios-padrão e outros) de distribuições de probabilidade (ABRAHAM; HASSANIEN; SNÁŠEL, 2009; SANT'ANNA; SANT'ANNA, 2008).

Com o propósito de compreender quais são os métodos mais empregados na abordagem de problemas relacionados à seleção de transportes e fornecedores, uma revisão de literatura foi conduzida por Gohari et al. (2022) e Yannis et al. (2020) com o intuito de examinar os métodos

aplicados na tomada de decisão de modais de transporte em sistemas uni modais e intermodais rodoviários. Tal revisão identificou que o método AHP prevalece como predominante, seguido pelos métodos Delphi e DEMATEL, ZOGP e ELECTRE, além de outros métodos tais como PROMETHEE, TOPSIS, CFPR, CP, ENTROPY, SIMUS e BWM. A preferência pelo método AHP também pode ser confirmada pelo artigo de Hruška et al (2021), onde o autor justifica a utilização do método AHP como sendo o mais amplamente empregado neste tipo de análise.

Em relação à aplicação do método CPP na área de seleção de modal e fornecedores de transporte podemos citar os estudos de Garcia e Sant'Anna (2015) que analisaram 3 fornecedores logísticos diferentes para o setor de construção situado no sul do estado do Rio de Janeiro. Caillaux et al. (2011) aplica o método na seleção de rotas marítimas para navios de transportes de containers. Garcia et al. (2015) Aplica o método CPP para definir uma ordem de prioridade na combinação de modais no transporte de bioetanol produzido na região Centro-Sul do Brasil.

2.5.1. PASSO A PASSO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO

Em Souza (2016) e Sant'Anna (2015), a aplicação do método CPP é dividida em 4 etapas: a) Definição dos critérios e alternativas b) Transformação das avaliações iniciais em distribuições de probabilidade c) Cálculo das probabilidades de preferência para cada alternativa d) Obtenção das preferências globais. Casado (2018) define a aplicação do método de maneira bem similar, porém alterando a primeira etapa para a quantificação inicial dos atributos.

Já Sant'Anna (2013a) faz referência à um método com 5 passos, adicionando um passo para a definição da forma de composição dos critérios. Em Gavião et al. (2020), apesar de não considerar a escolha da distribuição de probabilidade como uma etapa de aplicação do método, o artigo dá atenção especial para este procedimento, inclusive indicando a utilização de testes estatísticos para definição da melhor distribuição.

2.5.1.1. AVALIAÇÃO PRELIMINAR DAS ALTERNATIVAS

Uma vez definidas as alternativas, os critérios e os avaliadores, é realizada uma análise de preferência inicial. Essa avaliação pode ser dada como um vetor de medição de atributos como peso, velocidade, tempo, quantidade etc.

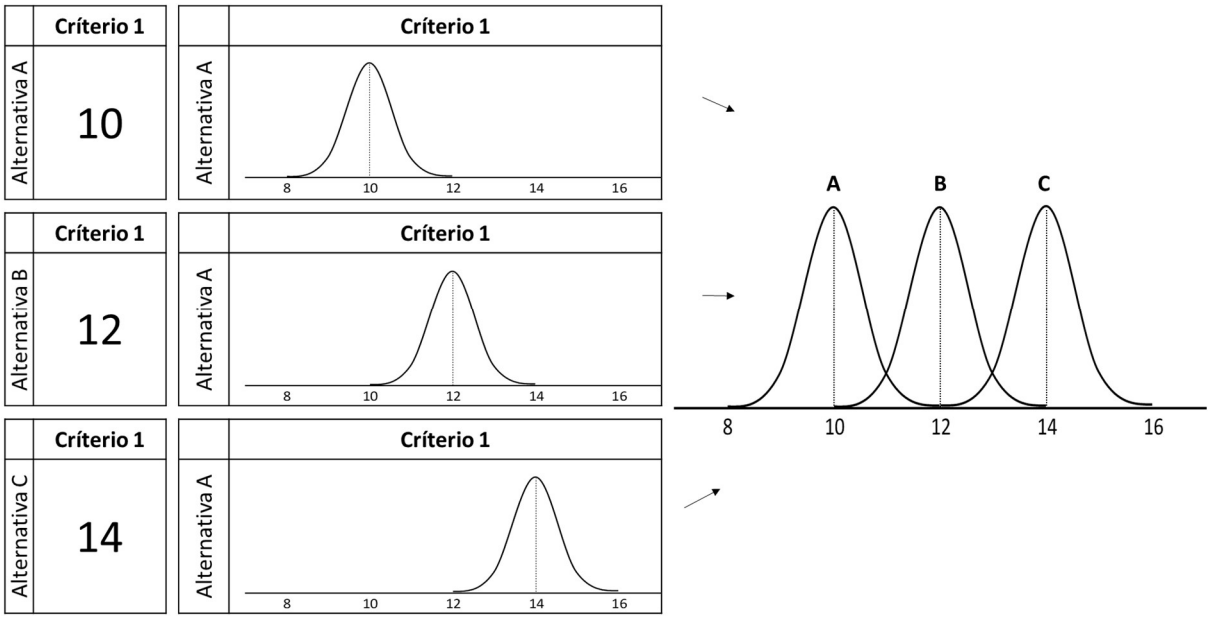
Avaliações de conceitos mais abstratos podem ser medidas escalas de Likert, onde as avaliações padrão de classificações como “muito baixo”, “baixo”, “moderado”, “alto”, “muito alto” são classificados em números de 1 a 5, respectivamente. Há também variações destas escalas com 9 classificações (PARRACHO SANT’ANNA, 2015).

Uma forma de garantir a eficácia do método é utilizar uma escala padrão para as avaliações iniciais, o que facilita a comparação entre as medidas e as futuras interpretações dos resultados (PARRACHO SANT’ANNA, 2015).

2.5.1.2. DEFINIÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADES

Assumindo que há independência entre os distúrbios que afetam diferentes alternativas, os valores obtidos na etapa anterior serão considerados como parâmetros de posição para distribuições de probabilidade. Este procedimento é comumente chamado na literatura de “aleatorização”, onde a variável exata, definida na avaliação inicial, é transformada em uma variável aleatória, variando dentro de uma distribuição de probabilidade. A Figura 2 exemplifica o processo de “aleatorização” de 3 avaliações preliminares genéricas, sendo considerando um distribuição normal (GAVIAO et al., 2020; PARRACHO SANT’ANNA, 2015; PRINCIPE et al., 2017).

Figura 2 "aleatorização" de medidas preliminares genéricas.



Fonte: (GAVIAO et al., 2020)

De acordo com Sant'Anna (2015), A ideia central da "aleatorização" é a transformação de cada medida de determinado atributo em um intervalo de possíveis valores que poderiam ocorrer caso aquele atributo fosse medidos diversas vezes. Portanto, a distribuição de probabilidade a ser considerada irá ter influência nos possíveis valores de um atributo. Logo, definição da distribuição de probabilidade é um passo importante no método, tendo impacto direto nas dos resultados finais de preferência das alternativas (SANT'ANNA; SANT'ANNA, 2008). É nesse passo em que as imprecisões e erros de medidas são levadas em consideração.

Em um levantamento realizados por Casado (2018), as distribuições já utilizadas na aplicação do método foram a Beta, Empírica, Normal, Pareto, Triangular e Uniforme. O Quadro 3 apresenta um panorama das distribuições para 16 estudos, resumindo o objetivo do estudo e o argumento para a utilização da sua respectiva distribuição.

Quadro 3 Panorama das aplicações do CPP, suas distribuições e respectivos argumentos para a distribuição escolhida.

Autor	Aplicação	Distribuição	Argumento
Gavião et al. (2021)	Ranqueamento de criminosos	Beta-PERT	Sem justificativa.
Vieira et al. (2020)	Priorização de principais barreiras de desenvolvimento	Beta-PERT	Utilização de escalas de Likert.
Gavião et al. (2020)	Comparação entre dois modelos de aviação para missões de emergência	Beta-PERT	Melhor se adequa aos seus dados.
Souza (2016)	Priorizar alternativas de sistemas para implementar logística reversa	Beta-PERT	Distribuição aplicada em casos de assimetria assumida, além de ter maior flexibilidade para lidar com valores da amostra.
Gavião et al. (2019)	Aplicação do método CPP utilizando distribuições empíricas	Empírica	Distribuição utilizada em casos no qual o número de alternativas é menor que o número de pontos na escala de avaliação ou elevado número de avaliadores.
Sant'Anna et al. (2016)	Impacto dos antigos cursos nas habilidades de um aluno	Normal	Sem justificativas.
Sant'Anna (2008)	Avaliação da eficiência na exploração de recursos geográficos de hidrelétricas	Pareto	Buscar explorar valores que se encontram no limite das fronteiras. Usado principalmente em avaliações de relações Insumos e Produtos.
Sant'Anna (2022)	Avaliação de método de limpeza de esgoto	Triangular	Capacidade de lidar de maneira assimétrica com as dispersões.

Autor	Aplicação	Distribuição	Argumento
Sant'Anna e Ribeiro (2009)	Identificação dos melhores clientes	Triangular	Sem justificativa.
Principe et al. (2017)	Ranqueamento da performance de times de futebol	Triangular	Utilizado quando há a disponibilidade dos valores de limite inferior, superior e valores mais prováveis. É a maneira mais natural de "*fuzzify*" medidas exatas.
Sant'Anna et al. (2018)	Ranqueamento dos país de acordo com o Índice de desenvolvimento humano.	Triangular	Indisponibilidade de dados e características dos dados, que combinam com o comportamento da distribuição.
Garcia e Sant'Anna (2015)	Seleção de fornecedores e transportadores no setor de construção	Triangular	Características da distribuição em reduzir a influência de possíveis erros de avaliações iniciais.
Sant'Anna et al. (2011)	Nova combinação dos indicadores que compõe o Índice de desenvolvimento humano das nações unidas.	Triangular	É a distribuição mais utilizada em funções que pertencem a números de *Fuzzy*.
Sant'Anna (2014)	Avaliação da qualidade de gestão no setor varejista	Triangular e Normal	Para a triangular, faz referência à assimetria característica desta distribuição. Para a normal por ser uma distribuição clássica.
Treinta et al. (2013)	Seleção e priorização de artigos	Triangular e Normal	Sem justificativa.
Ribeiro et al. (2015)	Classificação das lojas de acordo com sua eficiência operacional	Triangular e Normal	São as distribuições mais utilizadas

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

A escolha da melhor distribuição para a avaliação de um critério pode tomar diversos caminhos. De acordo com Sant'Anna (2008), a escolha da distribuição de probabilidades, bem como outros de seus parâmetros, deve levar em consideração o tipo de variáveis que estão sendo avaliadas e quais são os objetivos do estudo. Em Sant'Anna (2008), a distribuição de Pareto é preferível em função do objetivo do autor, que é explorar os critérios que devem ser minimizados, concentrando nas variáveis que se localizam nos limites inferiores da distribuição.

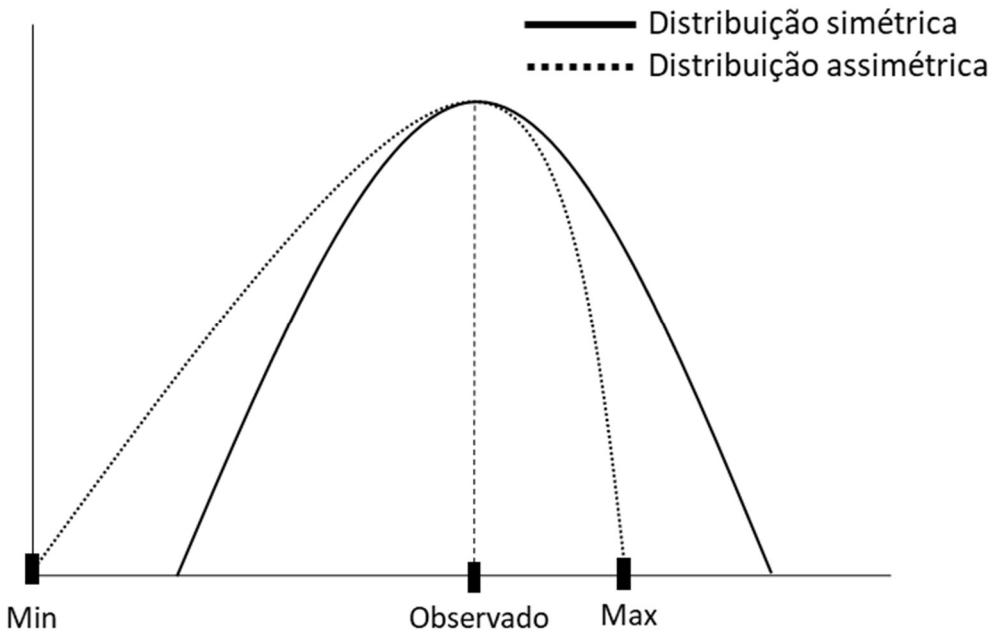
Os valores obtidos pelas avaliações iniciais também podem servir como base para a definição da distribuição de probabilidades. Em Sant'Anna et al. (2011), é aplicado a distribuição triangular, com os limites inferior e superior definidos com base nos valores máximos e mínimos observados.

Há distribuições que, devido a sua natureza, se adequam a características de alguns problemas. Vieira et al. (2020) e Sant'Anna (2011) justificam as suas distribuições com base nos tipos de valores utilizados nas avaliações inicias. O primeiro utiliza a distribuição beta para os valores medidos em escala de Likert e o segundo a distribuição triangular para valores em números de Fuzzy.

Gavião et al. (2019) indica que a distribuição empírica seja utilizada em casos no qual o número de alternativas é menor que o número de pontos na escala de avaliação ou elevado número de avaliadores. Sant'Anna et al. (2018) utiliza a distribuição triangular pois, além de combinar com o comportamento dos seus dados, é a mais indicada em situações em que os dados disponíveis são escassos.

Uma diferenciação importante a ser feita em relação às distribuições é em relação à sua simetria. De maneira geral, no processo de "aleatorização", a dispersão dos dados deve ocorrer de maneira simétrica. Porém, em situações em que os valores observados iniciais são próximos aos limites possíveis, as distribuições simétricas podem ocasionar a preferência dos valores próximos às fronteiras. A Figura 3 exemplifica a diferença entre duas distribuições em um caso de valor observado inicial próximo às fronteiras de valores do atributo.

Figura 3 Comparação entre distribuições assimétricas e simétrica em um caso de valor observado inicial próximo às fronteiras de valores do atributo.



Fonte: elaborado pelo Autor (2022)

A partir da Figura 3, podemos observar o efeito da utilização de distribuições assimétricas, com as dispersões dos dados em função da localização do valor observado inicial compensando os desvios, com o exemplo da curvatura do lado próximo à fronteira apresentando uma curvatura acentuada e a oposta mais suave.

2.5.1.3. CÁLCULO DAS PROBABILIDADES DE PREFERÊNCIA

O cálculo das probabilidades de preferência segundo cada critério é a parte mais trabalhosa em termos de cálculo e trabalho computacional (SANT'ANNA, 2013a, 2013b). O objetivo é calcular a probabilidade de cada alternativa ser a melhor para cada critério (PARRACHO SANT'ANNA, 2015).

Com a avaliação inicial de cada alternativa segundo determinado critério, nós temos a definição de um vetor de avaliações iniciais das n alternativas para um critério j. A medida de preferência para cada alternativa é dada pela probabilidade de, em uma amostra formada por

variáveis aleatórias definidas pelas distribuições de probabilidade utilizadas, o valor obtido ser maior que a de todas as outras $n-1$ alternativas (PARRACHO SANT'ANNA, 2015).

Em termos formais, o vetor $e_j = (e_{1j}, \dots, e_{nj})$ é considerado como o vetor de avaliações iniciais das n alternativas pelo critério j e o vetor $E_j = (E_{1j}, \dots, E_{nj})$ como o vetor das avaliações aleatórias definidas a partir da distribuição de probabilidade escolhida. Dessa forma, a medida de preferência para uma determinada alternativa a dentro do conjunto das n alternativas poder ser dada pela equação (1) (PARRACHO SANT'ANNA, 2015).

$$Prob\left(E_{aj} \geq E_{bj}\right) para\ todo\ b\ entre\ 1\ e\ n \qquad (1)$$

Para um problema onde apenas duas alternativas são comparadas, denominadas X e Y, e considerando independência entre os distúrbios que afetam a avaliação de diferentes alternativas, pode-se representar a equação (1) conforme a equação (2) (GAVIAO et al., 2020; SANT'ANNA, 2013b; SANT'ANNA; SANT'ANNA, 2008).

A hipótese da independência nos permite calcular a probabilidade de ocorrência conjunta de dois eventos através do produto das probabilidades individuais de cada evento (FAVERO; BELFIORE, 2017).

$$P(X > Y) = \int_{LX}^{UX} \int_{LY}^{x} f_X \cdot f_Y dxdy \qquad (2)$$

A função de distribuição acumulada de uma variável aleatória corresponde à soma das probabilidades dos valores de x_i menores ou iguais a x e pode ser dada pela equação (3).

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)dx \qquad (3)$$

A equação (2) é reescrita da seguinte maneira (GAVIAO et al., 2020).

$$P(X > Y) = \int_{\Omega_X} F_Y \cdot f_X dx \quad (4)$$

Onde F_y, f_x e Ω_X são respectivamente a função de distribuição cumulativa, função densidade de probabilidade e o domínio das variáveis aleatórias X e Y.

Na aplicação onde há mais de duas alternativas, a equação (4) pode ser estendida para a seguinte definição (GARCIA; SANT'ANNA, 2015):

$$P(X_i \geq X_1, X_2, K, X_{i-1}, K, X_n) = \int_{\Omega_{X_i}} \left[\prod_{j \neq i} F_{X_j}(x_i) \right] f_{X_i}(x_i) dx_i \quad (5)$$

Na equação (5), consideramos que $i = (1, \ldots, n)$, onde n é o número de alternativas. A sequência de produtos dentro do colchetes representa o produto das probabilidades das variáveis serem menores que X_i, para todas as outras posições envolvidas na análise (GARCIA; SANT'ANNA, 2015).

De acordo com Sant'Anna (2015), o cálculo das probabilidades de preferência para amostras muito grandes, com mais de 20 alternativas, acarreta em valores de preferência cada vez menores. Este efeito pode atrapalhar o analista no processo de definição das melhores alternativas. Nestes casos, a fim de simplificar os cálculos, a divisão das alternativas em classes é recomendável. Dessa maneira, as alternativas seriam comparadas somente entre as de mesma classe ou perfil, e não mais com todas as alternativas do problema (PARRACHO SANT'ANNA, 2015; SANT'ANNA et al., 2012).

2.5.1.4. PONTOS DE VISTA

A composição de preferência de acordo com diferentes critérios visa obter uma pontuação única de preferência. De acordo com Sant'Anna (2015) e Gavião et al. (2020), existem diferentes formas de agregação das preferências, por exemplo, por soma ponderada, por capacidades de Choquet, por combinação de eixos, entre outros.

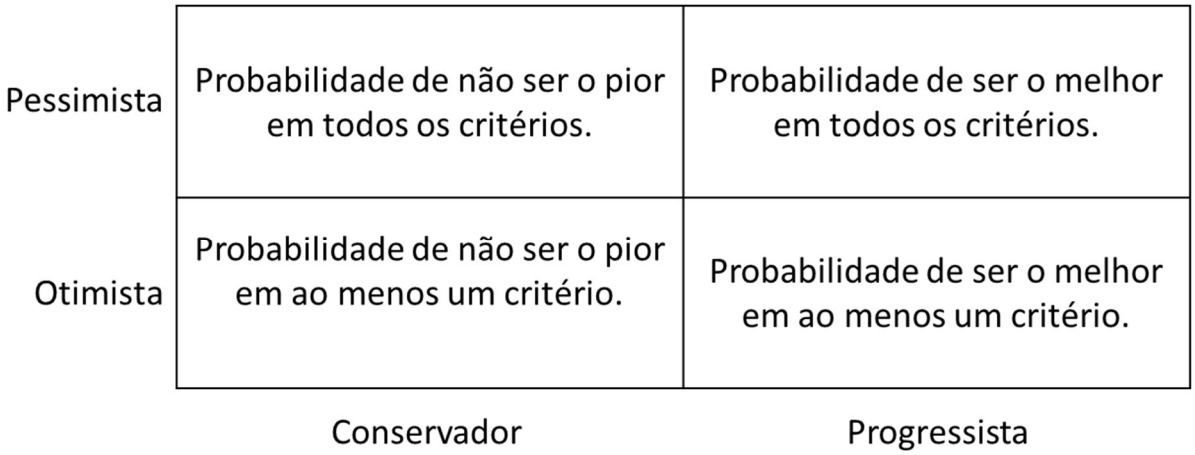
A combinação por eixos tem sua aplicação facilitada no método CPP em virtude da natureza probabilística do método. Além disso, fugir da necessidade de definir pesos para critérios ou grupos de critérios é visto como uma vantagem desta forma de composição (PARRACHO SANT'ANNA, 2015).

Os eixos utilizados no método são dois: progressista – conservador e otimista – pessimista. O eixo progressista – conservador está relacionado à visão assumida pelo analista na construção da composição. Em termos práticos, o progressista visa maximizar ganhos em sua escolha final, tendo como referência a fronteira de excelência. O conservador, por outro lado, busca minimizar perdas em sua preferência final, tomando como referência o distanciamento da fronteira de pior desempenho.

Já o eixo otimista – pessimista está relacionado à forma como as probabilidades são combinadas. Uma forma de ilustrar esse eixo é a utilização dos conectivos "e" e "ou" na combinação das probabilidades de preferência. O ponto de vista otimista considera suficiente atingir resultados satisfatórios em pelo menos um critério. Desta forma, considerando o conectivo "ou", todos os critérios são avaliados. O ponto de vista pessimista, por outro lado, considera que os resultados sejam satisfatórios em todos os critérios (PARRACHO SANT'ANNA, 2015; SANT'ANNA, 2013a; VIEIRA et al., 2020).

Da combinação destes dois eixos surgem quatro possibilidades: a) pessimista conservador b) pessimista progressista c) otimista conservador e d) otimista progressista. O que cada combinação aborda está sumarizada na Figura 4 (PARRACHO SANT'ANNA, 2015).

Figura 4 Possíveis combinações e suas ideias de composição.



Fonte: Sant'Anna (2015)

Essa abordagem também pode ser aplicada a grupos de critérios. Neste caso, os critérios são divididos em dois ou mais grupos e diferentes pontos de vista podem ser aplicadas a cada grupo. A divisão em grupos ocorre quando há grupos de critérios mais prioritários que outros e que, portanto, exigem combinações de pontos de vista mais específicas. Posteriormente, as avaliações de cada grupo são combinadas para atingir uma preferência global (PARRACHO SANT'ANNA, 2015; SANT'ANNA, 2005, 2013a).

Uma hipótese importante no cálculo da composição de preferência global é a de correlação entre os critérios. Uma vez que quantificar uma correlação é uma tarefa difícil, as hipóteses para considerar as perturbações que afetam os diferentes critérios são duas: de independência e correlação máxima. A utilização da correlação máxima entre os critérios deve ser aplicada em eventos do mesmo tipo, como por exemplo entre todos os eventos do tipo "maximizar a preferência de um determinado critério", "não maximizar", "minimizar" ou "não minimizar (PARRACHO SANT'ANNA, 2015; SANT'ANNA, 2013a).

Na falta de bons argumentos para correlação, a hipótese de independência deve ser a preferida. Uma das razões é que a hipótese de independência garante o uso de todas as probabilidades relativas à um determinado critério, enquanto a correlação máxima utiliza somente as menores e maiores, desprezando os outros valores. Além disso, a ausência de correlação entre as perturbações tende a facilitar os cálculos e é também a mais utilizada. Apesar disso, em caso de

diferença significativa entre os valores das duas hipóteses, uma pesquisa para determinar a influência da correlação entre os critérios deve ser realizada (PARRACHO SANT'ANNA, 2015; SANT'ANNA, 2013b, 2013a).

