

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**GABRIEL BRESSAN FONTANELLA**

**SELEÇÃO ÓTIMA DE CAVALOS MECÂNICOS PARA TRANSPORTE  
RODOVIÁRIO: UMA ABORDAGEM DE DECISÃO MULTICRITÉRO VIA AHP-  
GAUSSIANO**

**CRICIÚMA**

**2023**

**GABRIEL BRESSAN FONTANELLA**

**SELEÇÃO ÓTIMA DE CAVALOS MECÂNICOS PARA TRANSPORTE  
RODOVIÁRIO: UMA ABORDAGEM DE DECISÃO MULTICRITÉRO VIA AHP-  
GAUSSIANO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciências Econômicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Rocha Fabris

**CRICIÚMA**

**2023**

**GABRIEL BRESSAN FONTANELLA**

**SELEÇÃO ÓTIMA DE CAVALOS MECÂNICOS PARA TRANSPORTE  
RODOVIÁRIO: UMA ABORDAGEM DE DECISÃO MULTICRITÉRIO VIA AHP-  
GAUSSIANO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciências Econômicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Criciúma, 20 de junho de 2023. (data da defesa)

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Thiago Rocha Fabris - UNESC - Orientador

Prof. Me. Ismael Cittadin - UNESC

Prof. Dra. Melissa Watanabe - UNESC

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente meus agradecimentos são direcionados aos docentes do curso de Ciências Econômicas, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Thiago Rocha Fabris, e ao Professor Me. Igor Martello Olsson, os quais foram excelentes mentores no processo de elaboração desta monografia.

Agradeço também aos meus pais, familiares e a minha namorada Samara Caroline de Melo, os quais me apoiaram e compreenderam a ausência em alguns momentos em prol do desenvolvimento do trabalho.

Aos colegas de curso e aos amigos feitos ao longo de todo o processo de formação, que todos consigam realizar seus sonhos, obrigado por todos os momentos de descontração e aprendizados juntos.

## RESUMO

O transporte rodoviário de cargas representa mais de 60% da matriz de carga brasileira, o que indica a importância do setor para a economia do Brasil. A competitividade do setor promovida principalmente pela baixa de custos ocasionada pelo excesso de oferta de serviço obriga as empresas a procurarem alternativas para otimizar sua produção, assim como reduzir seu custo operacional. Considerando os fatores apresentados, a escolha do cavalo mecânico mais adequado se torna algo essencial para as empresas de transporte rodoviário. O trabalho apresentado tem como objetivo a seleção de um cavalo mecânico para aplicação em uma operação de transporte rodoviário, de modo a promover a escolha ideal para a utilização da empresa. Para atingir o objetivo do trabalho foi utilizado o AHP-Gaussiano, um método de tomada de decisão multicritério que envolve a escolha de critérios pelo tomador de decisão, gerando o resultado por meio de matrizes de decisão. Os cavalos mecânicos abordados por este trabalho foram escolhidos através da disponibilização de informações pela fabricante por meio de documentos, portanto a ausência de outras marcas ocorre pela não disponibilização do documento. Como resultado de ambos os cenários, os cavalos mecânicos da fabricante Volvo se mostram como escolha ótima para a aplicação de transporte rodoviário conforme os critérios selecionados. O resultado indica também o critério preço de manutenção como o principal para definição do resultado, pois possui o maior peso entre os critérios.