O cálculo das probabilidades globais parte, inicialmente, no cálculo das probabilidades de maximizar e minimizar a escolha por uma determinada alternativa, denominados de M_{ij} e m_{ij}, respectivamente. Considerando que i represente as alternativas e k um determinado critério, as equações de M_{ij} e m_{ij} estão representadas abaixo.

$$M_{ik} = \int_{\Omega_{X_i}} \left[\prod_{j \neq i} F_{X_j}(x_i) \right] f_{X_i}(\mathrm{x_i}) \mathrm{dx_i} \tag{6}$$

$$\mathrm{m_{ik}} = \int_{\Omega_{\mathrm{X_i}}} \left[\prod_{\mathrm{j \neq i}} (1 - \mathrm{F_{X_j}(x_i)}) \right] \mathrm{f_{X_i}(x_i) dx_i} \tag{7}$$

Os pontos de vista podem ser expressos através da combinação da equação (6) e equação (7), conforme o Quadro 4.

Quadro 4 Relação de equações para quantificação dos pontos de vista.

Ponto de Vista	**Composição**	**Equação**
Pessimista - Progressista	Probabilidade de ser o melhor em todos os critérios.	$\prod \mathrm{M_{ik}}$
Pessimista - Conservador	Probabilidade de não ser o pior em todos os critérios.	$\prod (1 - \mathrm{m_{ik}})$
Otimista - Conservador	Probabilidade de não ser o pior em ao menos um critério.	$1 - \prod \mathrm{m_{ik}}$
Otimista - Progressista	Probabilidade de ser o melhor em ao menos um critério.	$1 - \prod (1 - \mathrm{M_{ik}})$

Fonte: Sant'Anna (2015) e Vieira et al. (2020).

2.6. ESCALA DE LIKERT

A escala Likert é comumente usada em métodos de pesquisa em ciências sociais para medir as atitudes, opiniões e percepções dos respondentes. O principal objetivo do uso da escala de Likert na pesquisa é medir atitudes ou opiniões com maiores nuances. Em vez de simplesmente perguntar se os entrevistados concordam ou discordam de uma afirmação, uma escala de Likert permite que os participantes expressem suas percepções sobre a pergunta ou afirmação (MONTEIRO, 2021). Os valores utilizados na escala de Likert e seu significado estão na Figura 5.

Figura 5 Valores da escala de Likert e seus significados.

Concordo plenamente	Concordo	Incerto	Discordo	Discordo plenamente
5	4	3	2	1

Fonte: (IMPROTA et al., 2019)

A escala de Likert consiste em uma série de afirmações ou perguntas às quais os participantes devem responder selecionando uma escala, que geralmente varia de cinco a sete pontos, onde o participante pode indicar seu nível de concordância ou discordância (MAGAÑA et al., 2020).

Existem várias vantagens no uso das escalas de Likert na pesquisa:

- É uma escala simples e fácil de entender para os entrevistados, tornando-os adequados para diversas áreas temáticas e grupos de entrevistados variados (SENE, 2019);
- Captura a variabilidade nas opiniões e ideias dos entrevistados, permitindo uma análise aprofundada de atitudes, percepções ou comportamentos (SENE, 2019);
- As pontuações numéricas associadas às respostas da escala de Likert permitem uma análise estatística, sendo uma boa escolha para estudos quantitativos de grande escala (ROTTA BONFIM; CUNHA DE SOUZA, 2021);
- É flexível e pode ser utilizada com muitos tipos de perguntas de pesquisa, oferecendo versatilidade aos pesquisadores (DALMORO; VIEIRA, 2014);
- Minimizam o impacto das respostas "extremas", pois os dados coletados são ordinais e não binários (DALMORO; VIEIRA, 2014);
- As escalas de Likert podem ajudar a medir tanto a direção (concordar ou discordar) quanto a intensidade (quão fortemente) os entrevistados se sentem sobre o tópico (SILVA et al., 2022).

Existem algumas limitações e desafios associados ao uso das escalas de Likert em pesquisas. A escala de Likert pressupõe que as avaliações e opiniões dos respondentes podem ser traduzidas em uma escala linear, o que pode não ser adequado em todos os contextos ou para todas as variáveis de estudo. Algumas pessoas podem encontrar dificuldades em expressar níveis sutis de concordância ou discordância, especialmente quando a escala não oferece opções de neutralidade (MONTEIRO, 2021; THIENGO; FONSECA; LOVISI, 2014).

Os cuidados ao aplicar a escala de likert em pesquisa são importantes para garantir a confiabilidade e validade dos resultados. Dentre estes cuidados, podemos destacar a importância de garantir a clareza e objetividade das perguntas ou afirmações apresentadas aos participantes, evitando ambiguidades ou termos vagos (DALMORO; VIEIRA, 2014).

Em relação à aplicação da escala de Likert em conjunto com o método CPP, Sant'Anna (2015) cita que utilizar a escala de Likert, ou qualquer outra escala, é uma regra fundamental de aplicação do método de CPP pois facilita as comparações e a uniformização das avaliações.

2.7. CLASSIFICAÇÃO ABC DE INVENTÁRIOS

A análise ABC ou método ABC foi desenvolvida em meados de 1950 pela empresa General Eletrics e é uma das técnicas mais utilizadas para classificar itens que compõe inventários (ARIKAN; CITAK, 2017; NALLUSAMY; BALAJI; SUNDAR, 2017). A análise provê informações sobre como os recursos estão sendo utilizados dentro de uma determinada companhia, o que auxilia na determinação da eficiência da alocação de recursos e tempo no controle do inventário (KAMPF et al., 2016).

Esta regra é baseada no princípio de Pareto, também conhecido como Regra 80/20 ou Regra de Pareto. Este princípio estabelece que 20% das causas são responsáveis por 80% das consequências. A partir deste princípio, os itens de um determinado estoque são classificados em 3 categorias denominadas A, B e C. O principal critério utilizado é o custo anual de cada item, que pode ser calculado através do produto entre o custo unitário de cada item e sua utilização anual.

A análise propõe que a classe A seja composta por uma pequena parcela dos itens do inventário, porém com valor de consumo anual elevado. A classe C representa o oposto, um elevado número de itens, mas com valor de consumo anual baixo. A classe B estaria intermediária entre estas duas classes (ARIKAN; CITAK, 2017; KUČERA; SUK, 2019). Diante disso, o foco de

uma companhia, em termos de alocação de tempo e recursos, deve ser nos itens dentro da classe A.

2.7.1. PASSO A PASSO PARA CLASSIFICAÇÃO ABC

O passo a passo para aplicação da método ABC pode ser classificada como: a) Coleta de dados b) Processamento dos dados c) Construção da tabela e gráficos ABC e d) Classificação dos itens em cada categoria (LIU; WU, 2014; NALLUSAMY; BALAJI; SUNDAR, 2017).

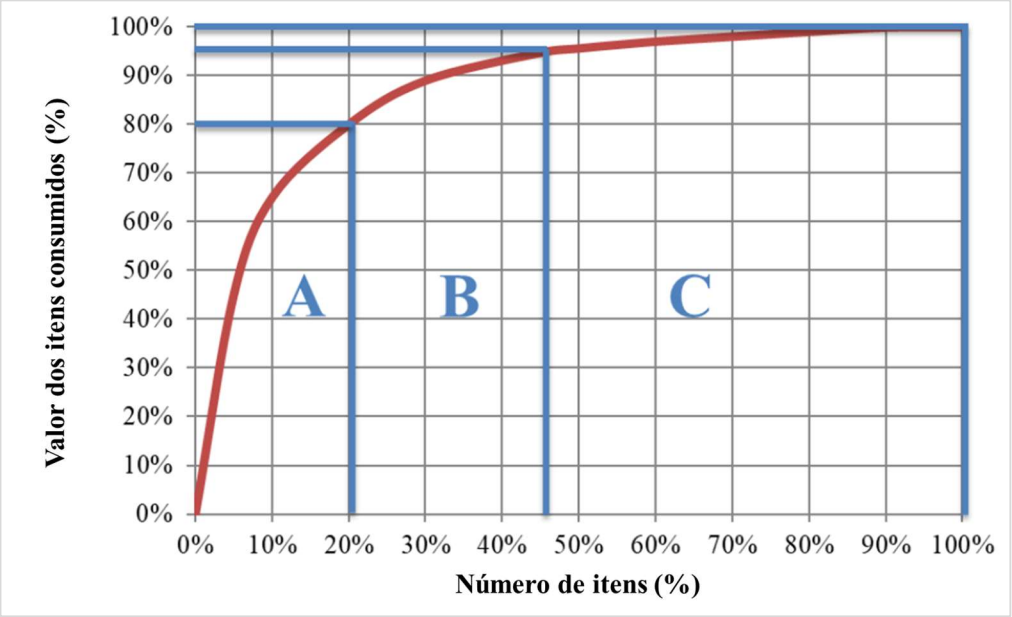
Os dados necessários para a aplicação do método são a expectativa de utilização de peças, dados em quantidade de peças, e o valor unitário de cada peça. De acordo com Nallusamy et al. (2017) e Liu e Wu (2014) o processamento dos dados ocorre nas seguintes etapas:

1) Cálculo do valor total, a partir da multiplicação do valor unitário de cada peça pelo valor de expectativa de uso.
2) Ranquear a lista de acordo com o valor total calculado no passo 1 em ordem decrescente, dos itens de maior valor para os de menor valor.
3) Calcular a razão da quantidade utilizada individual de cada item em relação ao somatório total de itens utilizados
4) Calcular a razão do custo individual de cada item em relação ao somatório total de custos.
5) Calcular as porcentagens acumuladas tanto das quantidades de utilização quanto dos valores.

Com base nos valores e etapas anteriores, construímos a tabela e os gráficos da classificação ABC. A tabela deve ser construída contendo as seguintes colunas: Quantidade esperada de utilização, Valor unitário, Valor total do estoque, Razão individual de quantidade, Razão individual de quantidade acumulada, Razão individual de valor, Razão individual de valor acumulada. Importante se anteder ao passo 2 do processamento de dados, em que os dados de valor total devem ser ranqueados em ordem decrescente.

O gráfico é construído através de um gráfico de dispersão, relacionando as colunas de razão individual de quantidade acumulada no eixo das abscissas e a razão individual de valor acumulada no eixo das ordenadas. A Figura 6 mostra um exemplo das divisões das classes A, B e C no gráfico de dispersão.

Figura 6. Gráfico de dispersão do método ABC, mostrando as regiões de cada classe.



Fonte: (KUČERA; SUK, 2019)

O último passo se refere à classificação de cada item nas categorias A, B e C. Esta etapa é auxiliada pela tabela e gráficos construídos na etapa anterior e pode seguir 3 métodos de classificação: O empírico, o gráfico e o diferencial (MILKOVA, 2020).

2.7.2. MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO ABC

Existem 3 formas de se classificar um inventário nas categorias A, B e C: O método empírico, o método gráfico e o método diferencial. O método empírico adotado envolve a análise dos pontos percentuais para classificação dos itens de acordo com um critério específico. O Grupo A compreende os primeiros 20% dos membros, o Grupo B abrange os próximos 30%, e o Grupo C é formado pelos 50% restantes.

O método gráfico consiste no cálculo unitário proporcional de cada item do inventário a partir da Equação (8), sendo q_i a proporção relativa individual de cada item do inventário, variando de $i = 1, 2, 3, \dots, N$ e c_i o valor do critério para cada item do inventário.

$$q_i = \frac{c_i}{\sum_{i=1}^{N} c_i} \times 100 \quad (8)$$

Graficamente, os valores de q_i são plotados no eixo das ordenadas e os valores de $i = 1, 2, 3, \ldots, N$ nas abscissas. Traça-se então uma linha entre o ponto O (0,0) e o ponto D (N, $\sum q_N$). Uma paralela dessa linha é traçada tangenciando a curva ABC, sendo o ponto da tangente denominado de O' e servindo como referência para diferenciar a categoria A da B. Uma nova linha é traçada entre o ponto O' e D e o processo de tangenciar se repete, desta vez para identificar o ponto de corte entre as categorias B e C (MILKOVA, 2020).

No método diferencial, o valor total do inventário para o critério específico é calculado a partir do somatório para todos os N elementos. O valor médio para o critério, denominado de p, é calculado pela equação (9).

$$p = \frac{\sum c_i}{N} \quad (9)$$

Sendo $i = 1, 2, 3, \ldots, N$ elementos do inventário.

A classificação dos itens que compõe o inventário é feita de acordo com os valore unitários de cada item, sendo que itens com valor do critério 6 vezes maior que o valor de p são definido na classificação A. Itens com no máximo $0{,}5p$ são classificados na categoria C. O restante é classificado como B (MILKOVA, 2020).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1.CLASSIFICAÇÃO E ETAPAS DA PESQUISA

O Quadro 5 apresenta as quatro classificações da pesquisa: Natureza, Abordagem, Objetivos e Procedimentos, acompanhadas das justificativas e referências que nortearam sua seleção.

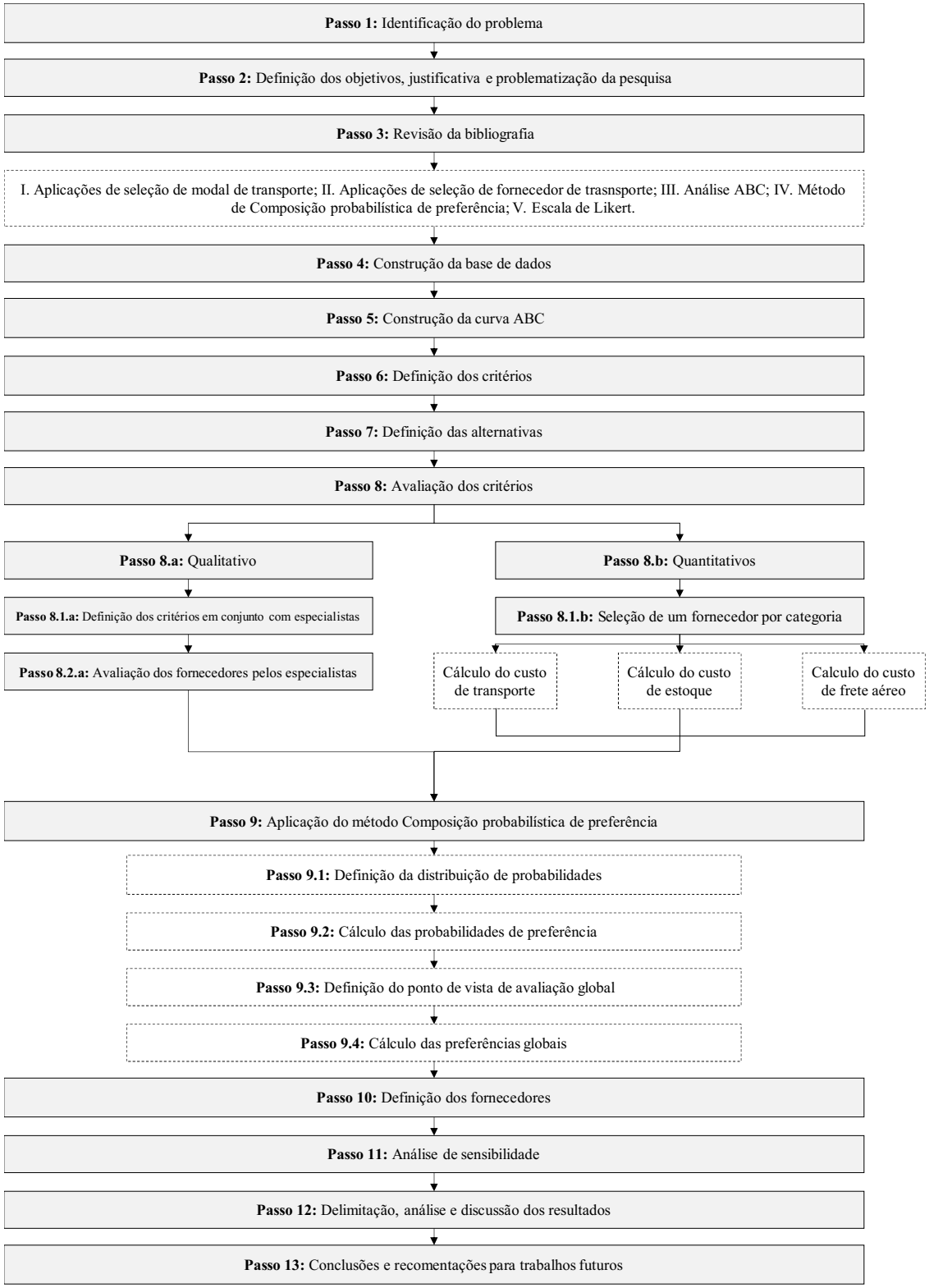
Quadro 5 Descrição da pesquisa.

Elementos da pesquisa	Classificação	Jutistificativa
Natureza	Aplicada	- Pode-se classificar a presente pesquisa de natureza aplicada, pois tem como foco a compreensão de soluções para problemas específicos, em uma situação e contexto temporal particular, envolvendo interesses locais (NASCIMENTO, 2015).
Abordagem	Quantiqualitativa	- Combina elementos da pesquisa quantitativa e qualitativa. - Segundo Creswell (2014), essa abordagem é uma forma de compensar as limitações de cada uma dessas abordagens, permitindo que a pesquisa obtenha uma compreensão mais profunda e abrangente do fenômeno estudado
Objetivos	Descritivo	- A pesquisa descritiva tem como objetivo descrever características de uma população, grupo ou fenômeno específico, utilizando técnicas padronizadas de coleta de dados como por exemplo os formulários (GIL, 2009).
Procedimento	Estudo de caso	- Descreve através de uma análise profunda determinado caso, que pode ser compreendido como atividades, processos, indivíduos etc (CRESWELL; CRESWELL, 2021). - Constrói-se através de levantamentos bibliográfico e de dados internos à empresa, além de questionários para coleta de dados. A coleta de dados internos à empresa é uma fonte de informações relevantes e pode contribuir para a validade interna do estudo (CRESWELL, 2014) e Gil (2009) destaca que o uso de questionário é comumente utilizada em pesquisas quantitativas e pode fornecer informações objetivas e precisas sobre o objeto de estudo.

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Portanto, a pesquisa foi classificada como de natureza aplicada, adotando uma abordagem quantiqualitativa, com objetivo descritivo e o procedimento utilizado foi o estudo de caso. A Figura 7 apresenta as etapas da pesquisa.

Figura 7 Etapas da pesquisa.



Fonte: elaborado pelo Autor (2023)

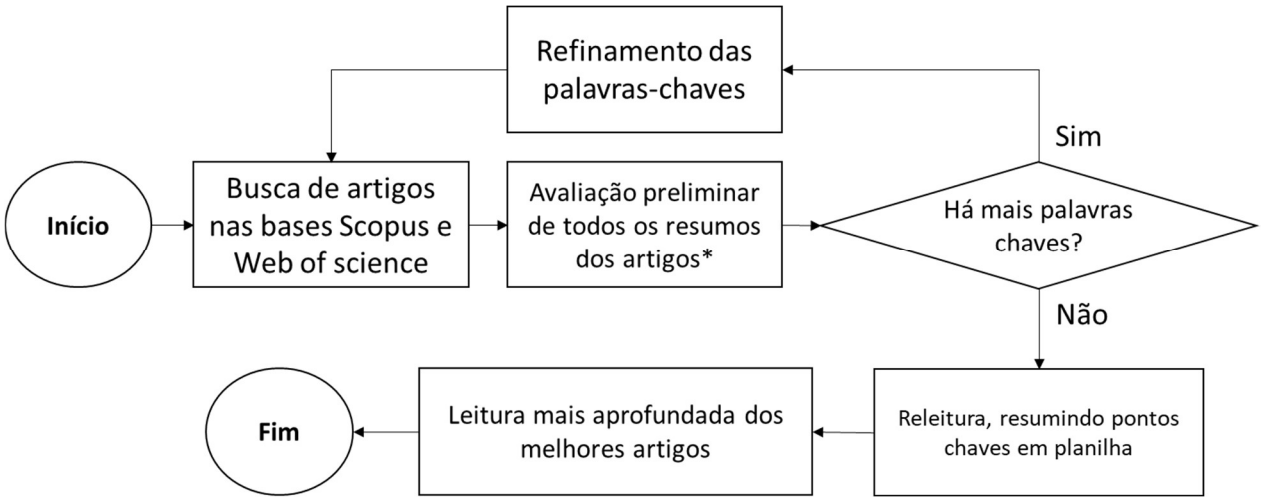
3.2. PASSOS 1, 2

O passo 1 (Identificação do problema), passo 2 (Definição dos objetivos, justificativa e problematização da pesquisa) foram apresentados nas seções 1.1, 1.2, respectivamente.

3.3. PASSO 3: REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

O passo 3 foi apresentado na seção 2. No entanto, cabe destacar a metodologia adotada para realizar a revisão de bibliografia. A Figura 8 apresenta o fluxograma utilizado na busca por artigos na fundamentação teórica.

Figura 8 Fluxograma da seleção de artigos na fundamentação teórica.



FONTE: Elabora pelo Autor (2023)

Para o presente estudo, as bases de dados “Web of Science” e “Scopus” foram utilizadas para a busca de artigos relevantes sobre o tema escolhido. Além disso, foi adotado o método de "bola de neve", em que as referências dos artigos selecionados são verificadas para identificar possíveis oportunidades de artigos adicionais e identificação de palavras chaves não consideradas nas buscas.

Priorizam-se, mas não limitando-se a tal, artigos com alto índice JCR (Journal Citation Reports), que é uma medida da qualidade e relevância dos periódicos científicos, e avaliações entre A e B no Qualis, que é um sistema de classificação de periódicos da CAPES.

Na busca por artigos relacionados à seleção de modal de transporte, foram utilizadas as palavras chaves "*transport mode decision*", "*transport mode selection*", "*transport mode choice*", "*freight*

modal selection", "*freight modal decision*", "*freight modal choice*", "*transportation mode decision*", "*transportation mode selection*" e "*transportation mode choice*", juntamente com os termos "*multi-criteria*" ou "*multiple criteria*" e "*international freight*", "*international commerce*" ou "*international transport*".

Na busca por fornecedores de transportes marítimos foram selecionadas palavras-chave relevantes para cada um desses modais de transporte, tais como "*Ocean Carrier Selection*", "*Containers ocean carrier selection*" e "*Containers carrier selection*".

3.4.PASSO 4: CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS

Para a construção da base de dados do estudo, foram utilizados tanto dados quantitativos quanto qualitativos. Entre as bases de dados utilizadas, destacam-se:

1) **Lista de "Bill of Material":** Traz informações sobre a estrutura de produtos e materiais utilizados em sua fabricação. Basicamente, consiste em uma lista onde o produto final da empresa é quebrado em subprodutos (TURNER; CHOCHRANE'S, 1993).
2) **Controle de "Request for Quotation":** Lista os fornecedores aptos a atuar com a empresa no transporte internacional
3) **Simulador de cotações de fretes aéreos:** Ferramenta utilizada para estimar os custos de transporte aéreo de mercadorias, sendo útil para o planejamento logístico da empresa.
4) **Base de dados de embalagens:** Contém informações relativas às embalagens utilizadas no transporte de peças, como dimensões, quantidade mínima de peças por embalagem (SNP), qual o fornecedor de determinada peça etc.
5) **Base de dados de pedidos:** Traz informações sobre os pedidos feitos aos fornecedores, incluindo a quantidade de peças solicitadas para os próximos 7 meses.
6) **Base de dados da previsão de utilização:** Engloba o plano de produção e a quantidade de peças a serem utilizadas por dia, sendo essencial para o planejamento e controle da produção.

A base de dados qualitativa foi coletada por meio de um questionário, apresentado no Apêndice A, criado através da plataforma *Google Forms*. Apesar de o formulário ter sido desenvolvido na plataforma virtual *Google Forms*, também foram realizadas reuniões presenciais com cada especialista, afim de evitar possíveis erros e vieses de coleta que podem estar presentes na coleta

de dados não presencial, como falta de clareza nas perguntas ou falta de atenção dos participantes (VIEIRA; KAMAZAKI; DIAS, 2022).

3.5. PASSO 5: CONSTRUÇÃO DA CURVA ABC

A construção da curva ABC foi realizada através dos seguintes passos: a) Identificação das peças importadas da China, b) Definição do número de peças utilizadas por mês, c) Definição do custo unitário de cada peça d) Cálculo do custo anual de cada peça e) Classificação ABC das peças.

Na empresa em questão, cada peça possui uma numeração de identificação, denominado "*Part Number*", ou PN. Cada modelo de peça possui um PN, garantindo que não haja diferentes modelos de peça com a mesma numeração. Um dos controles internos da empresa é o chamado "Bill of Material" que consiste em uma lista onde o produto final da empresa é quebrado em subprodutos (TURNER; CHOCHRANE'S, 1993). Dessa forma, esta base relaciona os PN aos seus respectivos fornecedores e à quantidade utilizada em cada modelo de veículo. Deste documento, conseguimos identificar todos os PN oriundos da China. Foram identificados um total de 123 PN's oriundos da China, sendo 80 da província de Cantão e 43 de Xangai.

A informação sobre o consumo das peças foi obtida através de um sistema interno da empresa, que traz a visibilidade de utilização de peças por dia, no intervalo dos próximos sete meses. Esta previsão é a mesma utilizada para enviar o plano de produção aos fornecedores e, portanto, pode ser considerada uma quantidade confiável.

A partir destes números, realizou-se uma média de peças utilizadas por mês. Posteriormente, a média por mês foi multiplicada por 12 afim de encontrar a utilização de peças por um ano. A partir da média de utilização por ano, o custo anual por peça é obtido multiplicando a média de utilização anual pelo custo unitário de cada peça.

Construiu-se então, utilizando uma tabela no software EXCEL (MICROSOFT, 2023), com os custos e consumo anual de cada peça. Os valores dos custos são classificados do maior para o menor e então calculou-se a porcentagem acumulada dos custos anuais e do consumo anual, obtendo o eixo das ordenadas e abscissas da curva ABC, respectivamente.

A delimitação das fronteiras entre cada categoria foi realizada a partir do método gráfico, apresentado na seção 2.7.2. Este procedimento foi aplicado para as peças de Cantão e Xangai de maneira separada, resultando então em 2 curvas ABC.

3.6. PASSO 6: DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

3.6.1. CRITÉRIOS QUANTITATIVOS

Existem diferentes aspectos a serem considerados na tomada de decisão logística relacionados ao transporte de carga. Um dos principais é a escolha do modal de transporte, que se refere à seleção entre as diferentes opções de transporte disponíveis, como rodoviário, ferroviário, marítimo e aéreo. Outro aspecto importante é a escolha do fornecedor de transporte, que envolve a decisão sobre qual empresa ou prestador de serviços será responsável pelo transporte da carga. Além disso, a escolha da rota é outro fator crucial que influencia a eficiência e a eficácia da movimentação de mercadorias. Cada um desses aspectos apresenta desafios únicos que precisam ser considerados na tomada de decisão logística.

O presente trabalho buscou definir critérios específicos que levem em conta as particularidades das peças. Após uma discussão com especialistas do setor, identificou-se que três critérios podem levar em consideração tais particularidades: tempo de trânsito, variabilidade do tempo de trânsito e o custo do transporte. O Quadro 6 apresenta a relação das características das peças e seus critérios utilizados no estudo.

Quadro 6 Resumo de quais os critérios que são influenciados pelas características das peças.

Característica das peças	**Critério de influência**
Custo de frete aéreo	Variabilidade no tempo de trânsito
Custo da peça	Tempo de transporte
Dimensões	Custo de transporte por m^3

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Conforme o Quadro 6, o critério de tempo de trânsito tem impacto direto no capital investido em estoque, tanto no estoque da fábrica quanto em trânsito, já que quanto maior o tempo de trânsito, maior é o tempo que as peças ficam em trânsito e maior a sua quantidade necessária em estoque, o que pode, em casos onde a demanda do mercado é constante, levar a maiores custos de armazenagem e maior necessidade de capital de giro. Manter um nível de estoque mínimo, garantindo a continuidade da produção, é um dos desafios da cadeia de suprimentos modernas

(BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2002). Portanto, o critério tempo de trânsito sofre influência do capital aplicado em peças em estoque e em trânsito.

Caso o tempo de trânsito dos navios apresente uma alta variabilidade, a empresa pode enfrentar dificuldades em planejar suas atividades de produção, aumentando a necessidade de um frete emergencial para cobrir atrasos. Nestes casos, as peças ficariam em situação de criticidade, exigindo uma contramedida no curto prazo. Na cadeia de suprimentos, o transporte aéreo é utilizado principalmente para atender as necessidades de clientes que exigem entregas urgentes e para produtos de alto valor (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2002).

Em caso de atraso, os navios de containers têm as seguintes opções: 1) Aumentar a velocidade dos navios 2) Perder a sua janela de operação ou 3) omitir a passagem em portos menores ou de menor demanda de carga. Sendo a primeira opção a mais impopular, visto o aumento exponencial dos custos com combustível em caso de aumento da velocidade, a segunda opção acaba sendo mais visada pelas empresas responsáveis pelos navios (HASHEMINIA; JIANG, 2017). Dito isto, a fim de mensurar a variabilidade do tempo de trânsito, o presente trabalho analisou as rotas das alternativas, com foco em 2 fontes de atraso: pontos de transbordo de carga de um navio para o outro e dias para atracação no próximo porto brasileiro em caso de omissão do porto de destino principal.

Uma vez identificado o potencial de dias em atraso, é feita a subtração dos dias de estoque de segurança e então identificado a quantidade de peças necessárias para cobrir os atrasos. A partir desta quantidade de dias, é calculado o custo de frete aéreo para cobrir esta falta, sendo essa a métrica de avaliação do critério variabilidade do tempo de trânsito. Em termos práticos, caso haja potencial de atraso de 7 dias e o estoque de segurança seja de 5 dias, haverá 2 dias a serem cobertos com um embarque aéreo para evitar o impacto à linha de produção.

O volume e peso de um pedido padrão de determinada peça irá influenciar diretamente no custo do transporte. Um exemplo disso é o uso de containers de 40 pés, que possui uma volumetria máxima e um custo fixo de transporte. Pedidos que variam muito desta volumetria, seja para mais ou para menos, terão custos mais elevados de transporte por metro cúbico. Isso acontece porque a utilização de espaços vazios no container ou a necessidade de mais de um container para um pedido aumentam os custos de frete, já que o espaço vazio ou o container adicional precisam ser pagos integralmente.

3.6.2. CRITÉRIOS QUALITATIVOS

Utilizando o Quadro 1 da seção 2.1 e Quadro 2 da seção 2.2 como referência, os critérios foram revisados e discutidos com dois membros de nível gerencial da empresa em estudo. Os membros que participaram do levantamento dos critérios possuem vasta experiência no ramo automotivo, atuando em cargos de gestão de operações há mais de 10 anos. Suas experiências são um ponto importante para o estudo, pois permitem uma visão mais ampla e profunda dos processos logísticos envolvidos na cadeia de suprimentos automotiva. Com isso, espera-se que os critérios levantados reflitam de maneira mais precisa as necessidades e demandas da indústria automotiva em relação à seleção de fornecedores de transporte internacional.

A discussão foi realizada em conjunto com os dois especialistas, com a pauta seguindo a seguinte sequência: a) Explicação do tema b) Leitura dos critérios e sua definição com base na literatura c) Escolha dos critérios mais apropriados d) Revisão para identificar potenciais critérios.

No caso em questão, a empresa em análise já possui contratos firmados com diferentes fornecedores de transporte marítimo e aéreo, o que limita a possibilidade de negociação de fretes e desconsidera alguns critérios presentes na literatura especializada. Entre os critérios desconsiderados, podem ser citados a facilidade de crédito, certificações, políticas de segurança, tempo livre de "*demurrage*" e "*detention*". Esses critérios podem ser relevantes na escolha do armador e das rotas de transporte de cargas internacionais, mas não foram incluídos na análise em questão devido à existência de contratos pré-estabelecidos. Vale ressaltar que, em outras situações, esses critérios podem ser levados em consideração e ter um impacto na escolha da rota de transporte e do armador. A Quadro 7 resume todos os critérios, sua breve descrição, se sofre ou não influência das características das peças e o tipo de avaliação, se qualitativa ou quantitativa.

Quadro 7 Resumo dos critérios qualitativos e quantitativos utilizados no estudo

Critério	**Breve descrição**	**Sob influência das características das peças?**	**Tipo de avaliação**
Custos	Custo do transporte principal somado ao custo das peças em sua totalidade.	Sim	Quantitativa
Custo de estoque	Tempo total, em dia, de deslocamento da carga no transporte principal multiplicado pelo custo de estoque para produção de um dia de determinada peça.	Sim	Quantitativo
Variabilidade no tempo de transporte	Incerteza do tempo planejado para a entrega de uma carga, representada em dias	Sim	Quantitativa
Confiabilidade e reputação	Confiabilidade da prestadora do serviço de transporte principal em cumprir com os seus deveres, principalmente no que tange ao cumprimento do tempo de transporte.	Não	Qualitativa
Qualidade do serviço	Definido com base na experiência com o fornecedor, principalmente no que diz respeito à percepção de atendimento das necessidades das operações diárias.	Não	Qualitativa
Capacidade de lidar com pedidos de urgência	Avalia a habilidade em fornecer soluções para atrasos ou necessidades emergenciais.	Não	Qualitativa
Relacionamento com o cliente	Qualidade do atendimento prestado ao cliente, incluindo a capacidade de responder prontamente às solicitações e problemas relacionados à carga, fornecer informações precisas e detalhadas sobre os serviços, bem como manter um nível de profissionalismo.	Não	Qualitativa
Tecnologia da informação	Tem como objetivo avaliar a qualidade e eficiência dos sistemas e ferramentas utilizados pelos fornecedores para gerenciar as informações relacionadas às cargas e às operações.	Não	Qualitativa
Consciência Ambiental	Tem como objetivo avaliar a percepção dos especialistas a respeito do comprometimento em relação à redução das emissões de CO_2, alinhamento com as práticas de sustentabilidade e à utilização de fontes de energia renovável.	Não	Qualitativa

3.7. PASSO 7: DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS

A tomada de decisão na área de transporte logísticos se diferenciam principalmente em relação ao que está sendo decidido, ou seja, ao tipo de alternativa do processo decisório. Essas alternativas podem ser um modal de transporte específico, rotas que ligam dois pontos e provedores de serviços logísticos para uma determinada rota.

Importante ressaltar a definição de modal de transporte, provedores de serviços de transportes e as rotas. O primeiro se refere ao modo pelo qual uma carga pode ser transportada, variando entre transporte rodoviário, aéreo, marítimo e multimodal. Os provedores de serviços são companhias que prestam o serviço de transporte e serviços adjacentes, como por exemplo o transporte rodoviário, despacho, manuseio de carga etc. Já as rotas se referem ao percurso que determinado transporte por percorrer, entre dois pontos pré-definidos.

As alternativas utilizadas são compostas de duas classificações: Modal e Provedor de serviço. As características das rotas serão consideradas nos critérios quantitativos, mencionados na seção 3.6.1. Além disso, vale ressaltar que a empresa do estudo possui uma política de contratos de longo prazo com seus fornecedores, o que exige uma série de atividades preliminares para a seleção dos prestadores de serviços adequados, limitando a quantidade de alternativas a serem utilizadas. O Quadro 8 e Quadro 9 apresentam as alternativas utilizadas.

Quadro 8 Fornecedores de transporte logísticos considerando o local de saída o porto de Cantão, na China.

Operador	Natureza	Tempo de trânsito em dias	Porto de saída	Porto do 1º transbordo	Porto do 2º transbordo	Porto do 3º transbordo
OP1	Dono de navio	38	Cantão	Hong Kong	-	-
OP2	Dono de navio	33	Cantão	Hong Kong	-	-
OP3	Agenciador de carga	36	Cantão	Hong Kong	-	-
OP4	Dono de navio	29	Cantão	Hong Kong	-	-
OP5	Dono de navio	66	Cantão	Hong Kong	Ningbo	Cartagena
OP6	Dono de navio	43	Cantão	Hong Kong	Itapoa	-
MM1	Agenciador de carga	27	Cantão	Xangai	Long Beach	Miami

Quadro 9 Fornecedores de transporte logísticos considerando o local de saída o porto de Xangai, na China.

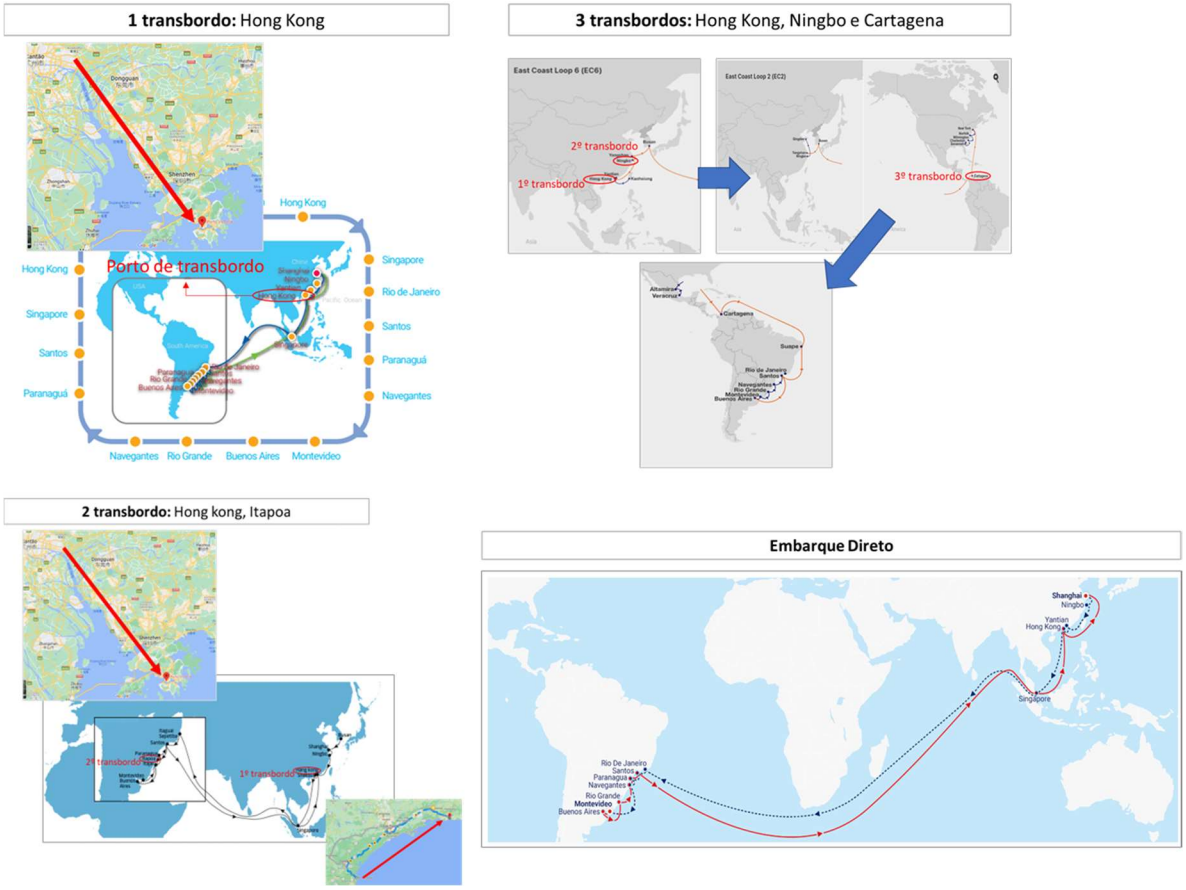
Operador	Natureza	Tempo de trânsito em dias	Porto de saída	Porto do 1º transbordo	Porto do 2º transbordo
OP1	Dono de navio	33	Xangai	-	-
OP2	Dono de navio	33	Xangai	-	-
OP3	Agenciador de carga	33	Xangai	-	-
OP4	Dono de navio	33	Xangai	-	-
OP5	Dono de navio	55	Xangai	Cartagena	-
OP6	Dono de navio	36	Xangai	-	-
MM1	Agenciador de carga	27	Xangai	Long Beach	Miami

A partir do Quadro 8 e Quadro 9 é possível identificar os parâmetros dos serviços oferecidos. A coluna “Operador” identifica o modal do serviço, sendo a classificação “OP” como serviços realizados puramente através do transporte marítimo e “MM” através de um serviço Multimodal. A definição de Multimodalidade pode ser dada como o transporte de mercadorias por pelo menos dois modos de transporte, com base em um único contrato de transporte multimodal (UNCTAD, 1980). Um dos principais benefícios da multimodalidade é a redução do tempo de transporte, pois os diferentes modais são utilizados de forma complementar, agilizando a entrega da carga.

A coluna “Natureza” contempla o tipo de provedor de serviço. O “Agenciador de cargas” são provedores que não possuem navio próprio, porém “compram” espaços nos navios de terceiros. Os “Donos de navios” são os prestadores que detém posse dos navios.

O tempo de trânsito, representado em dias, é o tempo apenas do trânsito internacional, desconsiderando outros transportes e processos. Também são especificados os pontos de transbordo, que indicam os portos onde as cargas trocam de transporte, seja para outro navio ou para outro modal. Valores vazios nas colunas “Porto de transbordo” indica que não há mais transbordo entre este ponto e o destino. A Figura 9 apresenta uma ilustração das rotas marítimas e seus pontos de transbordo.

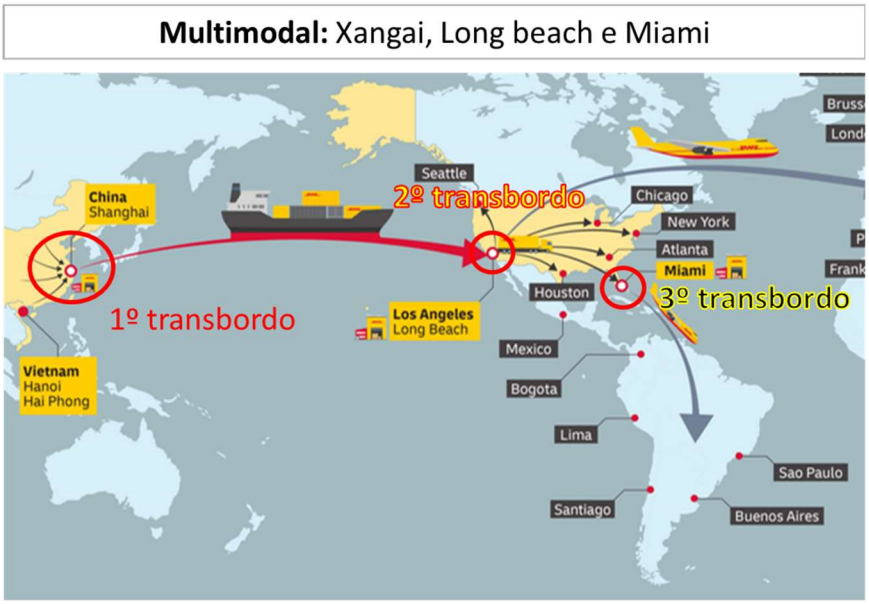
Figura 9 Identificação das rotas das alternativas puramente marítimas e pontos de transbordo.



FONTE: Adaptado de (CMA CGM, 2023; COSCO, 2023; HAPAG LLOYD, 2023; MAERSK, 2023)

Conforme a Figura 9, os principais portos de transbordo para a rota do estudo são Hong Kong, Ningbo, Cartagena e Itapoa. A rota das peças que partem de Xangai, em sua grande maioria, não fazem um transbordo, seguindo direto para a costa brasileira. Por outro lado, as cargas que partem de Cantão possuem um transbordo em comum, no porto de Hong Kong, podendo contar também transbordos em Cartagena e Itapoá. A Figura 10 apresenta o esquema do transporte multimodal.

Figura 10 Esquema do transporte multimodal.



FONTE: (DHL GLOBAL FORWARDING, 2023)

A rota do serviço multimodal parte de Xangai, e através de um transporte marítimo segue até a costa dos Estados Unidos, no porto de Los Angeles. Então, ela segue através do modo de transporte rodoviário até o aeroporto de Miami, onde então é embarcada em uma aeronave com destino ao aeroporto de Guarulhos, em São Paulo.

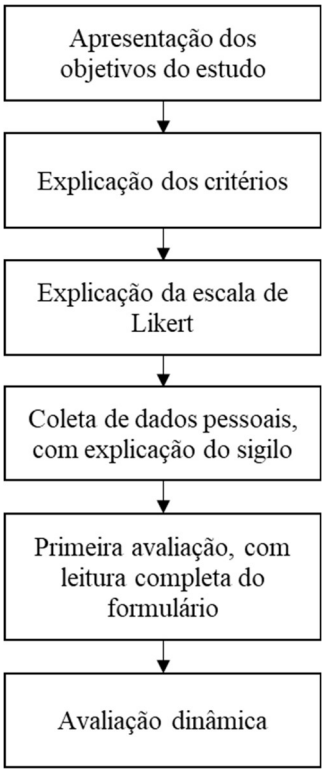
É importante ressaltar que as alternativas são compostas principalmente por serviços de transporte marítimo, pois a indústria automobilística demanda alto volume de carga para transporte e é necessário buscar serviços que ofereçam a melhor relação custo-benefício e capacidade de transporte.

3.8. PASSO 8.A: AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS QUALITATIVOS

A coleta de dados para este estudo foi realizada por meio de um formulário (Apêndice A) contendo perguntas diretas e objetivas, elaborado para ser respondido pelos especialistas em transporte internacional da empresa em estudo.

O preenchimento do formulário foi realizado pelos participantes na presença do autor do presente trabalho, seguindo uma lógica pré-estabelecida. A Figura 11 apresenta um resumo todos os processos da entrevista.

Figura 11 Processos da entrevista para coleta de dados qualitativas



FONTE: elaborado pelo Autor (2023)

Primeiramente, foi feita uma apresentação do objetivo do estudo para os especialistas em logística internacional, ressaltando que a avaliação deveria ser feita considerando o *Incoterm* CIF. Nesta modalidade, o vendedor assume não apenas as obrigações e riscos estabelecidos para o termo "Free on Board" (FOB), mas também é responsável por contratar e pagar pelo frete, custos e seguro relacionados ao transporte da mercadoria até o porto de destino acordado (BRASIL, 2020).

Em seguida, foram explicados os critérios que seriam avaliados e a escala Likert utilizada para avaliação. Além disso, foi explicado o sigilo do formulário e coletados os dados pessoais dos participantes.

Após a primeira avaliação com a leitura completa do formulário, incluindo a leitura dos critérios e exemplos, foi realizada uma avaliação dinâmica dos fornecedores, com a leitura apenas dos critérios. O formulário era lido e preenchido diretamente pelo entrevistador, sendo atividade do entrevistado apenas a de responder. Não foi solicitado ou vetado qualquer tipo de justificativa aos entrevistados, ficando a critério deles quaisquer comentários.

O presente estudo optou por não compartilhar com os entrevistados que os fornecedores estariam sendo avaliados em uma rota específica, optando por manter a avaliação de maneira genérica. Dessa forma permitiu-se que os entrevistados pudessem avaliar os fornecedores com base em sua experiência geral, e não apenas em relação a uma rota específica, ampliando a visão do pesquisador sobre a percepção dos especialistas em relação aos fornecedores.

Os critérios utilizados na avaliação dos fornecedores foram apresentados aos entrevistados através de exemplos, com o objetivo de facilitar a interpretação. Os exemplos utilizados foram baseados na descrição dos critérios no item 3.6.2 e na revisão de literatura no item 2. A Quadro 10 resume os critérios e sua descrição no formulário. Devido ao tempo limitado dos entrevistados, a leitura completa do formulário foi realizada apenas na primeira avaliação, sendo que nas avaliações seguintes, foram feitas apenas a leitura dos critérios de maneira genérica. Em virtude da estratégia adotada, o tempo de entrevista de cada especialista ficou em média 15 minutos.

Quadro 10 Forma como os critérios foram apresentados, contendo os exemplos.

Critério	Descrição com exemplo
Confiabilidade e reputação	O fornecedor, de maneira geral, oferece um serviço confiável, como por exemplo o cumprimento do tempo de transporte, cobranças de taxas etc.
Qualidade de serviço	O fornecedor oferece, de maneira geral, um serviço de qualidade no atendimento das demandas operacionais diárias, como por exemplo o tempo de resposta, nível de acurácia e detalhe nas respostas, capacidade de sanar dúvidas, compartilhamento de previsões de atrasos e omissões de navios etc.
Capacidade de lidar com pedidos especiais de urgência	O fornecedor apresenta capacidade de lidar com pedidos especiais de urgência, como por exemplo oferecer soluções para atrasos e omissões de portos, solicitações de alteração de portos (COD), disponibilidade de rotas, conscientização de criticidades etc.
Relacionamento com o cliente	O fornecedor tem um bom relacionamento com o cliente, como por exemplo respondendo prontamente a questionamentos com detalhes preciso de suas operações, comparecendo em reuniões, mantendo um nível de profissionalismo, cortesia e polidez adequado etc.
Tecnologia da informação	O fornecedor possui serviços de tecnologia das informações que auxiliam na localização de cargas, a coleta de dados eficientes e rápida, processo de cotação simplificados etc.
Consciência ambiental	O fornecedor possui comprometimento em relação à redução das emissões de CO2, alinhamento com as práticas de sustentabilidade e à utilização de fontes de energia renovável.

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

O formulário foi desenvolvido por meio do "*Google Forms*", visando a praticidade e eficiência na coleta de dados. Vale ressaltar que o critério "Confiabilidade e reputação" foi auxiliado com as informações de desempenho dos fornecedores que haviam trabalhado com a empresa no ano anterior. Essas informações foram disponibilizadas aos entrevistados para que pudessem avaliar com maior precisão a confiabilidade e reputação dos fornecedores em questão.

3.8.1. PERFIL DOS ESPECIALISTAS

A pesquisa contou com a participação de 4 especialistas em logística internacional, com no mínimo 7 anos de experiência na área. Dois dos participantes ocupavam cargos gerenciais, enquanto os outros três atuavam no setor operacional. A seleção dos participantes foi realizada considerando o conhecimento e a experiência em transportes internacionais e a disponibilidade para responder ao questionário. Cada participante preencheu o formulário com base em sua percepção a respeito das ações dos fornecedores.

Especialista 1: Profissional com 15 anos de experiência, formando em relações internacionais com MBA em Logística e Cadeia de suprimentos, com sólidos conhecimentos em logística e gestão da cadeia de suprimentos. Experiência em planejamento operacional e estratégico, gestão de projetos e de indicadores de performance. Atualmente assume o cargo de Analista Sênior no centro de consolidação de cargas de exportação para a América Latina.

Especialista 2: Formado em Engenharia e com Pós-graduação em Logística Empresarial. Atua há 7 anos no setor de comércio internacional, sendo 6 dentro das operações de importação e exportação de peças. Atualmente ocupa o cargo de Executivo de desenvolvimento de negócios.

Especialista 3: Formada em Administração, possui 8 anos de experiência na cadeia de suprimentos, todos em setores operacionais. Atualmente assume o cargo de Analista Pleno nas operações de importação e exportação de peças.

Especialista 4: Engenheiro de Produção com 12 anos de experiência na área de Logística, passando por áreas de controle e implementação de produtos e componentes, desenvolvimento de embalagens e logística internacional. Atualmente assume o cargo de Coordenador nas operações de importação e exportação de peças.

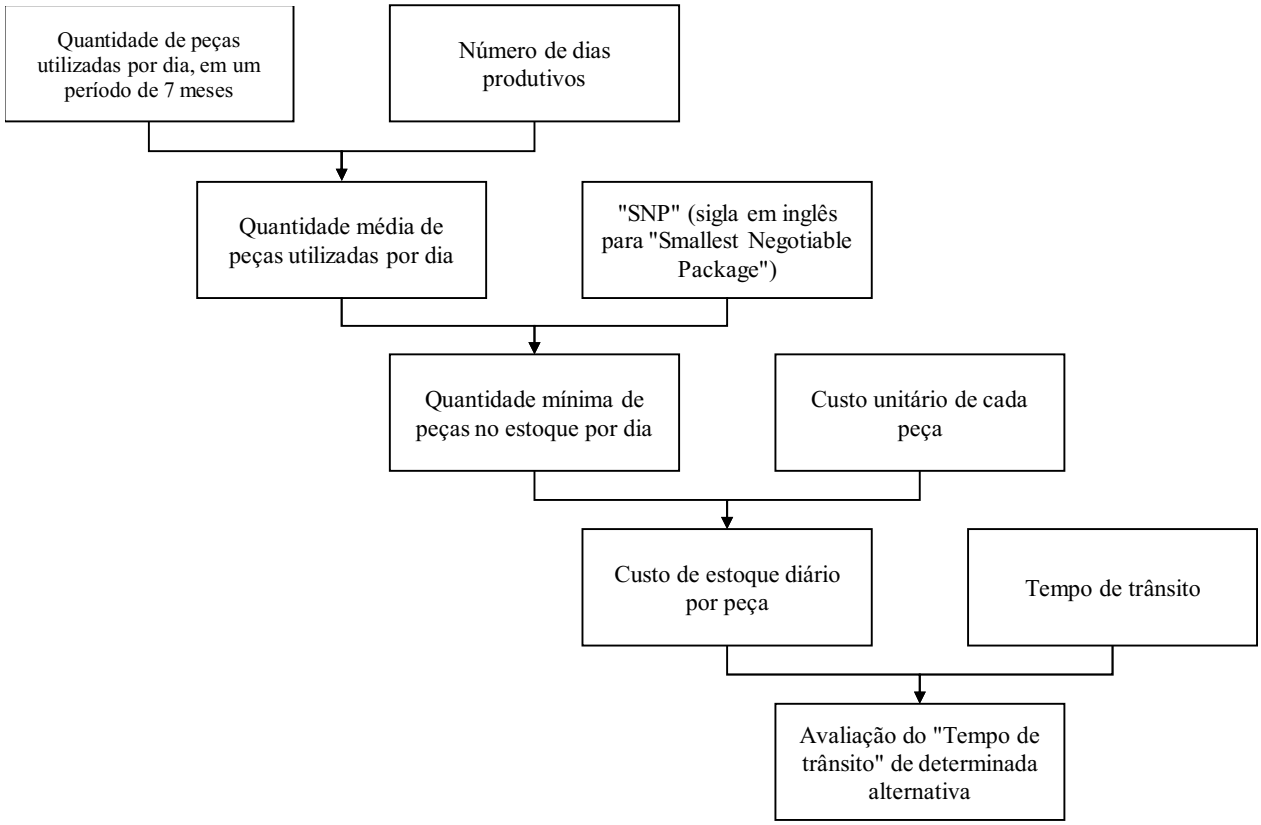
Especialista 5: Engenheiro Mecânico com 15 anos de experiência na indústria automotiva, atuando em diversos setores tanto como especialista quanto como gestor. Possui experiência em 2 montadoras de veículos multinacionais. Atualmente assume o cargo de Gerente de operações e projetos.

3.9. PASSO 8.B: AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS QUANTITATIVOS

3.9.1. CUSTO DE ESTOQUE

O tempo de trânsito sofre influência do custo diário de estoque de uma determinada peça. Para se chegar a este valor, faz-se necessário identificar a quantidade média de utilização por dia da peça e multiplicá-la pelo seu custo unitário, obtendo assim o custo diário de estoque. A Figura 12 apresenta o fluxo de avaliação do critério Tempo de trânsito.

Figura 12 Fluxograma de avaliação do critério Tempo de trânsito de cada alternativa.



FONTE: elaborado pelo Autor (2023)

O processo inicia-se com a quantidade diária de utilização das peças, calculada a partir da razão entre a quantidade total de peças a ser utilizada em um ano produtivo e a quantidade de dias produtivos. Esse cálculo foi realizado para se obter uma média diária de utilização confiável, eliminando-se as variações devido aos feriados, férias coletivas, finais de semana, entre outros.

Devido algumas peças terem uma utilização muito pontual, como por exemplo, peças de fim de projeto ou para modelos específicos, a fim de evitar uma média de utilização diária muito alta, que seria irreal e elevaria os custos de estoque diário, foi necessário identificar a quantidade de dias produtivos reais. Essa análise se dá devido a uma limitação da base dados da empresa que, em virtude da alta variedade de modelos de veículos, apenas explicita a quantidade de peças utilizadas por dia. Identificou-se através de uma análise de frequência que aproximadamente 55% das peças possuíam 106 dias produtivos, que foi o valor utilizado para calcular a média de utilização diária.

O valor padrão denominado "SNP" (sigla em inglês para "*Smallest Negotiable Package*"), representa a quantidade mínima de peças que podem ser movimentadas em uma embalagem. Esse valor é utilizado como base para a definição do pedido mínimo de cada peça. Para se definir o custo de um dia de estoque, a média de utilização diária de cada peça foi dividida pelo SNP correspondente e arredondada para cima. Dessa forma, foi obtido o custo diário de estoque de uma determinada peça.

Uma vez com o custo de estoque diário, este valor é multiplicado pelo tempo de trânsito de cada alternativa, obtendo assim a avaliação de cada alternativa em relação ao critério tempo de trânsito. Desta forma, tal metodologia permite considerar as características das peças no critério de tempo de trânsito, sendo essencial para uma análise mais precisa e abrangente.

Essa avaliação pode ser definida, para um determinado fornecedor f, e para uma determinada quantidade de peças m deste fornecedor, pela seguinte equação (10):

$$Custo_{tempo\ de\ transporte_f} = \left(\sum_{i=1}^{m} E_{diário_i} \right) \cdot TT_k \tag{10}$$

Onde $E_{diário_i}$ é o custo de estoque diário de uma determinada peça i, variando de $i = 1,2, \dots, m$ e TT_k o tempo de trânsito de uma determinada alternativa k.

3.9.2. CUSTO DE TRANSPORTE

Na avaliação dos custos de transporte, é necessário fazer uma distinção entre as alternativas marítimas e a multimodal.

Os fornecedores marítimos trabalham com uma estrutura de custos em que o transporte é cobrado por container. Isso significa que o custo do transporte é calculado com base em taxas padronizadas, o que torna indiferente a quantidade de produtos transportados, desde que não ultrapasse a capacidade volumétrica do container.

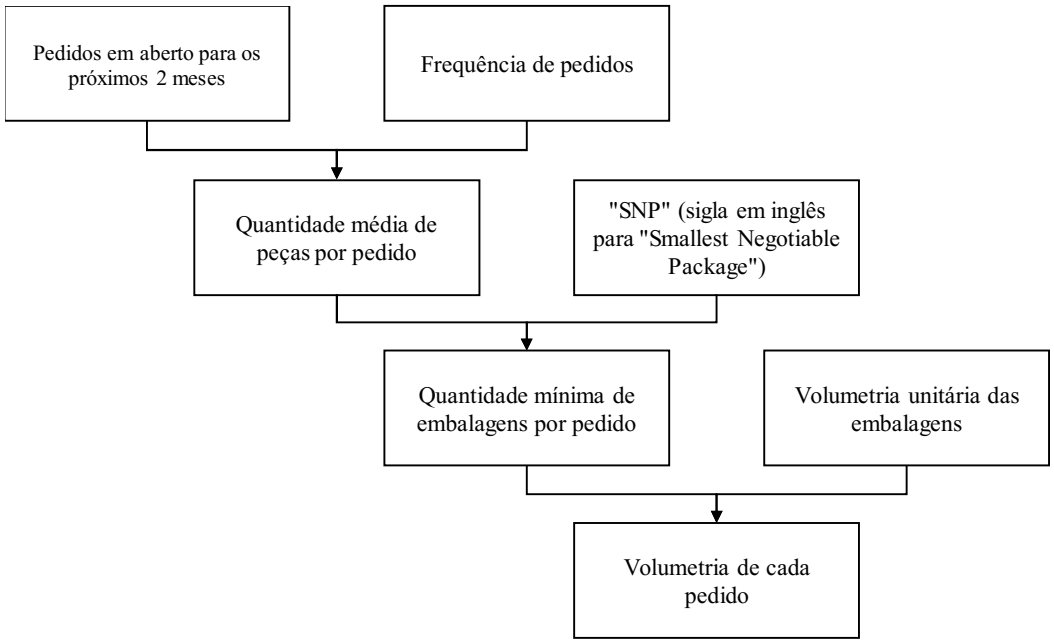
Diferentemente dos custos do transporte marítimo que são fixos, os custos multimodais são cobrados de acordo com o peso da carga. Isso ocorre porque os fornecedores de transporte multimodal realizam alocações em diferentes modais e com outros pedidos, o que torna o custo variável e dependente da demanda. Por exemplo, num determinado trecho do transporte multimodal, a volumetria do cliente pode ser colocada dentro de um container com cargas de outros clientes, pagando proporcional à metragem cúbica de sua carga.

A seguir, será mostrado como foi realizada a avaliação do critério custos de transporte para as alternativas marítimas e multimodal. A moeda utilizada é o dólar norte-americano.

- **Custos do modal marítimo**

A característica das peças que influenciaram nos custos de transporte são as dimensões físicas das embalagens utilizadas. Na empresa em estudo, um pedido médio é negociado com os fornecedores, baseada nos valores padrões de SNP. A partir da quantidade de peças por pedido médio e as dimensões de SNP, obtém-se o custo por metro cúbico de cada alternativa de transporte. A Figura 13 apresenta o fluxo de cálculo do volume em metros cúbicos por pedido.

Figura 13 Fluxograma de cálculo do volume em metros cúbicos por pedido.



FONTE: Elabora pelo Autor (2023)

Conforme a Figura 13, o fluxo inicia-se com a estimativa da quantidade média de peças solicitadas aos fornecedores. Utilizamos como referência os pedidos em aberto da empresa em estudo em um intervalo de 2 meses. Isso significa que consideramos todas as peças que já foram solicitadas e que ainda não foram entregues no período em questão. Essa referência é importante porque leva em conta a demanda real da empresa, permitindo uma estimativa mais precisa da quantidade de peças necessárias.

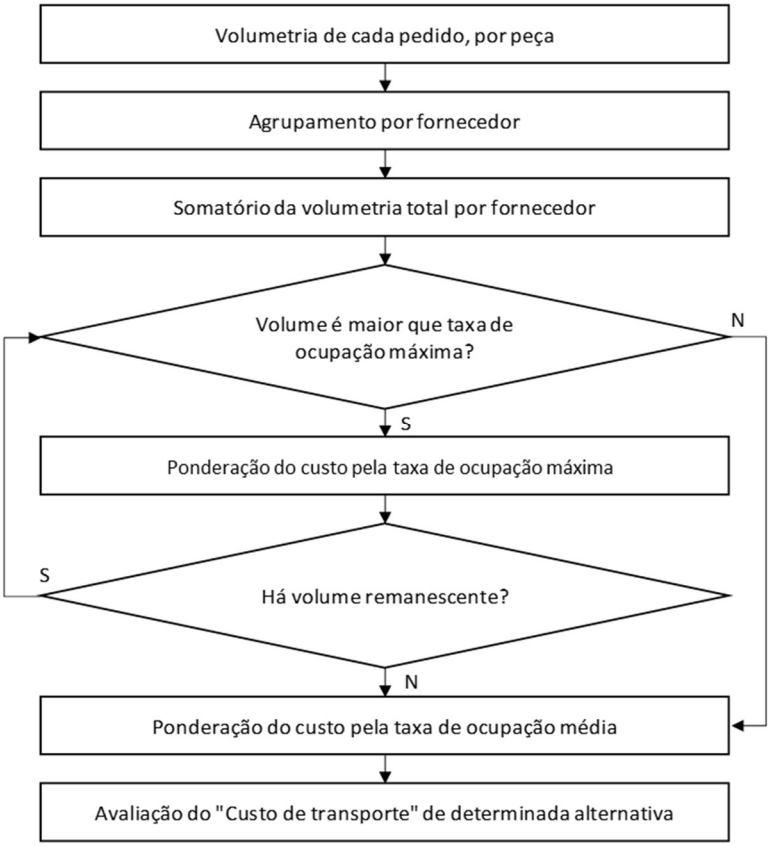
Foi necessário identificar qual a frequência dos pedidos por peça, que pode ser mensal, quinzenal ou semanal. Por meio da divisão do total de peças pedidas no período de 2 meses pela frequência dos pedidos, obtivemos uma quantidade média de peças por pedido.

Após o cálculo da média de pedidos de cada peça, é preciso definir o volume em metros cúbicos a ser embarcadas pelo fornecedor. Para isso, o pedido médio é dividido pelo valor de SNP, que é a quantidade mínima de peças que podem ser movimentadas em uma embalagem, obtendo assim o número de embalagem a serem embarcadas por pedido. Esse valor é arredondado para cima, a fim de garantir que não haja falta de estoque. Multiplicamos o número mínimo de embalagens pelo volume em metros cúbicos de cada embalagem, obtendo assim a volumetria de cada pedido.

Ao avaliar os custos de transporte marítimo em comparação com os custos dos transportes multimodais, é importante considerar a questão do volume médio de pedidos. Em alguns casos, como por exemplo peças com baixa volumetria média por pedido, o transporte marítimo, por considerar o custo de um container ao invés de um custo por metro cúbico, pode sofrer penalizações quando comparado ao multimodal, tornando-o menos competitivo.

Para solucionar esse problema, a solução utilizada consiste em considerar o volume total de todas as peças de um determinado fornecedor e a taxa de ocupação média ao longo dos últimos 12 meses da empresa em estudo, permitindo a comparação justa dos custos. Essa abordagem permite avaliar não apenas o custo diferencial entre os dois tipos de transporte, mas também a praticidade do transporte multimodal para pequenos pedidos, e o baixo custo por volume dos transportes marítimos. A Figura 14 apresenta o fluxograma de cálculo do custo de transporte por fornecedores, considerando como ponto de partida a informação obtida na Figura 13.

Figura 14 Fluxograma do cálculo do custo de transporte por fornecedor, considerando a taxa de ocupação máxima e média de containers.



Fonte: elaborado pelo Autor (2023)

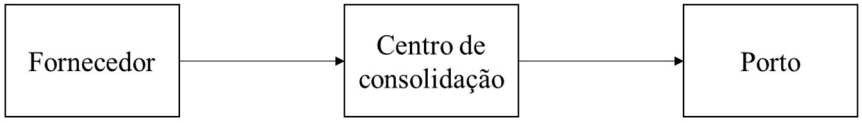
O processo inicia-se com um agrupamento por fornecedor, já que um mesmo fornecedor pode produzir diferentes peças e diferentes modelos de peças. Dessa maneira, é considerado todos os volumes pertinentes ao fornecedor. Posteriormente, são avaliados dois processos de transporte, apresentados na Figura 15.

Figura 15 Processos considerados no cálculo da influência das peças sobre o custo de transporte.

Processo A

Processo mais simples, aplicado quando o pedido de peças do fornecedor é capaz de utilizar a capacidade máxima de um container de 40 pés, reduzindo o custo por m³ do transporte internacional.

Processo B



Processo considerado quando o fornecedor não tem um pedido de peças capaz de preencher sozinho um container de 40 pés. Dessa forma, as peças são enviadas à um centro de consolidação. A consequência é a redução da ocupação do container e redução da relação custo por m³ do transporte internacional.

FONTE: elaborado pelo Autor (2023)

O processo A é utilizado quando um fornecedor possui volume de peças suficiente para encher um container por completo, utilizando a sua taxa de ocupação máxima. O processo B será aplicado quando o fornecedor possuir volume menor que um container completo, sendo necessário enviar seus volumes para um centro de consolidação e assim obter containers com maior taxa de ocupação utilizando outras cargas, utilizando uma taxa de ocupação média. O processo A, em particular, garante a não realização de um frete rodoviário, contribuindo para uma maior eficiência e economia nas operações.

Já o processo B, a utilização dos processos de transporte marítimo via containers FCL e LCL e multimodal via LCL é uma prática atualmente adotada pela empresa, visando redução de custos com fornecedores que possuem uma volumetria adequada para preenchimento de um container inteiro. Essa abordagem permite evitar a necessidade de fretes rodoviários, otimizando a logística de transporte. Os volumes utilizados em ambos os processos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Valores de volume de ocupação máximo e médio para cada origem.

Origem	Taxa de ocupação média	Taxa de ocupação máxima
Cantão	62,62 m³	72,4 m³
Xangai	57,72 m³	72,4 m³

Os valores da Tabela 1, de volumes de ocupação máximo e médio foram definidos a partir de dados da empresa, sendo os valores de volume de ocupação máximo a maior taxa de ocupação verificada no ano de 2022 e o volume de ocupação média o valor definido oficialmente como "*target*" no período de 2022.

Podemos representar os fluxos das Figura 14 e Figura 15 de forma matemática. Considerando que m é número de peças de um determinado fornecedor f, v_a é o volume em metros cúbicos de cada peça a, sendo $a = 1, 2, \dots, m$, podemos definir a volumetria total de um fornecedor pela equação (11):

$$V_f = \sum_{i=1}^{m} v_i \tag{11}$$

Encontramos o número de containers de um fornecedor, definido por $Cont_f$, a partir da seguinte equação (12):

$$Cont_f = \frac{V_f}{CFR_{max}} \tag{12}$$

Sendo CFR_{max} a taxa de ocupação máxima de um container, definido na Tabela 1. O número $Cont_f$ pode ser então representado conforme equação (13):

$$Cont_f = n_{FCL} + n_{LCL} \tag{13}$$

Onde n_{FCL} é a parte inteira, representando o número de containers com ocupação máxima, e n_{LCL} a parte decimal, representando o preenchimento parcial de um container. O propósito desta divisão é verificar se há volumes que podem ser carregados diretamente no fornecedor, pelo processo A, ou volumes que precisam ser enviados para um centro de consolidação pelo processo B, ambos da Figura 15.

O custo de transporte do modal marítimo de um fornecedor f por uma determinada alternativa k, dado em dólar por metro cúbico e representando por $Custo_f$ é calculado pela equação (14):

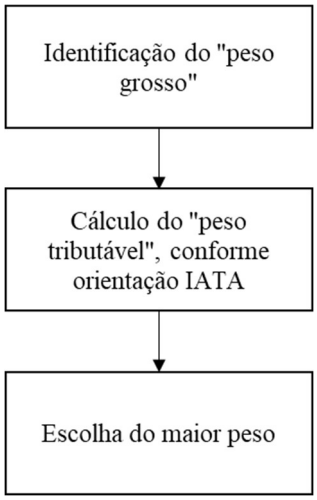
$$Custo_f = \frac{T_{FCL}}{V_f} \cdot \left(n_{FCL} + \frac{n_{LCL} \cdot CFR_{max}}{CFR_{méd}} \right) \quad (14)$$

Onde T_{FCL} é o custo do container por cada alternativa k, e $CFR_{méd}$ a taxa de ocupação média do container de consolidação definido na Tabela 1.

- **Custos do multimodal**

Para o cálculo do custo multimodal, ao invés da metragem cúbica, devemos considerar o peso. A Figura 16 representa este fluxo de maneira simplificada.

Figura 16 Fluxograma de cálculo do custo de transporte para o transporte multimodal



Fonte: elaborado pelo Autor (2023)

Conforme a Figura 16, nesse caso, deve-se utilizar o maior peso comparado entre o peso bruto e o peso tributável, que é calculado de acordo com as especificações da *International Air Transport Association* (IATA).

O peso bruto é o peso total da carga, incluindo embalagem e qualquer material de suporte, enquanto o peso tributável é o peso utilizado para o cálculo do frete, que leva em conta o espaço ocupado pela carga no transporte aéreo. De acordo com a IATA (2023), este cálculo é feito dividindo o volume em centímetros cúbicos por 6000, ou multiplicando o volume em metros cúbicos por 166,67.

Podemos representar os fluxos da Figura 16 de maneira matemática. Considerando que m é número de peças de um determinado fornecedor f, p_a é o peso em quilos de cada peça a, sendo $a = 1, 2, \dots, m$, podemos definir o peso total de um fornecedor pela equação (15):

$$P_f = \sum_{i=1}^{m} p_i \tag{15}$$

Já o peso cubado, representado por P_{cub_f} pode ser definido pela equação (16):

$$P_{cub_f} = V_f \cdot 166{,}67 \tag{16}$$

O custo de transporte do modal multimodal de um fornecedor f por uma determinada alternativa k, dado em dólar por metro cúbico, representando por $Custo_f$ é calculado pela equação (17):

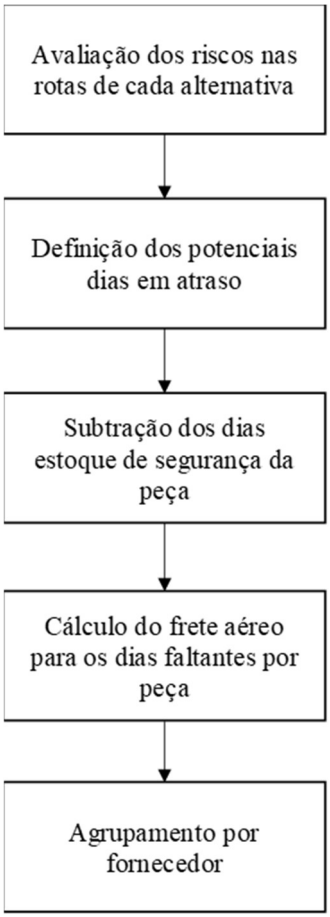
$$Custo_f = \begin{cases} \dfrac{P_{cub_f} \cdot T_{mult},}{V_f} & P_{cub_f} > P_f \\ \dfrac{P_f \cdot T_{mult}}{V_f}, & P_{cub_f} \leq P_f \end{cases} \tag{17}$$

Onde T_{mult} é a taxa da alternativa multimodal, representada em dólar por quilo.

3.9.3. VARIABILIDADE NO TEMPO DE ENTREGA

A avaliação da variabilidade no tempo de entrega pode ser dividida em duas fases principais: Identificação de riscos e a mensuração dos impactos financeiros. A Figura 17 apresenta o fluxograma do cálculo do impacto da variabilidade do tempo de transporte na avaliação das alternativas.

Figura 17 Fluxograma da avaliação do critério de variabilidade do tempo de transporte.



FONTE: elaborado pelo Autor (2023)

Na primeira fase, é analisado a rota dos serviços oferecidos, objetivando identificar pontos de atrasos. Já na segunda fase, é realizada uma avaliação dos impactos financeiros desses riscos, levando em consideração o custo de um embarque aéreo para garantir a entrega das peças dentro do prazo.

No processo de identificação de riscos nas rotas, são considerados principalmente dois fatores que podem afetar a entrega das peças: atrasos e omissões nos portos de transbordos de navio e omissões nos portos de destino. O atraso do primeiro fator é definido a partir da frequência do serviço perdido, geralmente semanal, o que significa um atraso de cerca de 7 dias, ou seja, se o container "perder" o seu embarque, terá que aguardar a próxima viagem.

Já o segundo risco devemos salientar que as alternativas do estudo em questão têm como destino os portos do estado do Rio de Janeiro. Dessa forma, em caso de omissão dos portos do Rio de Janeiro, o atraso deve ser justamente o tempo para atracação no próximo porto brasileiro, que é em média de 2 dias. Em todas as rotas analisadas, o próximo porto brasileiro é sempre Santos.

Ao identificar os potenciais dias em atraso do serviço de um fornecedor, é importante considerar os dias de estoque de segurança. Esses dias são específicos para cada tipo de peça e tem como objetivo garantir que haja disponibilidade suficiente de peças justamente em casos de imprevistos, como atrasos no fornecimento ou aumento na demanda. No estudo em questão, os dias de estoque são calculados por origem e não por peça, sendo 5 dias tanto para Cantão quanto para Xangai.

O critério de variabilidade do custo de estoque é medido pelo custo de transporte aéreo da quantidade de peças necessárias para cobrir os dias de atraso, acrescido do custo adicional de armazenagem e manuseio das peças em questão.

A avaliação deste critério, dada por Var_f, para um fornecedor f,pode ser representada pela seguinte equação (18):

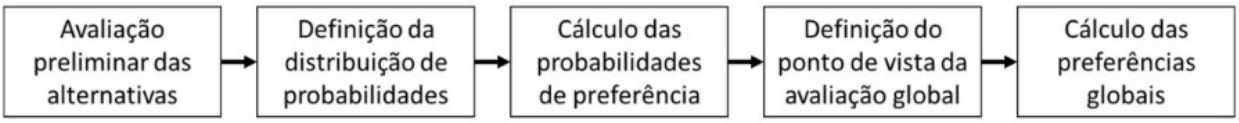
$$Var_f = \begin{cases} 0, & Seg_f \geq R_{porto} + R_{transbordo} \\ (R_{porto} + R_{transbordo} - Seg_f) \cdot C_{aéreo_m}, & Seg_f < R_{porto} + R_{transbordo} \end{cases} \quad (18)$$

Onde R_{porto} e $R_{transbordo}$ representam os dias de risco de omissão de porto e perda de transbordo, respectivamente, dados em dias. Seg_f representa os dias de estoque de segurança de um determinado fornecedor e $C_{aéreo_m}$ os custos de transporte aéreo para 1 dia de produção para uma determinada peça m.

3.10. PASSO 9: APLICAÇÃO DO MÉTODO CPP

De maneira geral, conforme a Figura 18, a aplicação do método CPP pode ser dividida em 5 etapas: a) Avaliação preliminar das alternativas b) Definição da distribuição de probabilidade c) Cálculo das probabilidades de preferência d) Definição do ponto de vista da avaliação global e) Cálculo das preferências globais.

Figura 18 Passo a passo para aplicação do método CPP.



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

A avaliação das alternativas foi realizada nos tópicos 3.8 e 3.8.

A escolha da distribuição de probabilidade utilizada neste trabalho foi feita com base na teoria de aplicação do método CPP, bem como na análise da aplicação de outras pesquisas na área. Foi realizada uma revisão bibliográfica para identificar os modelos de distribuição de probabilidade mais adequados para o contexto em questão, considerando as características e limitações dos dados disponíveis.

De acordo com Sant'Anna (2015), no caso em que a discretização não é utilizada a fim de explorar a acurácia das medidas, como por exemplo peso, volume e outros, é mais indicado utilizar a distribuição normal. Por este motivo, para os critérios quantitativos Custos, Custo de estoque e Variabilidade no tempo de transporte medidos aleatorizados considerando a distribuição normal.

Esses critérios quantitativos possuem um conceito de que quanto maior o seu valor, pior é o seu desempenho da alternativa. De acordo com Sant'Anna (2015) e Gavião et al. (2020), a probabilidade obtida nesses casos é a de a alternativa não ser escolhida. Neste caso, definiremos a probabilidade de preferência global no ponto de vista Progressista-Pessimista através da equação (19):

$$Preferência\ global\ PP = \left(\prod m_{ik}\right)_{quant} \cdot \left(\prod M_{ik}\right)_{quali} \qquad (19)$$

Para a avaliação dos critérios qualitativos, optou-se pela utilização da distribuição beta-pert, a partir da aplicação verificada no estudo de Vieira et al. (2020), que utiliza a distribuição Beta-PERT em dados avaliadas na escala de Likert. Esta distribuição têm sido utilizada na modelagem de problemas que se apoiam em julgamentos de especialistas (JING et al., 2013). Vale notar que no estudo de Vieira et al. (2020), além dos seus dados terem sido medidos em escala de Likert, eles também não apresentam uma distribuição normal.

No cálculo das probabilidades de preferência para cada alternativa, foi considerada a independência dos distúrbios que afetam a avaliação de diferentes opções. Essa suposição é comum em análises de decisão multicritério e permite simplificar o processo de modelagem e é aplicada em situações em que não se conhece a relação entre a avaliação dos critérios. Dessa forma, os cálculos foram realizados considerando a influência de cada critério de avaliação, mas assumindo que os distúrbios associados a cada critério são independentes uns dos outros (CASADO; SILVA; SILVA, 2023; PARRACHO SANT'ANNA, 2015) .

O pacote "CPP" de Gavião et al. (2022) foi utilizado para a análise estatística dos dados neste trabalho. Esse pacote é uma ferramenta de código aberto para a linguagem R, que oferece diversas funções e métodos para análise de dados complexos. Foram utilizados os módulos PMax.Beta, PMin.Beta, PMax.Normal e PMin.Normal no cálculo das probabilidades de preferência. A versão do código R utilizada nas simulações foi a 4.2.2 (R CORE TEAM, 2022).

Após o cálculo das probabilidades com o software R, todas as informações foram exportadas para o software EXCEL (MICROSOFT, 2023), utilizado para o cálculo das preferências globais para o ponto de vista Progressista-Pessimista, com base na Quadro 4 da seção 2.5.1.4. A escolha do ponto de vista Progressista-Pessimista se deve à necessidade de analisar alternativas que se aproximem ao máximo da excelência em todos os critérios.

3.11. PASSO 10: ESCOLHA DOS FORNECEDORES

Devido ao grande número de fornecedores envolvidos no estudo, totalizando 52 opções, a aplicação do método CPP para cada um deles demandaria um tempo significativo, o que poderia prejudicar o cumprimento dos prazos estabelecidos para a conclusão deste trabalho. As Tabela 2 e Tabela 3 apresentam uma síntese dos dados de porcentagem individual dos fornecedores escolhidos de Cantão e Xangai.

Tabela 2 Dados dos fornecedores escolhidos para Cantão por cada categoria em relação à sua participação individual de m³, custos e número de peças utilizadas.

Categoria	Acumulado de m³	Acumulado de Custos	Acumulado de utilização
Categoria A	52%	19%	11%
Categoria B	2%	3%	9%
Categoria C	0,4%	1%	10%

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Tabela 3 Dados dos fornecedores escolhidos para Xangai por cada categoria em relação à sua participação individual de m³, custos e número de peças utilizadas.

Fornecedor	Acumulado de m³	Acumulado de Custos	Acumulado de utilização
Categoria A	15,1%	25,1%	3,6%
Categoria B	27,9%	5,9%	8,3%
Categoria C	3,1%	1,5%	4,1%

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Optou-se por selecionar os primeiros fornecedores de cada categoria, utilizando como critério de escolha aquele com o maior valor em relação m³ previsto para os 12 meses seguintes. Por meio dela, é possível visualizar de maneira simplificada as informações referentes à participação de cada fornecedor nos critérios de custos, utilização de peças e volumetria em metros cúbicos.

3.12. PASSO 11: ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

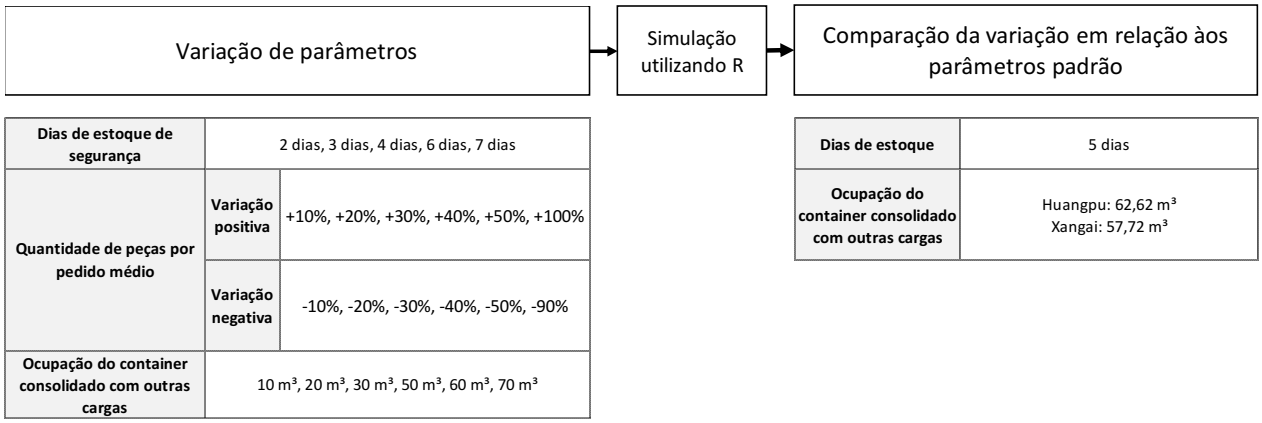
A análise de sensibilidade buscou investigar a influência de três parâmetros-chave, a saber, a quantidade de peças por pedido médio, os dias de estoque de segurança e a taxa de ocupação média quando as peças são consolidadas em armazém (Processo B na Figura 15 na seção 3.9.2).

Por meio dessa análise, buscou-se compreender o impacto dessas variáveis na eficiência e na definição dos fornecedores e modal de transportes, em todas as categorias de peças.

Utilizou-se duas ferramentas de software: o Microsoft Excel e a linguagem de programação R. No ambiente do Excel, os parâmetros foram ajustados, e os respectivos resultados foram exportados para posterior processamento na linguagem R. O código em R, que foi desenvolvido para conduzir as análises, encontra-se disponível no Apêndice B.

A escolha desses dois parâmetros baseia-se no fato de que eles influenciam diretamente dois critérios definidos no estudo. A quantidade de peças por pedido médio e a taxa de ocupação média quando as peças são consolidadas em armazém afetam o critério de custo de transporte, enquanto os dias de estoque de segurança influenciam a variabilidade no tempo de trânsito. A Figura 19 ilustra a variação dos parâmetros e a metodologia adotada para a análise.

Figura 19 Metodologia para análise de sensibilidade.



Fonte: elaborado pelo Autor (2023).

Inicialmente, os parâmetros foram modificados e simulações foram realizadas no código R. Em seguida, a variação em relação aos parâmetros originais foi comparada, utilizando tanto métodos visuais quanto cálculos de variação percentual.

Os dias do estoque de segurança foram variados nos valores de 2, 3, 4, 6 e 7 dias. Optou-se por não considerar valores acima de 8 dias, uma vez que estes não são praticados pela empresa objeto de estudo. A quantidade de peças por pedido médio foi variada em incrementos de 10%, abrangendo os valores de 10%, 20%, 30%, 40% e 50% tanto para acréscimo quanto para decréscimo. Além disso, foi decidido avaliar também dois extremos, contemplando uma variação de 100% para acréscimo e uma redução de 90% em relação ao valor original. A taxa de ocupação média ao enviar as peças ao centro de consolidação será avaliada nos valores de 10, 20, 30, 40, 50 e 70 m³.

Em termos práticos, a variação nos dias de estoque para cima pode indicar uma possível crise no fornecedor ou na cadeia de suprimentos das peças. Já a variação para baixo pode representar um fornecedor com peças em fase de descontinuação ou sem risco para a empresa. A variação na

quantidade de peças pode refletir o aumento ou redução dos volumes de produção na cadeia automotiva. Já as variações na taxa de ocupação média ao enviar peças aos centros de consolidação indicam situações de baixa e alta demanda de entregas.

3.13. PASSOS 12 E 13

O passo 12 (Delimitação, análise e discussão dos resultados) e o passo 13 (Conclusões e recomendações para trabalhos futuros) serão discutidos nas seções seguintes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção inclui a apresentação da delimitação do trabalho e apresenta os resultados da curva ABC e seus limites, bem como as preferências gerais e dos critérios qualitativos e quantitativos. Validamos os resultados pela comparação com as preferências da empresa e apresentamos os resultados da análise de sensibilidade. Além disso, discutimos os resultados abordando alguns pontos chave dos resultados, da validação dos resultados e da análise de sensibilidade.

4.1. DELIMITAÇÃO

A empresa automobilística considerada nesta pesquisa é sediada na região sul fluminense do Brasil. A montadora atua com a montagem de veículos por meio de componentes CKD (Completely Knocked Down). Esse método de montagem envolve a importação dos componentes necessários para a produção dos veículos, que são então montados localmente (VAN TULDER; RUIGROK, 1997).

A rota de importação de peças automotivas da China para o Brasil foi o objeto de estudo desta dissertação. A escolha desta rota foi dada com base em dois critérios: volumetria importada e o custo de transporte por metro cúbico. Todos os dados avaliados são internos à empresa no período de abril de 2022 até março de 2023.

Foram avaliados os dados de importação de 7 países que fornecem peças à empresa em estudo. A Tabela 4 apresenta as posições em relação à volumetria importada e custo das peças por m^3 para diferentes países de origens de peças.

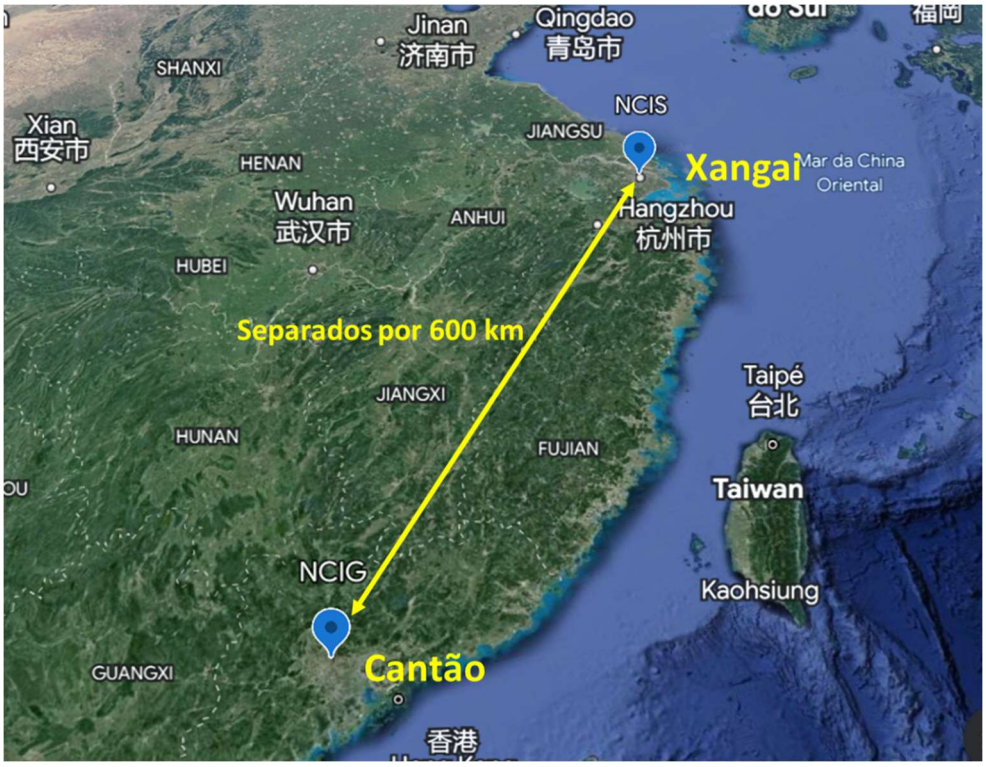
Tabela 4 Posições relativas de determinadas origens nas categorias de custo de frete por metro cúbico e volumetria importada, baseada em dados da empresa em estudo no período de Abril de 2022 até Março de 2023.

Países de origem	**Ranking de volumetria importada**	**Ranking de custo das peças por m³**
México	1º	6º
Japão	2º	4º
China	3º	3º
Tailândia	4º	2º
Estados Unidos	5º	7º
Espanha	6º	5º
Índia	7º	1º

Fonte: elabora pelo autor (2022)

Em relação ao custo das peças por metro cúbico, nota-se que os países da Ásia aparecem nas primeiras posições, com destaque para Índia, Tailândia e China. Quando olhamos estes mesmos países no critério volumetria importada, vemos um destaque da China na primeira posição, seguida pela Tailândia. Tal fato foi decisivo na escolha da China como país foco deste estudo. A Figura 20 apresenta um mapa da China e pontos considerados como origens.

Figura 20 Identificação da China e a localização dos dois centros de consolidação considerados no estudo: Cantão e Xangai.



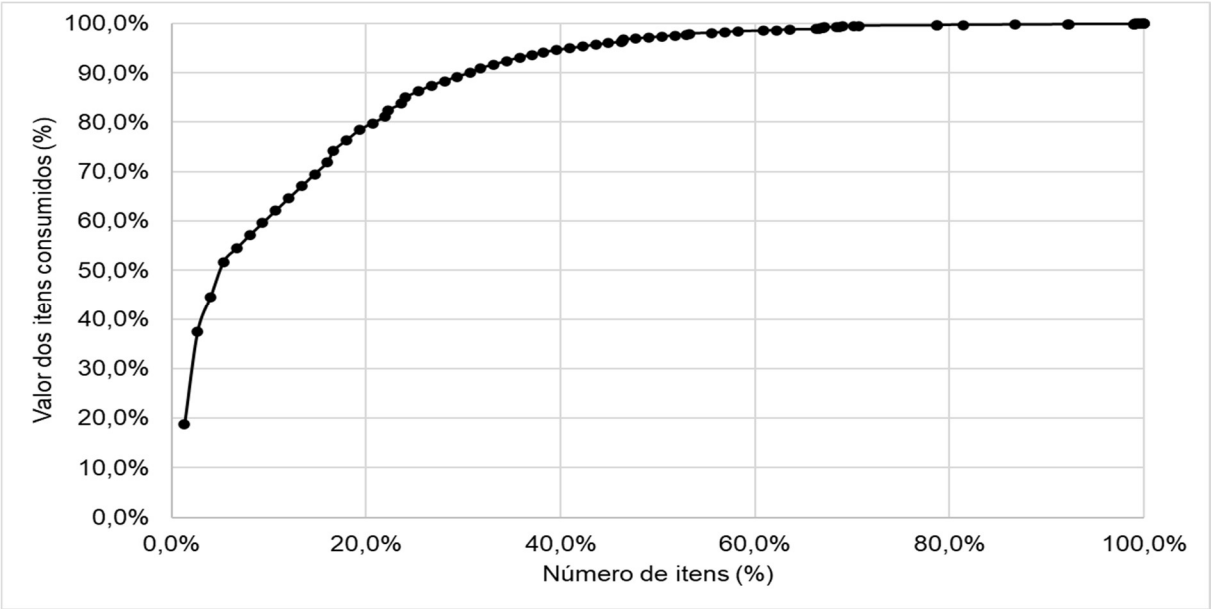
Fonte: (GOOGLE EARTH, 2023)

A empresa possui duas origens como centros de consolidação, que são Cantão e Xangai, separadas por 600 km de distância em linha reta. O método foi aplicado nos fornecedores e peças de ambas as origens e os resultados serão apresentados separadamente.

4.2. DIAGRAMAS DA CLASSIFICAÇÃO ABC

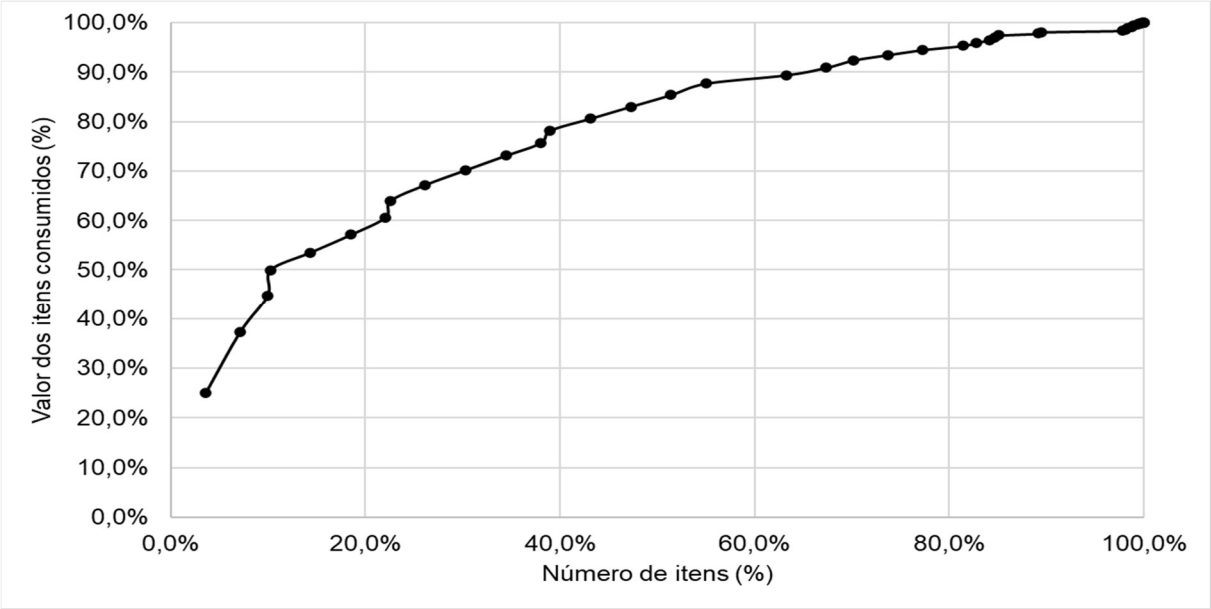
A construção da curva foi realizada utilizando o software EXCEL (MICROSOFT, 2023) e seus recursos gráficos. Os gráficos do método ABC para Cantão e Xangai estão representados nas Figura 21 e Figura 22, respectivamente.

Figura 21 Diagrama ABC para os componentes de Cantão.



Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Figura 22 Diagrama ABC para os componentes de Xangai.



Fonte: elaborado pelo Autor (2023)

A partir da análise gráfica, realizada no software EXCEL (MICROSOFT, 2023), foi possível definir as fronteiras de cada categoria. As fronteiras para Cantão são resumidas na Tabela 5.

Tabela 5 Intervalos de classificação ABC para os componentes de Cantão.

Origem	Proporção em quantidade de peças utilizadas	Proporção em custo total
Classe A	26,7%	87,4%
Classe B	26,5%	10,5%
Classe C	46,8%	2,1%

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Nota-se para as peças de Cantão uma divisão de fronteiras mais próxima à relação de Pareto 80/20, mencionado na seção 2.7. Já para os itens dos inventários oriundos de Xangai, as fronteiras são definidas de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 Intervalos de classificação ABC para os componentes de Xangai.

Origem	Proporção em quantidade de peças utilizadas	Proporção em custo total
Classe A	22,6%	64,0%
Classe B	32,4%	23,7%
Classe C	45,0%	12,3%

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Os intervalos verificados na tabela de Xangai, diferentemente da de Cantão, não apresentam um padrão de 80/20 conforme definição teórica. Tal fato se dá por conta das peças de Xangai possuírem preços unitários mais próximos.

Ao analisarmos o número de fornecedores em cada uma das classes, nos deparamos com os valores da Tabela 7.

Tabela 7 Número de fornecedores por classe para ambas as origems: Cantão e Xangai.

Origem	Classe A	Classe B	Classe C	Total
Cantão	6	8	8	22
Xangai	7	7	16	30

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Os intervalos obtidos para a classificação dos componentes foram consistentes com os valores encontrados na literatura especializada. A concordância entre os dados encontrados e os

valores teóricos esperados é um importante indicativo da validade da metodologia utilizada na classificação dos componentes.

4.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO CPP

A seguir serão apresentados os resultados da aplicação do método CPP para as três classes de fornecedores - A, B e C - oriundos das cidades de Cantão e Xangai, divididos em critérios quantitativos e qualitativos.

Todos os cálculos de preferência final foram realizados considerando o ponto de vista pessimista e progressista, com fórmula de cálculo conforme especificado na Quadro 4 da seção 2.5.1.4.

4.3.1. RESULTADOS CRITÉRIOS QUANTITATIVOS

A Tabela 15 até a Tabela 20 no Apêndice C apresentam as probabilidades de preferência para as classes A, B e C dos fornecedores de Cantão e Xangai, obtidas a partir da aplicação do método CPP.

Após análise dos valores obtidos a partir da aplicação do método, não foram identificadas diferenças significativas nas preferências para diferentes classes de peças tanto para Cantão quanto para Xangai. Isso significa que, para os critérios quantitativos, os fornecedores de transporte selecionados apresentaram um desempenho similar no transporte de componentes das classes A, B e C. A Tabela 8 e Tabela 9 resumem as posições de cada alternativa em relação a cada critério quantitativo e na agregação final, sendo C1 o critério custos de transporte, C2 o Custo de estoque e C3 a variabilidade no tempo de transporte, para Cantão e Xangai respectivamente.

Tabela 8 Posições relativas de cada alternativa em relação aos critérios quantitativos e agregação final para Cantão.

Alternativa	C1	C2	C3	Final
Operador marítimo 1	4	5	1	4
Operador marítimo 2	2	3	1	2
Operador marítimo 3	1	4	1	3
Operador marítimo 4	5	2	1	1
Operador marítimo 5	3	7	6	6
Operador marítimo 6	6	6	5	5
Operador Multimodal	7	1	7	7

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

De acordo com os resultados obtidos para Cantão, o operador marítimo 4 apresentou a melhor classificação em termos de agregação de resultados, obtendo uma boa classificação no C3 e C2. Por outro lado, o operador marítimo 2 esteve entre os três primeiros em todos os critérios, porém o seu desempenho geral foi suficiente apenas para garantir o 2º lugar na classificação geral. A classificação geral para a origem de Xangai está representada na Tabela 9.

Tabela 9 Posições relativas de cada alternativa em relação aos critérios quantitativos e agregação final para Xangai.

Alternativas	C1	C2	C3	Final
Operador marítimo 1	4	2	1	3
Operador marítimo 2	2	2	1	2
Operador marítimo 3	1	2	1	1
Operador marítimo 4	5	2	1	4
Operador marítimo 5	3	7	6	6
Operador marítimo 6	6	6	1	5
Operador Multimodal	7	1	7	7

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Ao analisar o desempenho dos operadores marítimos em relação à origem de Xangai, foi identificado que o operador marítimo 3 obteve a melhor avaliação, refletindo sua boa posição em relação a todos os critérios avaliados. A segunda colocação ficou com o operador marítimo 2, similar ao resultado de Cantão.

Ao analisar o desempenho dos operadores marítimos em relação aos portos de Cantão e Xangai no agregado final, foi identificado que o operador multimodal apresentou a pior classificação final. No entanto, esse operador foi o mais bem colocado na categoria C2, que avalia o Custo de estoque. Isso se deve ao fato de que os serviços multimodais, ao combinar transporte aéreo com marítimo, apresentam um tempo de transporte mais curto em comparação com o modal marítimo puro.

4.3.2. RESULTADOS CRITÉRIOS QUALITATIVOS

Ao contrário dos critérios quantitativos, os critérios qualitativos não foram medidos em termos de classificação de peças e nem por origem. Em vez disso, foram avaliados com base na experiência dos especialistas com os fornecedores. O Apêndice D apresentam as avaliações dos especialistas em escala de Likert dos critérios qualitativos.

As avaliações agregadas estão representadas na Tabela 25 do Apêndice E. A Tabela 10 resume as posições de cada alternativa em relação a cada critério qualitativo e na agregação final, sendo C4 Confiabilidade e reputação, C5 Qualidade de serviço, C6 Capacidade para lidar com pedidos de urgência, C7 Relacionamento com o cliente, C8 Tecnologia da informação e C9 Consciência ambiental.

Tabela 10 Posições relativas das alternativas em relação à cada critério na agregação final.

Alternativas	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Final
Operador marítimo 1	3	4	4	4	6	2	4
Operador marítimo 2	5	6	6	6	5	7	6
Operador marítimo 3	1	2	2	1	1	3	2
Operador marítimo 4	7	7	7	7	7	5	7
Operador marítimo 5	6	5	5	5	1	5	5
Operador marítimo 6	3	1	1	3	4	1	1
Operador Multimodal	1	2	2	1	1	3	2

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

As duas alternativas mais bem colocadas foram os operadores 6 com a 1ª posição, e o operador 3 e o operador multimodal na 2ª posição. Em todos os critérios avaliados, estas três alternativas sempre se posicionaram pelo menos nas 3 primeiras posições. Entre os piores

colocados estão os operadores marítimos 2 e 4. É importante destacar que o operador marítimo 3 é o mesmo que presta o serviço multimodal. Por essa razão, a avaliação qualitativa deles foi similar.

Ao realizar uma análise das avaliações dos fornecedores que obtiveram piores colocação na escala de Likert, constatou-se a presença de avaliações que destacam não apenas a não preferência por tais alternativas, mas também a incerteza em relação a elas, apresentadas como avaliações com o número 3 da escala de Likert. Esse resultado reforça a observação de que alguns dos especialistas envolvidos na avaliação não possuíam uma experiência direta com determinadas alternativas, em específico a 2 e 4.

4.3.3. PREFERÊNCIAS FINAIS

Quando avaliados a partir do ponto de vista pessimista-progressista, não foi observada diferença na preferência das alternativas, tanto em relação à classificação das peças quanto entre as origens. As Tabela 11 e Tabela 12 resumem as probabilidades agregadas de cada categoria e no final a classificação de cada alternativa.

Tabela 11 Probabilidades agregadas por categoria de peças e classificação final para a origem de Cantão

Alternativa	Probab. Cat. A	Probab. Cat. B	Probab. Cat. C	Classificação final
Operador marítimo 1	4,16E-09	4,17E-09	4,17E-09	3
Operador marítimo 2	1,31E-12	1,35E-12	1,35E-12	5
Operador marítimo 3	2,93E-07	3,03E-07	3,03E-07	2
Operador marítimo 4	1,76E-16	1,73E-16	1,73E-16	7
Operador marítimo 5	2,32E-15	2,35E-15	2,35E-15	6
Operador marítimo 6	3,54E-07	3,26E-07	3,26E-07	1
Operador Multimodal	1,82E-11	1,83E-11	1,83E-11	4

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Tabela 12 Probabilidades agregadas por categoria de peças e classificação final para a origem de Xangai

Alternativa	Probab. Cat. A	Probab. Cat. B	Probab. Cat. C	Classificação final
Operador marítimo 1	5,92E-09	5,89E-09	5,90E-09	3
Operador marítimo 2	1,04E-12	1,01E-12	1,02E-12	5
Operador marítimo 3	3,35E-07	3,24E-07	3,27E-07	2
Operador marítimo 4	8,45E-17	8,62E-17	8,57E-17	7
Operador marítimo 5	3,65E-15	3,59E-15	3,60E-15	6
Operador marítimo 6	8,31E-07	8,95E-07	8,76E-07	1
Operador Multimodal	1,18E-11	1,17E-11	1,17E-11	4

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Os operadores marítimos 6, 3 e o operador multimodal, em ordem de preferência, foram os três melhores classificados em ambas as origens avaliadas e para todas as classificações de peças consideradas. Enquanto o Operador marítimo 2 e o 4 os piores classificados.

4.4. VALIDAÇÃO DO MODELO

Uma das formas de validar o modelo de seleção de modal e fornecedor de transporte é comparar os resultados obtidos com as atuais preferências da empresa em estudo (TUZKAYA; ÖNÜT, 2008).

A empresa avaliada optou por trabalhar com dois operadores marítimos, dividindo o volume de containers entre eles. As alternativas definidas pela empresa foram o operador marítimo 2 e o operador marítimo 3.

Para comparar as escolhas do modelo com as escolhas atuais da empresa, serão consideradas as duas alternativas mais bem avaliadas nas simulações realizadas. Em razão de a empresa não fazer distinção entre o primeiro e o segundo colocado, será utilizado um símbolo "X" na matriz de comparação para representar as alternativas selecionadas pela empresa e pelo modelo. A Figura 23 apresenta a matriz de comparação entre o cenário atual e as escolhas finais dos modelos tanto para Cantão quanto para Xangai.

Figura 23 Matriz de comparação entre as escolhas atuais da empresa e o modelo do estudo.

Alternativas	Cenário atual	Modelo Cantão	Modelo Xangai
Operador marítimo 1			
Operador marítimo 2	X		
Operador marítimo 3	X	X	X
Operador marítimo 4			
Operador marítimo 5			
Operador marítimo 6		X	X
Operador Multimodal			

Fonte: elaborado pelo Autor (2023)

Nos critérios quantitativos, como não há distinção entre as categorias A, B e C na avaliação quantitativa dos critérios, é possível resumir a matriz de escolha em apenas uma matriz. A Figura 24 e Figura 25 apresentam as duas alternativas mais bem colocadas para as origens de Cantão e Xangai, respectivamente.

Figura 24 Matriz de comparação entre as escolhas atuais da empresa e o modelo do estudo somente para os critérios quantitativos das alternativas de Cantão.

Alternativas	Cenário atual	C1	C2	C3	Final quantitativo
Operador marítimo 1				X	
Operador marítimo 2	X	X		X	X
Operador marítimo 3	X	X		X	
Operador marítimo 4			X	X	X
Operador marítimo 5					
Operador marítimo 6					
Operador Multimodal			X		

Fonte: elaborado pelo Autor (2023)

Figura 25 Matriz de comparação entre as escolhas atuais da empresa e o modelo do estudo somente para os critérios quantitativos das alternativas de Xangai.

Alternativas	Cenário atual	C1	C2	C3	Final quantitativo
Operador marítimo 1			X	X	
Operador marítimo 2	X	X	X	X	X
Operador marítimo 3	X	X	X	X	X
Operador marítimo 4			X	X	
Operador marítimo 5					
Operador marítimo 6				X	
Operador Multimodal			X		

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

A análise das matrizes de comparação dos critérios quantitativos evidencia a divergência de escolhas entre o modelo e a empresa para o critério de custo de estoque quando avaliado em Cantão. No entanto, para os outros critérios as preferências convergem. Já para Xangai, tanto os critérios individualmente quanto a decisão final estão em linha com a opção da empresa.

O resultado divergente entre modelo e decisão da empresa em Cantão pode indicar uma preferência da empresa pela escolha de fornecedores com menor custo de transporte, em detrimento de outros critérios. Isso pode estar relacionado a fatores como orçamento limitado, estratégia de redução de custos ou priorização de outros aspectos do serviço de transporte marítimo.

A Figura 26 apresenta a matriz de comparação do cenário atual com os critérios qualitativos.

Figura 26 Matriz de comparação entre as escolhas atuais da empresa e o modelo do estudo somente para os critérios qualitativos das alternativas

Alternativas	Cenário atual	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Final qualitativo
Operador marítimo 1							X	
Operador marítimo 2	X							
Operador marítimo 3	X	X	X	X	X	X		X
Operador marítimo 4								
Operador marítimo 5						X		
Operador marítimo 6			X	X			X	X
Operador Multimodal		X	X	X	X	X		X

Fonte: elaborado pelo Autor (2023)

Ao se avaliar os critérios qualitativos para a escolha de fornecedores de transporte marítimo, é possível notar que o operador marítimo 3 apresenta-se como a escolha preferencial em grande parte dos critérios, com exceção do C9, relacionado à consciência ambiental. Por outro lado, o operador marítimo 2, que figura como uma das escolhas finais da empresa em estudo, não foi escolhido em nenhum dos critérios avaliados.

4.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

4.5.1. VARIAÇÃO NOS DIAS DE ESTOQUE

As variações nos dias de estoque não apresentaram alterações significativas em relação aos parâmetros padrão, tampouco impactaram na definição final considerando a perspectiva pessimista - progressista.

No entanto, foram observadas variações significativas na preferência finais por determinados fornecedores e modais. Tais diferenças foram mais acentuadas na origem de Xangai, nas alternativas OP5 e MM1, sendo semelhantes nas 3 categorias de peças. A Tabela 13 apresenta as variações percentuais das alternativas de Xangai para os diferentes dias de estoque simulados, em relação aos parâmetros originais de simulação.

Tabela 13 Variação da preferência final em relação à simulação inicial para o fornecedor das peças na categoria A, B e C de Xangai.

Alternativa	2 dias	3 dias	4 dias	6 dias	7 dias
OP1	0,4%	0,3%	0,2%	-1,0%	-15,8%
OP2	0,4%	0,3%	0,2%	-1,0%	-15,8%
OP3	0,4%	0,3%	0,2%	-1,0%	-15,8%
OP4	0,4%	0,3%	0,2%	-1,0%	-15,8%
OP5	-45,9%	-39,3%	-27,4%	103,1%	1575,7%
OP6	0,4%	0,3%	0,2%	-1,0%	-15,8%
MM1	63,4%	48,2%	27,9%	-37,3%	-68,8%

O fornecedor OP5 apresentou variação negativa na preferência quando analisado de 2 a 4 dias de estoque. A preferência aumentou quando os parâmetros foram ajustados para um intervalo de 6 a 7 dias.

Já na alternativa MM1, representativa do transporte multimodal, foram observadas variações inversas em relação à alternativa OP5. A preferência aumentou nas análises de 2 a 4 dias de estoque de segurança, porém diminuiu conforme os dias de estoque aumentaram entre 6 a 7 dias.

Uma das explicações para as inversões encontradas nos fornecedores MM1 e OP5 pode estar na natureza probabilística do método e do ponto de vista pessimista-progressista. A Tabela 14 apresenta um resumo dos critérios quantitativos relacionados ao tempo de trânsito, variabilidade no tempo de trânsito e custos por metro cúbico.

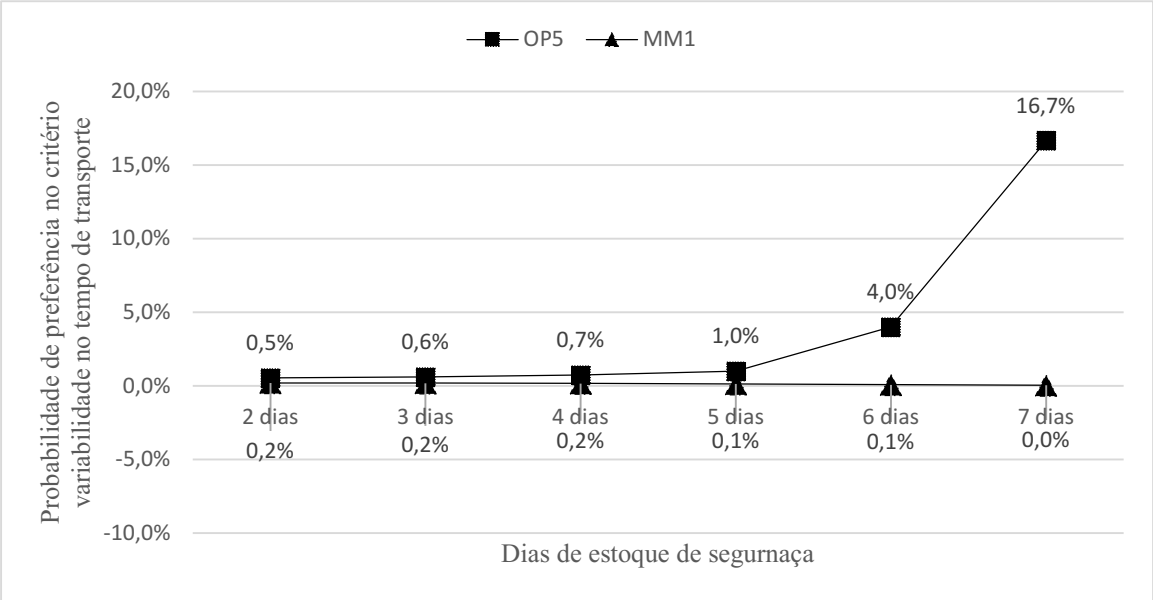
Tabela 14 Comparação dos critérios quantitativos das alternativas OP5 e MM1.

Critério	**OP5**	**MM1**
Tempo de trânsito	66	27
Variabilidade no tempo de trânsito	7	8
USD/m³ categoria A	47,90	2197,16
USD/m³ categoria B	47,90	895,02
USD/m³ categoria C	47,90	1068,35

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Na Tabela 14, observa-se que os valores de variabilidade no tempo de trânsito para ambas as alternativas são os mais altos em comparação com as demais alternativas, que estão entre 1 e 2 dias de variabilidade. A Figura 27 apresenta a variação de preferência de OP5 e MM1 somente no critério de variabilidade no tempo de trânsito.

Figura 27 Gráfico comparativo da probabilidade de preferência no critério variabilidade no tempo de transporte para as alternativas OP5 e MM1.



Fonte: elaborado pelo Autor (2023)

A Figura 27 mostra a variação da probabilidade de preferência para as alternativas OP5 e MM1 em relação aos dias de estoque. Em estoques baixos (2 a 4 dias), essas alternativas possuem probabilidade de preferência próximas, mas divergem em 6 a 7 dias de estoque.

Em situações de baixos dias de estoque de segurança, a inversão das preferências finais de MM1 e OP5, sugere que outros critérios estejam desempenhando um papel relevante na preferência final. Por exemplo, a boa classificação no critério custo de estoque e as avaliações qualitativas podem estar influenciando a preferência final da alternativa MM1, uma vez que não se observa uma variação negativa significativa entre as alternativas no critério de variabilidade no tempo de transporte.

Quando avaliado em 7 dias de estoque de segurança, esse critério tem máxima preferência para o OP5, enquanto tem baixa preferência para o MM1, reduzindo a probabilidade de preferência final do MM1 e, portanto, causando a inversão verificada na Tabela 13.

4.5.2. VARIAÇÃO NAS QUANTIDADE DE PEÇAS NO PEDIDO MÉDIO

Tanto nas variações negativas quanto positivas, não foram identificadas variações significativas na preferência final para nenhum fornecedor, tanto de Cantão quanto de Xangai. As variações de preferência individuais foram observadas apenas na categoria A e C da origem de Cantão e na categoria B da origem de Xangai.

Entretanto, essas variações foram de maneira geral muito baixas. As maiores variações encontradas foram de -2,2% para MM1 na categoria A da origem de Cantão e -0,5% na categoria C de Cantão. As Tabelas estão destacadas no Apêndice F.

4.5.3. VARIAÇÃO NA TAXA DE OCUPAÇÃO MÉDIA DAS PEÇAS ENVIADAS AOS CENTROS DE CONSOLIDAÇÃO

Não foram observadas variações na preferência final para ambas as origens, Cantão e Xangai, em todas as categorias. No entanto, foram identificadas variações na probabilidade de preferência final em relação aos parâmetros padrões, principalmente na categoria B e C da origem de Cantão e na categoria A da origem de Xangai, quando simulado com uma taxa de ocupação de 10 m³. As variações estão representadas no Apêndice G.

As maiores variações foram observadas na alternativa MM1, principalmente quando a taxa de ocupação média é baixa. Isso indica, na prática, que os containers utilizados para consolidação apresentam baixa ocupação média, resultando em um aumento no custo por metro cúbico (m³) das alternativas puramente marítimas.

No entanto, apesar das variações de preferência atingirem valores significativos, chegando a 143,7% e 87,2% para a alternativa MM1 nas categorias B e C respectivamente, essas variações não foram suficientes para alterar o resultado agregado.

4.6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao realizar a análise dos resultados referentes às probabilidades de preferência finais, observa-se um isolamento das duas alternativas com maior preferência para ambas as origens. A primeira alternativa (OP6) apresenta uma preferência final aproximadamente cinco vezes maior que a segunda alternativa. Já a segunda alternativa (OP3) possui uma preferência cerca de vinte vezes

maior que a terceira alternativa, evidenciando o isolamento das duas primeiras alternativas. Como a empresa do estudo trabalha com duas alternativas, o isolamento observado no modelo tende a refletir este tipo de escolha, auxiliando no processo de decisão.

Ao comparar as preferências finais da empresa com os resultados obtidos neste estudo, na seção 4.4, três justificativas podem ser destacados para a discrepância pontual constatada:

a) O Operador Marítimo 6, que foi uma alternativa classificada como preferência do modelo, mas não da empresa, exibe uma avaliação favorável na maioria dos critérios qualitativos, os quais constituem o conjunto mais extenso de critérios considerados. Dessa forma, considerando que o cálculo das preferências agregadas considera a multiplicação da preferência de cada critério, ter um valor de preferência elevado na maioria dos critérios influência positivamente na posição de uma alternativa nas preferências finais.
b) Por outro lado, o Operador Marítimo 2, que foi preferência da empresa, mas não do modelo, apesar da sua elevada probabilidade de preferência nos critérios quantitativos, em especial C1 e C3, figura entre as últimas opções de preferência em todos os critérios qualitativos.
c) Observa-se que, a partir da identificação da concordância total entre a escolha da empresa e as preferências finais do critério quantitativo C1 (Custo de transporte por metro cúbico), a empresa priorize a seleção da alternativa com o menor custo, em detrimento de outros critérios avaliados.

A partir dos resultados e da validação, verifica-se que há significativa influência dos critérios qualitativos na definição das probabilidades de preferência. Tal influência se dá em virtude da quantidade de critérios qualitativos frente aos quantitativos, sendo o número de critérios qualitativos o dobro do número de quantitativos.

Diante da constatação da influência dos critérios qualitativos nas preferências finais, vale ressaltar a elevada presença de avaliações 3 na escala de Likert nas avaliações qualitativas. Este valor representa a incerteza frente à uma afirmação e pode representar a falta de experiência dos especialistas com todas as alternativas utilizadas no estudo, influenciando os resultados.

Na análise de sensibilidade, apesar de verificar-se que a variação dos três fatores não influencia na decisão final, observa-se que há alterações nas probabilidades de preferência individuais das alternativas. Uma das principais que podemos destacar são os efeitos da variação dos estoques de segurança sob o critério de variabilidade do tempo de trânsito. Nesta análise, observou-se

influência sob a preferência da alternativa que representa o transporte multimodal (MM1). Isso indica que empresas deste ramo podem atuar na confiabilidade dos cronogramas para melhorar suas probabilidades de preferência.

Além disso, os resultados do modelo sugerem que não há diferença na ordenação da preferência final para as diferentes origens e categorias de peças. No entanto, há variações nas preferências individuais das alternativas em diferentes categorias:

a) **Variações de preferência individual das alternativas por origem:** foram encontradas apenas na análise de sensibilidade dos dias de estoque. O motivo para tal divergência está na presença de alternativas com parâmetros muito discrepantes em relação às outras, como é o caso da OP5 e MM1 na origem de Xangai e suas variabilidade no tempo de transporte. Tal fato mostra a importância da mensuração dos riscos nas rotas dos fornecedores sob a decisão de modal e fornecedor de transporte.
b) **Variações de preferência final individual das alternativas por categoria:** foram encontradas somente na análise de sensibilidade do parâmetro de variação da taxa de ocupação média dos containers destinados à consolidação, em especial em valores de baixa ocupação. Isso se dá, pois, as peças da categoria B e C categorias são menos volumosas e mais leves quando comparadas com as da categoria A, o que reduz os custos de transporte no serviço multimodal, uma vez que este critério é calculado com base nas dimensões das peças e não num custo constante por container. Isso indica que em tais situações é importante aprofundar a análise sobre a utilização do serviço multimodal para peças das categorias B e C, podendo ser uma opção mais adequada para o transporte.

Estes resultados mostram que o modelo apresenta uma ampliação na visão da empresa na decisão de modal e fornecedor de transporte ao indicar a influência dos critérios qualitativos na decisão final. Além disso, com base nos resultados da análise de sensibilidade, apresenta outros caminhos que a empresa pode vislumbrar em determinadas situações, como a utilização do serviço multimodal em situações de baixa volumetria (menor do que 10 m^3) nas categorias B e C da origem de Xangai e a importância da mensuração quantitativa dos riscos nas rotas das alternativas e seus impactos na decisão final.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo geral a aplicação conjunta do método CPP e classificação ABC com o propósito de desenvolver um modelo qualiquantitativo para auxiliar na tomada de decisão de modais e fornecedores utilizados no transporte internacional de peças em uma montadora de veículos.

O trabalho apresenta uma revisão da literatura a respeito dos métodos e critérios utilizados nos estudos de seleção de modal de transporte e fornecedor de transporte internacional, bem como analisa a classificação de inventários utilizando a método ABC e revisa o método CPP, com ênfase em suas aplicações e variações na escolha de distribuições de probabilidades.

Foram identificados nove critérios: três quantitativos influenciados pelas características específicas das peças e seis qualitativos obtidos por revisão da literatura e discussão com especialistas. Quanto às alternativas, foram empregadas, no total, sete opções para ambas as origens de Cantão e Xangai.

Os critérios qualitativos foram avaliados por meio de entrevistas com cinco especialistas da cadeia de suprimentos, todos com mais de sete anos de experiência. Para os critérios quantitativos, selecionou-se os fornecedores com maior volume previsto para os próximos 12 meses, um para cada categoria A, B e C.

Posteriormente, foi realizada uma simulação no software R para analisar os diferentes cenários relacionados à seleção de modal de transporte e fornecedor. Os resultados foram organizados em uma matriz e comparados com a escolha final da empresa.

O modelo proposto representou parcialmente a decisão da empresa e mostrou-se satisfatório no auxílio do processo de decisão na seleção de fornecedores e modais de transporte para indústrias automobilísticas. Seus resultados indicaram a relevância de se considerar diferentes critérios e as características das peças na decisão e servem como direcional para a ampliação da visão do problema para a empresa. Contribuindo, desta forma, para uma tomada de decisão mais informada e eficiente na gestão da cadeia de suprimentos.

Para trabalhos futuros recomenda-se: a) Aplicação do modelo em outras rotas; b) Ampliação dos tipos de alternativas, como por exemplo o transporte LCL (Less container load); c) Aperfeiçoamento dos critérios quantitativos, com a inclusão de outros critérios que representem as características das peças; d) Sinergia com um método que possa fornecedor ordenação aos critérios,

como o AHP; e) Reduzir o grau de incerteza nas avaliações qualitativas a partir do aumento dos participantes da pesquisa, ou a utilização de um método heurístico para melhorar o tratamento dos dados, como por exemplo a lógica Fuzzy.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, A.; HASSANIEN, A.-E.; SNÁŠEL, V. (EDS.). **Foundations of Computational Intelligence Volume 5: Function Approximation and Classification**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. v. 205

ARIFFIN, S. K. et al. Understanding the consumer's intention to use the e-wallet services. **Spanish Journal of Marketing - ESIC**, v. 25, n. 3, p. 446–461, 14 dez. 2021.

ARIKAN, F.; CITAK, S. Multiple Criteria Inventory Classification in an Electronics Firm. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, v. 16, n. 02, p. 315–331, mar. 2017.

ARSLANHAN, H.; TOSUN, Ö. Solving transport mode selection problem with integrated best – worst and WASPAS methods. **Pamukkale University Journal of Engineering Sciences**, v. 27, n. 1, p. 13–23, 2021.

BASÍLIO, M. P. et al. A Systematic Review of the Applications of Multi-Criteria Decision Aid Methods (1977–2022). **Electronics**, v. 11, n. 11, p. 1720, 28 maio 2022.

BERESFORD, A. K. C.; BANOMYONG, R.; PETTIT, S. A Critical Review of a Holistic Model Used for Assessing Multimodal Transport Systems. **Logistics**, v. 5, n. 1, p. 11, 26 fev. 2021.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. **Supply chain logistics management**. Boston, Mass: McGraw-Hill, 2002.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA/CÂMARA DE COMÉRCIO EXTERIOR/COMITê-EXECUTIVO DE GESTÃO. Resolução nº 16, de 2 de março de 2022. . 53. ed. Brasília, 18 mar. 2020. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-16-de-2-de-marco-de-2020-248564145. Acesso em: 29 set. 2023.

BRASIL. **Comex Stat**. **Site do Ministério da Economia**, 2022. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 8 nov. 2022

BROOKS, M. R. Understanding the ocean container market—a seven country study [1]. **Maritime Policy & Management**, v. 22, n. 1, p. 39–49, jan. 1995.

CAILLAUX, M. A. et al. Container logistics in Mercosur: Choice of a transhipment port using the ordinal Copeland method, data envelopment analysis and probabilistic composition. **Maritime Economics & Logistics**, v. 13, n. 4, p. 355–370, dez. 2011.

CASADO, R. **PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA PRIORIZAÇÃO DE RISCOS ENVOLVENDO MÚLTIPLOS DECISORES: UMA ABORDAGEM DA COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA SOBRE A FMEA EM UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS**. Dissertação de mestrado—Caruaru: Universidade Federal de Pernambuco, 2018.

CASADO, R. S. G. R.; SILVA, M. M.; SILVA, L. C. Multi-criteria decision model for risk prioritisation involving multiple decision-makers: an application of composition of probabilistic preferences combined with FMEA in the supply chain. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 40, n. 3, p. 709–726, 24 fev. 2023.

CMA CGM. **Routes**. , set. 2023. Disponível em: <https://www.cma-cgm.com/ebusiness/schedules>

COSCO. **Routes**. , set. 2023. Disponível em: <https://lines.coscoshipping.com/home/Services/route/16>

CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 4th ed ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2014.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativos, quantitativos e misto**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.

D'AGOSTINI, E. et al. Q-method and its application in clustering Hong Kong shippers' selection criteria of ocean carriers. **Research in Transportation Business & Management**, v. 44, p. 100785, set. 2022.

DALMORO, M.; VIEIRA, K. M. Dilemas na construção de escalas Tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados? **Revista Gestão Organizacional**, v. 6, n. 3, 28 jul. 2014.

DE SOUZA, R. G. et al. Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil. **Waste Management**, v. 57, p. 46–56, nov. 2016.

DHL GLOBAL FORWARDING. **MULTIMODAL EXPRESS**. , 2023.

DIVIÁK, T.; LORD, N. From text to ties: Extraction of corruption network data from deferred prosecution agreements. **Data & Policy**, v. 5, p. e4, 2023.

ENGEBRETHSEN, E.; DAUZÈRE-PÉRÈS, S. Transportation mode selection in inventory models: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 279, n. 1, p. 1–25, nov. 2019.

ERGIN, A.; FEIZOLLAHI, M. J.; KUTLU, C. Ocean Container Carrier Selection Using Fuzzy TOPSIS Method: Customers' Perspective. **Marine Technology Society Journal**, v. 56, n. 1, p. 59–71, 25 fev. 2022.

FANAM, P. D.; ACKERLY, L. Evaluating ocean carrier selection criteria: perspectives of Tasmanian shippers. **Journal of Shipping and Trade**, v. 4, n. 1, p. 5, dez. 2019.

FANAM, P. D.; NGUYEN, H.-O.; CAHOON, S. An empirical analysis of the critical selection criteria of liner operators: the perspective of freight forwarders. 2018.

FAVERO, L.; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados**. Rio de Janeiro: [s.n.].

GANGULY, K.; KUMAR, G. Supply Chain Risk Assessment: a fuzzy AHP approach. **Operations and Supply Chain Management: An International Journal**, p. 1–13, 3 fev. 2019.

GARCIA, P. A. DE A.; SANT'ANNA, A. P. VENDOR AND LOGISTICS PROVIDER SELECTION IN THE CONSTRUCTION SECTOR: A PROBABILISTIC PREFERENCES COMPOSITION APPROACH. **Pesquisa Operacional**, v. 35, n. 2, p. 363–375, ago. 2015.

GARCIA, P.; JUNIOR, I.; GUIMARÃES, V. Application of the Composition of Probabilistic Preferences in Modal Choice for Freight Transportation of Hazardous Materials. ago. 2015.

GAVIÃO, L. O. et al. Composição probabilística de preferências com abordagem empírica em problemas multicritério. **Gestão & Produção**, v. 26, n. 2, p. e2802, 2019.

GAVIAO, L. O. et al. Selecting a Cargo Aircraft for Humanitarian and Disaster Relief Operations by Multicriteria Decision Aid Methods. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 67, n. 3, p. 631–640, ago. 2020.

GAVIÃO, L. O. et al. MULTI-CRITERIA DECISION SUPPORT TO CRIMINOLOGY BY GRAPH THEORY AND COMPOSITION OF PROBABILISTIC PREFERENCES. **Pesquisa Operacional**, v. 41, p. e249751, 2021.

GAVIÃO, L. O. et al. **Composition of Probabilistic Preferences (CPP)**. **Repository CRAN**, 12 out. 2022. Disponível em: <https://search.r-project.org/CRAN/refmans/CPP/html/00Index.html>. Acesso em: 16 abr. 2023

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GNAP, J.; POLIAK, M.; SEMANOVA, S. The Issue of a Transport Mode Choice from the Perspective of Enterprise Logistics. **Open Engineering**, v. 9, n. 1, p. 374–383, 6 ago. 2019.

GOHARI, A. et al. Significance of intermodal freight modal choice criteria: MCDM-based decision support models and SP-based modal shift policies. **Transport Policy**, v. 121, p. 46–60, jun. 2022.

GOOGLE EARTH, M. **Mapa da costa da China**. , 2023. Disponível em: <http://earth.google.com/>

HĄBEK, P.; LAVIOS, J. J.; KRUPAH, E. How car producers are driving toward sustainable supplier development. **Production Engineering Archives**, v. 28, n. 3, p. 268–278, 1 set. 2022.

HAPAG LLOYD. **Route Finder**. , set. 2023. Disponível em: <https://www.hapag-lloyd.com/en/services-information/routes-trades/routes/route-finder.html/latin_america/latin_america.html>

HASHEMINIA, H.; JIANG, C. Strategic trade-off between vessel delay and schedule recovery: an empirical analysis of container liner shipping. **Maritime Policy & Management**, v. 44, n. 4, p. 458–473, 19 maio 2017.

HRUŠKA, R.; KMETÍK, M.; CHOCHOLÁČ, J. Selection of the Transport Mode Using the AHP Method Within Distribution Logistics of Motor Fuels. **Promet - Traffic&Transportation**, v. 33, n. 6, p. 905–917, 13 dez. 2021.

IATA. **IATA Knowledge Hub: Why Should You Use IATA Regulations Manuals?** , 1 maio 2023. Disponível em: <IATA Knowledge Hub: Why Should You Use IATA Regulations Manuals?>

IMPROTA, G. et al. Health technology assessment (HTA) of optoelectronic biosensors for oncology by analytic hierarchy process (AHP) and Likert scale. **BMC Medical Research Methodology**, v. 19, n. 1, p. 140, dez. 2019.

IQBAL, B.; SIDDIQUI, D. A. Factors Influencing Selection of Container Shipping Lines in Pakistan – A Logistics Perspective. **Asian Business Review**, v. 7, n. 1, p. 35–44, 2017.

JIA, P.; GOVINDAN, K.; KANNAN, D. Identification and evaluation of influential criteria for the selection of an environmental shipping carrier using DEMATEL: a case from India. **International Journal of Shipping and Transport Logistics**, v. 7, n. 6, p. 719, 2015.

JING, L. et al. Monte Carlo Simulation–Aided Analytic Hierarchy Process Approach: Case Study of Assessing Preferred Non-Point-Source Pollution Control Best Management Practices. **Journal of Environmental Engineering**, v. 139, n. 5, p. 618–626, maio 2013.

JUNG, H.; KIM, J.; SHIN, K. Importance Analysis of Decision Making Factors for Selecting International Freight Transportation Mode. **The Asian Journal of Shipping and Logistics**, v. 35, n. 1, p. 55–62, mar. 2019.

KAMPF, R. et al. The Application of ABC Analysis to Inventories in the Automatic Industry Utilizing the Cost Saving Effect. **Naše more**, v. 63, n. 3, p. 120–125, jul. 2016.

KOPYTOV, E.; ABRAMOV, D. COMPARATIVE STUDY OF MULTIPLE CRITERIA METHODS FOR CHOOSING CARGO TRANSPORTATION MODE. p. 7, 2012.

KUČERA, T.; SUK, A. The Application of ABC Analysis in the Logistic Warehousing Processes. **International Scientific Conference on Transport Means**, Transport Means - Proceedings of the International Conference. v. 2019, n. 23, p. 548–554, 2019.

KUNDU, P.; KAR, S.; MAITI, M. A fuzzy multi-criteria group decision making based on ranking interval type-2 fuzzy variables and an application to transportation mode selection problem. **Soft Computing**, v. 21, n. 11, p. 3051–3062, jun. 2017.

LIU, J. C.; WU, Y. Application of ABC Analysis in Inventory Management. **Advanced Materials Research**, v. 1030–1032, p. 2515–2518, set. 2014.

MACHARIS, C.; MEERS, D.; LIER, T. V. Modal choice in freight transport: combining multi-criteria decision analysis and geographic information systems. **International Journal of Multicriteria Decision Making**, v. 5, n. 4, p. 355, 2015.

MAERSK. **Logistics Solutions**. , set. 2023. Disponível em: <https://www.maersk.com/logistics-solutions>

MAGAÑA, V. C. et al. The Effects of the Driver's Mental State and Passenger Compartment Conditions on Driving Performance and Driving Stress. **Sensors**, v. 20, n. 18, p. 5274, 15 set. 2020.

MAKAROVA, I. et al. **International Transport Corridors: Impact on Territorial Development**. Proceedings of the "New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development" (NSRBCPED 2019). **Anais**... Em: "NEW SILK ROAD: BUSINESS COOPERATION AND PROSPECTIVE OF ECONOMIC DEVELOPMENT" (NSRBCPED

2019). St. Petersburg, Russia; Prague, Czech Republic: Atlantis Press, 2020. Disponível em: <https://www.atlantis-press.com/article/125937909>. Acesso em: 22 jul. 2023

MICROSOFT. **Microsoft Excel [Software de computador]**. Microsoft Corporation, , 2023.

MILKOVA, T. Various Methods for ABC Analysis of Inventory in MS Excel with Examples. **Serdica Journal of Computing**, v. 13, n. 3–4, p. 183–196, 4 fev. 2020.

MONTEIRO, F. F. Análise de uma experiência híbrida no ensino de Física 1. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200315, 2021.

MOON, D.; KIM, D.; LEE, E. A Study on Competitiveness of Sea Transport by Comparing International Transport Routes between Korea and EU. **The Asian Journal of Shipping and Logistics**, v. 31, n. 1, p. 1–20, mar. 2015.

NALLUSAMY, S.; BALAJI, R.; SUNDAR, S. Proposed Model for Inventory Review Policy through ABC Analysis in an Automotive Manufacturing Industry. **International Journal of Engineering Research in Africa**, v. 29, p. 165–174, 10 mar. 2017.

NASCIMENTO, F. **Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática**. 1. ed. [s.l.] Thesaurus, 2015.

PARRACHO SANT'ANNA, A. **Probabilistic Composition of Preferences, Theory and Applications**. Cham: Springer International Publishing, 2015.

PHAM, T.; YEO, G.-T. A Comparative Analysis Selecting the Transport Routes of Electronics Components from China to Vietnam. **Sustainability**, v. 10, n. 7, p. 2444, 12 jul. 2018.

PRINCIPE, V. et al. MULTICRITERIA ANALYSIS OF FOOTBALL MATCH PERFORMANCES: COMPOSITION OF PROBABILISTIC PREFERENCES APPLIED TO THE ENGLISH PREMIER LEAGUE 2015/2016. **Pesquisa Operacional**, v. 37, n. 2, p. 333–363, ago. 2017.

QU, L.; CHEN, Y.; MU, X. **A Transport Mode Selection Method for Multimodal Transportation Based on an Adaptive ANN System**. 2008 Fourth International Conference on Natural Computation. **Anais**... Em: 2008 FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NATURAL COMPUTATION. Jinan, Shandong, China: IEEE, 2008. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4667176/>. Acesso em: 13 jul. 2022

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing [Software de computador]**. R Foundation for Statistical Computing, , 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org>

ROTTA BONFIM, M.; CUNHA DE SOUZA, B. A utilização da escala de disponibilidade para educação interprofissional em saúde nas publicações nacionais. **Revista de Atenção à Saúde**, v. 19, n. 67, 19 abr. 2021.

SALDANHA, J. P. et al. CUTTING LOGISTICS COSTS WITH OCEAN CARRIER SELECTION. **Journal of Business Logistics**, v. 30, n. 2, p. 175–195, set. 2009.

SANT'ANNA, A. P. Aleatorização e composição de medidas de preferência. **Pesquisa Operacional**, v. 22, n. 1, p. 87–103, jun. 2002.

SANT'ANNA, A. P. Composição probabilística de critérios na avaliação de cursos. v. 2, n. 3, p. 15, 2005.

SANT'ANNA, A. P. et al. Análise multicritério baseada em probabilidades de preferência. **Tópicos emergentes e desafios metodológicos em engenharia de produção: casos, experiências e proposições**, v. 5, p. 45, 2012.

SANT'ANNA, A. P. PROCEDIMENTO DE CÁLCULO PARA A COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS. p. 11, 2013a.

SANT'ANNA, A. P. DETALHAMENTO DE UMA METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO BASEADA NA COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS. p. 10, 2013b.

SANT'ANNA, A. P.; DE ARAÚJO RIBEIRO, R. O.; DUTT-ROSS, S. Employing the Components of the Human Development Index to Drive Resources to Educational Policies. **Social Indicators Research**, v. 104, n. 3, p. 523–532, dez. 2011.

SANT'ANNA, A. P.; LIMA, G. B. A.; GAVIÃO, L. O. A PROBABILISTIC APPROACH TO THE INEQUALITY ADJUSTMENT OF THE HUMAN DEVELOPMENT INDEX. **Pesquisa Operacional**, v. 38, n. 1, p. 99–116, abr. 2018.

SANT'ANNA, L. A. F. P.; SANT'ANNA, A. P. A probabilistic approach to evaluate the exploitation of the geographic situation of hydroelectric plants. **Energy Policy**, v. 36, n. 7, p. 2320–2329, jul. 2008.

SENE, M. G. D. Percepções sociolinguísticas, avaliações subjetivas e atitudes linguísticas: três domínios complementares. **Todas as Letras Revista de Língua e Literatura**, v. 21, n. 1, 2019.

SHEN, L. et al. Study on analysing the criteria's for selection of shipping carriers in Chinese shipping market using analytical hierarchy process. **International Journal of Shipping and Transport Logistics**, v. 7, n. 6, p. 742, 2015.

SILVA, L. L. D. et al. Uso de escalas de validação para simuladores de anestesia de mão e pé no ensino de procedimentos médicos. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e16811830710, 14 jun. 2022.

STOCKHAMMER, V. M. et al. Behavioural Biases Distorting the Demand for Environmentally Friendly Freight Transport Modes: An Overview and Potential Measures. **Sustainability**, v. 13, n. 21, p. 11783, 25 out. 2021.

TALLEY, W. K. An Economic Theory of the Port. **Research in Transportation Economics**, v. 16, p. 43–65, jan. 2006.

THIENGO, D. L.; FONSECA, D. D.; LOVISI, G. M. Satisfação dos familiares com os serviços de saúde mental para crianças e adolescentes: uma revisão sistemática. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 22, n. 3, p. 233–240, set. 2014.

TURNER, R.; CHOCHRANE'S, R. Goals-and-methods matrix: coping with projects with ill defined goals and/or methods of achievin them. **International Journal of Project Management**, v. 11, n. 2, p. 10, 1993.

TUZKAYA, U. R.; ÖNÜT, S. A fuzzy analytic network process based approach to transportation-mode selection between Turkey and Germany: A case study. **Information Sciences**, v. 178, n. 15, p. 3133–3146, ago. 2008.

UNCTAD. **Final act and convention on international multimodal transport of goods**. . Em: UNITED NATIONS CONVENTION ON INTERNATIONAL MULTIMODAL TRANSPORT OF GOODS. New York, NY: 1980.

VAN TULDER, R.; RUIGROK, W. **European Cross-National Production Networks in the Auto Industry: Eastern Europe as the Low End of European Car Comple**. . Em: KREISKY FORUM AND BRIE POLICY CONFERENCE. 1997.

VIEIRA, B. DE O. et al. Prioritizing Barriers to Be Solved to the Implementation of Reverse Logistics of E-Waste in Brazil under a Multicriteria Decision Aid Approach. **Sustainability**, v. 12, n. 10, p. 4337, 25 maio 2020.

VIEIRA, G. P.; KAMAZAKI, D. F.; DIAS, A. C. G. Ética em Pesquisa: A Utilização de Levantamento On-line em Psicologia. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 42, p. e238789, 2022.

WANG, Y.; YEO, G.-T. Intermodal route selection for cargo transportation from Korea to Central Asia by adopting Fuzzy Delphi and Fuzzy ELECTRE I methods. **Maritime Policy & Management**, v. 45, n. 1, p. 3–18, 2 jan. 2018.

YANG, Y. H. et al. An analytic network process approach to the selection of logistics service providers for air cargo. **Journal of the Operational Research Society**, v. 61, n. 9, p. 1365–1376, set. 2010.

YANNIS, G. et al. State-of-the-art review on multi-criteria decision-making in the transport sector. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, v. 7, n. 4, p. 413–431, ago. 2020.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS

O questionário foi elaborado com base em uma revisão de literatura e posteriormente avaliado por especialistas da área. Os especialistas podiam escolher entre 1 e 5 na escala de Likert em relação à afirmação apresentada. As afirmações a seguie foram feitas para cara fornecedor. Neste caso, o "Fornecedor" irá se referir a cada uma das alternativas levantadas neste trabalho.

Pergunta 1) O fornecedor, de maneira geral, oferece um serviço confiável, como por exemplo o cumprimento do tempo de transporte, cobranças de taxas etc.

Pergunta 2) O fornecedor, de maneira geral, um serviço de qualidade no atendimento das demandas operacionais diárias, como por exemplo o tempo de resposta, nível de acurácia e detalhe nas respostas, capacidade de sanar dúvidas, compartilhamento de previsões de atrasos e omissões de navios etc.

Pergunta 3) O fornecedor apresenta capacidade de lidar com pedidos especiais de urgência, como por exemplo oferecer soluções para atrasos e omissões de portos, solicitações de alteração de portos (COD), disponibilidade de rotas, conscientização de criticidades etc.

Pergunta 4) O fornecedor tem um bom relacionamento com o cliente, como por exemplo respondendo prontamente a questionamentos com detalhes preciso de suas operações, comparecendo em reuniões, mantendo um nível de profissionalismo, cortesia e polidez adequado etc.

Pergunta 5) O fornecedor possui serviços de tecnologia das informações que auxiliam na localização de cargas, a coleta de dados eficientes e rápida, processo de cotação simplificados etc.

Pergunta 6) O fornecedor possui comprometimento em relação à redução das emissões de CO2, alinhamento com as práticas de sustentabilidade e à utilização de fontes de energia renovável.

APÊNDICE B – CÓDIGO DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE EM R

```
#Chamando as bibliotecas básicas
library(CPP)
library(readxl)
library(openxlsx)
#Definição de onde está a matriz com os dados a serem utilizados
caminho_arquivo <- "C:\\Users\\xl53181\\OneDrive - Nissan Motor Corporation\\Desktop\\Mestrado\\9. Aplicação do método\\2. Pós-Qualificação\\6. Análise de Sensibilidade\\planilha_para_variacoes.xlsx"
#Definindo as abas do excel
abas <- excel_sheets(caminho_arquivo)
Cantão <- abas[1]
xangai <- abas[2]
#Lendo o arquivo em excel
dados_Cantão <- read_excel(caminho_arquivo, sheet = Cantão)
dados_xangai <- read_excel(caminho_arquivo, sheet = xangai)
#Definindo as matrizes QUANTITATIVAS de cada categoria
#Categoria A
matriz_Cantão_a_quant <- apply(as.matrix(dados_Cantão[4:10, 5:7]) ,c(1, 2), as.numeric)
matriz_xangai_a_quant <- apply(as.matrix(dados_xangai[4:10, 5:7]) ,c(1, 2), as.numeric)
#Categoria B
matriz_Cantão_b_quant <- apply(as.matrix(dados_Cantão[13:19, 5:7]) ,c(1, 2), as.numeric)
matriz_xangai_b_quant <- apply(as.matrix(dados_xangai[13:19, 5:7]) ,c(1, 2), as.numeric)
#Categoria C
matriz_Cantão_c_quant <- apply(as.matrix(dados_Cantão[22:28, 5:7]) ,c(1, 2), as.numeric)
matriz_xangai_c_quant <- apply(as.matrix(dados_xangai[22:28, 5:7]) ,c(1, 2), as.numeric)
#Definindo as matrizes QUALITATIVAS de cada categoria
#Categoria A
matriz_Cantão_a_quali <- apply(as.matrix(dados_Cantão[4:10, 8:13]) ,c(1, 2), as.numeric)
matriz_xangai_a_quali <- apply(as.matrix(dados_xangai[4:10, 8:13]) ,c(1, 2), as.numeric)
```

```
#Categoria B
matriz_Cantão_b_quali <- apply(as.matrix(dados_Cantão[13:19, 8:13]) ,c(1, 2), as.numeric)
matriz_xangai_b_quali <- apply(as.matrix(dados_xangai[13:19, 8:13]) ,c(1, 2), as.numeric)
#Categoria C
matriz_Cantão_c_quali <- apply(as.matrix(dados_Cantão[22:28, 8:13]) ,c(1, 2), as.numeric)
matriz_xangai_c_quali <- apply(as.matrix(dados_xangai[22:28, 8:13]) ,c(1, 2), as.numeric)

#Aplicando o método nas avaliações QUANTITATIVAS
matriz_Cantão_max_norm_cat_a_quant <- PMax.Normal(matriz_Cantão_a_quant)
matriz_Cantão_max_norm_cat_b_quant <- PMax.Normal(matriz_Cantão_b_quant)
matriz_Cantão_max_norm_cat_c_quant <- PMax.Normal(matriz_Cantão_c_quant)
matriz_xangai_max_norm_cat_a_quant <- PMax.Normal(matriz_xangai_a_quant)
matriz_xangai_max_norm_cat_b_quant <- PMax.Normal(matriz_xangai_b_quant)
matriz_xangai_max_norm_cat_c_quant <- PMax.Normal(matriz_xangai_c_quant)
#Subtraindo -1 pois os quantitativos são inversamente proporcionais
matriz_Cantão_max_norm_cat_a_quant <- 1- matriz_Cantão_max_norm_cat_a_quant[,1:3]
matriz_Cantão_max_norm_cat_b_quant <- 1 - matriz_Cantão_max_norm_cat_b_quant[,1:3]
matriz_Cantão_max_norm_cat_c_quant <- 1 - matriz_Cantão_max_norm_cat_c_quant[,1:3]
matriz_xangai_max_norm_cat_a_quant <- 1 - matriz_xangai_max_norm_cat_a_quant[,1:3]
matriz_xangai_max_norm_cat_b_quant <- 1 - matriz_xangai_max_norm_cat_b_quant[,1:3]
matriz_xangai_max_norm_cat_c_quant <- 1 - matriz_xangai_max_norm_cat_c_quant[,1:3]

#Aplicando o método nas avaliações QUALITATIVAS
s=2
matriz_Cantão_max_beta_cat_a_quali <- PMax.Beta(matriz_Cantão_a_quali, s)
matriz_Cantão_max_beta_cat_b_quali <- PMax.Beta(matriz_Cantão_b_quali, s)
matriz_Cantão_max_beta_cat_c_quali <- PMax.Beta(matriz_Cantão_c_quali, s)
matriz_xangai_max_beta_cat_a_quali <- PMax.Beta(matriz_xangai_a_quali, s)
matriz_xangai_max_beta_cat_b_quali <- PMax.Beta(matriz_xangai_b_quali, s)
matriz_xangai_max_beta_cat_c_quali <- PMax.Beta(matriz_xangai_c_quali, s)
```

```
#Exportando as matrizes
analise_final <- createWorkbook()
addWorksheet(analise_final, "Cantão")
addWorksheet(analise_final, "Xangai")

#Definindo as colunas dos armadores
carriers <- c("OP1", "OP2", "OP3", "OP4", "OP5", "OP6", "MM1")
carriers <- matrix(carriers, nrow=7, ncol=1)

#Definindo as colunas de multiplicação para Cantão
resultado_quant_Cantão_cat_a <- matrix(apply(matriz_Cantão_max_norm_cat_a_quant, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_Cantão_max_norm_cat_a_quant))
resultado_quali_Cantão_cat_a <- matrix(apply(matriz_Cantão_max_beta_cat_a_quali, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_Cantão_max_beta_cat_a_quali))
resultado_Cantão_cat_a <- cbind(resultado_quant_Cantão_cat_a, resultado_quali_Cantão_cat_a)
resultado_Cantão_cat_a <- matrix(apply(resultado_Cantão_cat_a, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(resultado_Cantão_cat_a))

resultado_quant_Cantão_cat_b <- matrix(apply(matriz_Cantão_max_norm_cat_b_quant, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_Cantão_max_norm_cat_b_quant))
resultado_quali_Cantão_cat_b <- matrix(apply(matriz_Cantão_max_beta_cat_b_quali, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_Cantão_max_beta_cat_b_quali))
resultado_Cantão_cat_b <- cbind(resultado_quant_Cantão_cat_b, resultado_quali_Cantão_cat_b)
resultado_Cantão_cat_b <- matrix(apply(resultado_Cantão_cat_b, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(resultado_Cantão_cat_b))

resultado_quant_Cantão_cat_c <- matrix(apply(matriz_Cantão_max_norm_cat_c_quant, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_Cantão_max_norm_cat_c_quant))
```

```
resultado_quali_Cantão_cat_c <- matrix(apply(matriz_Cantão_max_beta_cat_c_quali, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_Cantão_max_beta_cat_c_quali))
resultado_Cantão_cat_c <- cbind(resultado_quant_Cantão_cat_c, resultado_quali_Cantão_cat_c)
resultado_Cantão_cat_c <- matrix(apply(resultado_Cantão_cat_c, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(resultado_Cantão_cat_c))

#Compilando dados Cantão
analise_Cantão_cat_a <- list(matriz_Cantão_max_norm_cat_a_quant, matriz_Cantão_max_beta_cat_a_quali, resultado_quant_Cantão_cat_a, resultado_quali_Cantão_cat_a, resultado_Cantão_cat_a)
analise_Cantão_cat_b <- list(matriz_Cantão_max_norm_cat_b_quant, matriz_Cantão_max_beta_cat_b_quali, resultado_quant_Cantão_cat_b, resultado_quali_Cantão_cat_b, resultado_Cantão_cat_b)
analise_Cantão_cat_c <- list(matriz_Cantão_max_norm_cat_c_quant, matriz_Cantão_max_beta_cat_c_quali, resultado_quant_Cantão_cat_c, resultado_quali_Cantão_cat_c, resultado_Cantão_cat_c)

writeData(analise_final, sheet="Cantão", x=carriers, startRow=2,startCol=2)
writeData(analise_final, sheet="Cantão", x=carriers, startRow=11,startCol=2)
writeData(analise_final, sheet="Cantão", x=carriers, startRow=20,startCol=2)

writeData(analise_final, sheet="Cantão", x=analise_Cantão_cat_a,startRow=3,startCol=3)
writeData(analise_final, sheet="Cantão", x=analise_Cantão_cat_b,startRow=12,startCol=3)
writeData(analise_final, sheet="Cantão", x=analise_Cantão_cat_c,startRow=21,startCol=3)

#Definindo as colunas de multiplicação para Xangai
resultado_quant_xangai_cat_a <- matrix(apply(matriz_xangai_max_norm_cat_a_quant, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_xangai_max_norm_cat_a_quant))
resultado_quali_xangai_cat_a <- matrix(apply(matriz_xangai_max_beta_cat_a_quali, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_xangai_max_beta_cat_a_quali))
```

```
resultado_xangai_cat_a <- cbind(resultado_quant_xangai_cat_a, resultado_quali_xangai_cat_a)
resultado_xangai_cat_a <- matrix(apply(resultado_xangai_cat_a, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(resultado_xangai_cat_a))

resultado_quant_xangai_cat_b <- matrix(apply(matriz_xangai_max_norm_cat_b_quant, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_xangai_max_norm_cat_b_quant))
resultado_quali_xangai_cat_b <- matrix(apply(matriz_xangai_max_beta_cat_b_quali, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_xangai_max_beta_cat_b_quali))
resultado_xangai_cat_b <- cbind(resultado_quant_xangai_cat_b, resultado_quali_xangai_cat_b)
resultado_xangai_cat_b <- matrix(apply(resultado_xangai_cat_b, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(resultado_xangai_cat_b))

resultado_quant_xangai_cat_c <- matrix(apply(matriz_xangai_max_norm_cat_c_quant, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_xangai_max_norm_cat_c_quant))
resultado_quali_xangai_cat_c <- matrix(apply(matriz_xangai_max_beta_cat_c_quali, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(matriz_xangai_max_beta_cat_c_quali))
resultado_xangai_cat_c <- cbind(resultado_quant_xangai_cat_c, resultado_quali_xangai_cat_c)
resultado_xangai_cat_c <- matrix(apply(resultado_xangai_cat_c, 1, function(row) prod(row)), nrow = nrow(resultado_xangai_cat_c))

#Títulos das colunas Cantão
writeData(analise_final, sheet="Cantão", "Resultado quantitativo", startRow=2,startCol=12)
writeData(analise_final, sheet="Cantão", "Resultado qualitativo", startRow=2,startCol=13)
writeData(analise_final, sheet="Cantão", "Resultado final", startRow=2,startCol=14)

writeData(analise_final, sheet="Cantão", "Resultado quantitativo", startRow=11,startCol=12)
writeData(analise_final, sheet="Cantão", "Resultado qualitativo", startRow=11,startCol=13)
writeData(analise_final, sheet="Cantão", "Resultado final", startRow=11,startCol=14)

writeData(analise_final, sheet="Cantão", "Resultado quantitativo", startRow=20,startCol=12)
```

```
writeData(analise_final, sheet="Cantão", "Resultado qualitativo", startRow=20,startCol=13)
writeData(analise_final, sheet="Cantão", "Resultado final", startRow=20,startCol=14)


#Compilando dados Xangai
analise_xangai_cat_a <- list(matriz_xangai_max_norm_cat_a_quant,
matriz_xangai_max_beta_cat_a_quali, resultado_quant_xangai_cat_a,
resultado_quali_xangai_cat_a, resultado_xangai_cat_a)
analise_xangai_cat_b <- list(matriz_xangai_max_norm_cat_b_quant,
matriz_xangai_max_beta_cat_b_quali, resultado_quant_xangai_cat_b,
resultado_quali_xangai_cat_b, resultado_xangai_cat_b)
analise_xangai_cat_c <- list(matriz_xangai_max_norm_cat_c_quant,
matriz_xangai_max_beta_cat_c_quali, resultado_quant_xangai_cat_c,
resultado_quali_xangai_cat_c, resultado_xangai_cat_c)

writeData(analise_final, sheet="Xangai", x=carriers, startRow=2,startCol=2)
writeData(analise_final, sheet="Xangai", x=carriers, startRow=11,startCol=2)
writeData(analise_final, sheet="Xangai", x=carriers, startRow=20,startCol=2)

writeData(analise_final, sheet="Xangai", x=analise_xangai_cat_a,startRow=3,startCol=3)
writeData(analise_final, sheet="Xangai", x=analise_xangai_cat_b,startRow=12,startCol=3)
writeData(analise_final, sheet="Xangai", x=analise_xangai_cat_c,startRow=21,startCol=3)

#Títulos das colunas Xangai
writeData(analise_final, sheet="Xangai", "Resultado quantitativo", startRow=2,startCol=12)
writeData(analise_final, sheet="Xangai", "Resultado qualitativo", startRow=2,startCol=13)
writeData(analise_final, sheet="Xangai", "Resultado final", startRow=2,startCol=14)

writeData(analise_final, sheet="Xangai", "Resultado quantitativo", startRow=11,startCol=12)
writeData(analise_final, sheet="Xangai", "Resultado qualitativo", startRow=11,startCol=13)
```

```
writeData(analise_final, sheet="Xangai", "Resultado final", startRow=11,startCol=14)

writeData(analise_final, sheet="Xangai", "Resultado quantitativo", startRow=20,startCol=12)
writeData(analise_final, sheet="Xangai", "Resultado qualitativo", startRow=20,startCol=13)
writeData(analise_final, sheet="Xangai", "Resultado final", startRow=20,startCol=14)

#Salvando a planilha de análise final
saveWorkbook(analise_final, "C:/Users/xl53181/OneDrive - Nissan Motor Corporation/Desktop/Mestrado/9. Aplicação do método/2. Pós-Qualificação/6. Análise de Sensibilidade/analise_final_1.xlsx", overwrite = TRUE)
```

APÊNDICE C – TABELAS DAS PROBABILIDADES DA ANÁLISE QUANTITATIVA

Tabela 15 Probabilidades de preferência quantitativa para os componentes da classe A de Cantão.

Alternativas	**C1**	**C2**	**C3**	**Final**
Operador marítimo 1	0,167	0,091	0,215	0,003
Operador marítimo 2	0,173	0,167	0,215	0,006
Operador marítimo 3	0,173	0,117	0,215	0,004
Operador marítimo 4	0,164	0,260	0,215	0,009
Operador marítimo 5	0,169	0,001	0,005	0,000
Operador marítimo 6	0,154	0,046	0,133	0,001
Operador Multimodal	0,000	0,318	0,002	0,000

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Tabela 16 Probabilidades de preferência quantitativa para os componentes da classe B de Cantão.

Alternativas	**C1**	**C2**	**C3**	**Final**
Operador marítimo 1	0,167	0,091	0,215	0,003
Operador marítimo 2	0,179	0,167	0,215	0,006
Operador marítimo 3	0,179	0,117	0,215	0,005
Operador marítimo 4	0,161	0,260	0,215	0,009
Operador marítimo 5	0,172	0,001	0,005	0,000
Operador marítimo 6	0,142	0,046	0,133	0,001
Operador Multimodal	0,000	0,318	0,002	0,000

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Tabela 17 Probabilidades de preferência quantitativa para os componentes da classe C de Cantão.

Alternativa	C1	C2	C3	Final
Operador marítimo 1	0,167	0,091	0,215	0,003
Operador marítimo 2	0,179	0,167	0,215	0,006
Operador marítimo 3	0,179	0,117	0,215	0,005
Operador marítimo 4	0,161	0,260	0,215	0,009
Operador marítimo 5	0,172	0,001	0,005	0,000
Operador marítimo 6	0,142	0,046	0,133	0,001
Operador Multimodal	0,000	0,318	0,002	0,000

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Tabela 18 Probabilidades de preferência quantitativa para os componentes da classe A de Xangai.

Alternativa	C1	C2	C3	Final
Operador marítimo 1	0,168	0,140	0,198	0,005
Operador marítimo 2	0,179	0,140	0,198	0,005
Operador marítimo 3	0,181	0,140	0,198	0,005
Operador marítimo 4	0,159	0,140	0,198	0,004
Operador marítimo 5	0,174	0,000	0,010	0,000
Operador marítimo 6	0,139	0,080	0,198	0,002
Operador Multimodal	0,000	0,361	0,001	0,000

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Tabela 19 Probabilidades de preferência quantitativa para os componentes da classe B de Xangai.

Alternativa	C1	C2	C3	Final
Operador marítimo 1	0,168	0,140	0,198	0,005
Operador marítimo 2	0,174	0,140	0,198	0,005
Operador marítimo 3	0,175	0,140	0,198	0,005
Operador marítimo 4	0,162	0,140	0,198	0,004
Operador marítimo 5	0,171	0,000	0,010	0,000
Operador marítimo 6	0,150	0,080	0,198	0,002
Operador Multimodal	0,000	0,361	0,001	0,000

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Tabela 20 Probabilidades de preferência quantitativa para os componentes da classe C de Xangai.

Alternativa	**C1**	**C2**	**C3**	**Final**
Operador marítimo 1	0,168	0,140	0,198	0,005
Operador marítimo 2	0,175	0,140	0,198	0,005
Operador marítimo 3	0,177	0,140	0,198	0,005
Operador marítimo 4	0,161	0,140	0,198	0,004
Operador marítimo 5	0,172	0,000	0,010	0,000
Operador marítimo 6	0,147	0,080	0,198	0,002
Operador Multimodal	0,000	0,361	0,001	0,000

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

APÊNDICE D – AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS PELOS ESPECIALISTAS

Tabela 21 Avaliação por escala de Likert do Especialista 1

Alternativas	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Operador marítimo 1	4	2	4	5	3	4
Operador marítimo 2	3	3	3	3	3	3
Operador marítimo 3	4	4	4	5	4	4
Operador marítimo 4	2	2	2	2	3	3
Operador marítimo 5	2	2	2	2	3	3
Operador marítimo 6	3	4	4	4	3	4
Operador Multimodal	2	1	2	2	2	3

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Tabela 22 Avaliação por escala de Likert do Especialista 2

Alternativas	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Operador marítimo 1	4	4	3	5	5	4
Operador marítimo 2	4	4	3	3	4	3
Operador marítimo 3	5	5	5	5	5	3
Operador marítimo 4	3	3	3	3	3	3
Operador marítimo 5	5	5	5	5	5	3
Operador marítimo 6	4	4	4	4	4	3
Operador Multimodal	3	3	3	3	3	3

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Tabela 23 Avaliação por escala de Likert do Especialista 3

Alternativas	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Operador marítimo 1	4	4	3	2	2	4
Operador marítimo 2	3	3	3	3	3	3
Operador marítimo 3	4	4	3	4	2	3
Operador marítimo 4	3	3	3	3	3	3
Operador marítimo 5	2	4	2	4	4	3
Operador marítimo 6	4	4	4	4	4	3
Operador Multimodal	3	3	3	3	3	3

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

Tabela 24 Avaliação por escala de Likert do Especialista 4

Alternativas	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**
Operador marítimo 1	4	4	3	4	2	4
Operador marítimo 2	3	2	2	3	3	3
Operador marítimo 3	4	2	3	4	4	3
Operador marítimo 4	1	2	1	2	1	3
Operador marítimo 5	2	3	3	4	2	3
Operador marítimo 6	4	4	4	5	3	5
Operador Multimodal	3	3	3	2	3	3

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

APÊNDICE E – TABELAS DAS PROBABILIDADES DE PREFERÊNCIA DA ANÁLISE QUALITATIVA

Tabela 25 Probabilidades agregadas de maximização da preferência dos critérios qualitativos.

Alternativas	**C4**	**C5**	**C6**	**C7**	**C8**	**C9**	**Final**
Operador marítimo 1	0,181	0,128	0,076	0,127	0,021	0,275	1,27E-06
Operador marítimo 2	0,038	0,021	0,026	0,018	0,051	0,011	2,10E-10
Operador marítimo 3	0,295	0,219	0,194	0,302	0,269	0,066	6,72E-05
Operador marítimo 4	0,003	0,005	0,007	0,003	0,002	0,028	1,93E-14
Operador marítimo 5	0,006	0,040	0,046	0,051	0,269	0,028	4,26E-09
Operador marítimo 6	0,181	0,369	0,457	0,197	0,120	0,525	3,77E-04
Operador Multimodal	0,295	0,219	0,194	0,302	0,269	0,066	6,72E-05

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

APÊNDICE F - VARIAÇÕES DE PREFERÊNCIA NA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA QUANTIDADE DE PEÇAS POR PEDIDO MÉDIO

Tabela 26 Categoria A origem de Cantão, aumento na quantidade de peças.

Alternativa	+10%	+20%	+30%	+40%	+50%	+100%
OP1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
OP2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
OP3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
OP4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
OP5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
OP6	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%
MM1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 27 Categoria C origem de Cantão, aumento na quantidade de peças.

Alternativa	+10%	+20%	+30%	+40%	+50%	+100%
OP1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
OP2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
OP3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
OP4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
OP5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
OP6	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
MM1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 28 Categoria A origem de Xangai, redução na quantidade de peças.

Alternativa	-10%	-20%	-30%	-40%	-50%	-90%
OP1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
OP2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-0,2%
OP3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-0,2%
OP4	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
OP5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-0,1%
OP6	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%
MM1	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-0,1%

Tabela 29 Categoria B origem de Xangai, redução na quantidade de peças.

Alternativa	-10%	-20%	-30%	-40%	-50%	-90%
OP1	0,0%	0,0%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%
OP2	0,0%	0,0%	-0,6%	-0,6%	-0,6%	-0,6%
OP3	0,0%	0,0%	-0,7%	-0,7%	-0,7%	-0,7%
OP4	0,0%	0,0%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%
OP5	0,0%	0,0%	-0,4%	-0,4%	-0,4%	-0,4%
OP6	0,0%	0,0%	1,7%	1,7%	1,7%	1,7%
MM1	0,0%	0,0%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%

APÊNDICE G – VARIAÇÕES DE PREFERÊNCIA NA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA TAXA DE OCUPAÇÃO MÉDIA QUANDO AS PEÇAS SÃO ENVIADAS PARA O CENTRO DE CONSOLIDAÇÃO

Tabela 30 Variação da probabilidade de preferência em relação aos parâmetros originais para a Classe B de Cantão.

Fornecedor	CFR 10	CFR 20	CFR 30	CFR 40	CFR 50	CFR 60	CFR 70
OP1	-8,4%	-0,9%	-0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
OP2	42,9%	16,4%	8,1%	4,1%	1,8%	0,3%	-0,7%
OP3	45,0%	17,0%	8,4%	4,3%	1,9%	0,3%	-0,8%
OP4	-32,4%	-10,7%	-5,0%	-2,5%	-1,1%	-0,2%	0,4%
OP5	9,2%	5,5%	3,0%	1,6%	0,7%	0,1%	-0,3%
OP6	-75,4%	-35,5%	-18,5%	-9,7%	-4,3%	-0,7%	1,8%
MM1	64,1%	8,6%	2,9%	1,2%	0,4%	0,1%	-0,2%

Tabela 31 Variação da probabilidade de preferência em relação aos parâmetros originais para a Classe C de Cantão.

Fornecedor	CFR 10	CFR 20	CFR 30	CFR 40	CFR 50	CFR 60	CFR 70
OP1	-8,4%	-0,9%	-0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
OP2	42,9%	16,4%	8,1%	4,1%	1,8%	0,3%	-0,7%
OP3	45,0%	17,0%	8,4%	4,3%	1,9%	0,3%	-0,8%
OP4	-32,4%	-10,7%	-5,0%	-2,5%	-1,1%	-0,2%	0,4%
OP5	9,2%	5,5%	3,0%	1,6%	0,7%	0,1%	-0,3%
OP6	-75,4%	-35,5%	-18,5%	-9,7%	-4,3%	-0,7%	1,8%
MM1	64,1%	8,6%	2,9%	1,2%	0,4%	0,1%	-0,2%

Tabela 32 Variação da probabilidade de preferência em relação aos parâmetros originais para a Classe A de Xangai.

Fornecedor	CFR 10	CFR 20	CFR 30	CFR 40	CFR 50	CFR 60	CFR 70
OP1	-4,7%	0,3%	0,5%	0,3%	0,1%	0,0%	-0,2%
OP2	34,5%	13,6%	6,6%	3,1%	1,1%	-0,3%	-1,2%
OP3	43,5%	16,4%	7,8%	3,7%	1,3%	-0,3%	-1,4%
OP4	-33,7%	-11,4%	-5,2%	-2,4%	-0,8%	0,2%	0,9%
OP5	14,5%	7,2%	3,6%	1,8%	0,6%	-0,2%	-0,7%
OP6	-10,8%	-2,1%	-0,8%	-0,4%	-0,1%	0,0%	0,1%
MM1	87,2%	13,0%	4,2%	1,6%	0,5%	-0,1%	-0,4%