**Palavras-chave:** *Analytic Hierarchy Process*. Tomada de decisão. Seleção de caminhão. Transportadora.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Estrutura genérica do modelo AHP .....	29
<b>Figura 2</b> Passo a passo para aplicação do método AHP-Gaussiano .....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de resultados encontrados no Scopus e Web of Science.....	16
Tabela 2 - Tabela de índices aleatórios RI.....	32
Tabela 3 - Tabela fundamental de Saaty.....	33
Tabela 4 - Características das empresas de transporte por tipo.....	37
Tabela 5 - Quantidade de emplacamentos anual de caminhões.....	39
Tabela 6 - Participação das marcas na quantidade de emplacamentos - 2022.....	39
Tabela 7 - Custos do transporte rodoviário de cargas.....	41
Tabela 8 - Modelos de caminhões analisados.....	44
Tabela 9 - Matriz de decisão do cenário 1.....	45
Tabela 10 - Matriz normalizada do cenário 1.....	45
Tabela 11 - Valores de média, desvio padrão e fator gaussiano do cenário 1.....	46
Tabela 12 - Matriz ponderada do cenário 1.....	46
Tabela 13 - Resultados ordenados do cenário 1.....	46
Tabela 14 - Matriz de decisão do cenário 2.....	47
Tabela 15 - Matriz normalizada do cenário 2.....	47
Tabela 16 - Valores de média, desvio padrão e fator gaussiano do cenário 2.....	48
Tabela 17 - Matriz ponderada do cenário 2.....	48
Tabela 18 – Resultados ordenados do cenário 2.....	49

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - CUSTOS DIRETOS E INDIRETOS DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS .....	20
--------------------------------------------------------------------------------	----



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CTC	Cooperativa de Transporte de Carga
ETC	Empresa de Transporte Rodoviário de Carga
DECOPE	Departamento de Custos Operacionais, Estudos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas
FENABRAVE	Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores
FIPE	Fundação Instituto de Pesquisa Econômica
GNV	Gás Natural Veicular
MCDA	<i>Multiple Criteria Decision Analysis</i>
RNTRC	Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga
TAC	Transportador Autônomo de Carga
TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 TEMA.....	13
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA .....	13
1.3 OBJETIVOS.....	14
1.3.1 <b>Objetivo geral</b> .....	14
1.3.2 <b>Objetivos específicos</b> .....	14
1.4 JUSTIFICATIVA .....	14
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	16
2.1 PESQUISA BIBLIOMÉTRICA .....	16
2.2 TRANSPORTE RODOVIÁRIO .....	17
2.3 CUSTOS E FORMAÇÃO DE PREÇOS DO TRANSPORTE.....	19
2.4 VANTAGEM COMPETITIVA .....	21
2.5 TOMADA DE DECISÃO .....	21
2.6 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS .....	23
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	28
3.1 MODELO AHP .....	28
3.2 AHP-GAUSSIANO.....	33
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS</b> .....	37
4.1 TRANSPORTE ATUALMENTE .....	37
4.1.1 <b>Orçamento da união e infraestrutura de transporte</b> .....	37
4.1.2 <b>Emplacamentos</b> .....	38
4.2 CRITÉRIOS FUNDAMENTAIS.....	39
4.2.1 <b>Potência</b> .....	40
4.2.2 <b>Consumo de combustível</b> .....	40
4.2.3 <b>Torque máximo</b> .....	41

4.2.4 Preço de compra .....	42
4.2.5 Valor de revenda.....	42
4.2.6 Custo de manutenção .....	43
4.3 CAMINHÕES PARTICIPANTES .....	43
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>45</b>
5.1 CENÁRIO 1 – CAMINHÕES 6x2.....	45
5.2 CENÁRIO 2 – CAMINHÕES 6x4.....	47
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO(S).....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de transportes de carga no Brasil é composto em sua maior parte pelo modal rodoviário, e segundo os dados do boletim unificado da Confederação Nacional do Transporte compõe 64,86% da matriz de carga brasileira (CNT, 2023). Para Erhart e Palmeira (2006) a alta participação do transporte rodoviário ocorre em função de problemas com uso dos demais modais. Portanto, embora o transporte rodoviário possua um custo mais elevado, seu uso ocorre por meio da praticidade e capacidade de suprir a falta de capacidade de atendimento dos demais modais. Os autores Ribeiro e Ferreira (2002) consideram a integração entre os modais algo essencial, visto que permite agregar as vantagens de cada modal.

A CNT realizou uma pesquisa em 2021 sobre perfil empresarial e de empresas de transporte, onde do total de empresas entrevistadas, 59,3% responderam possuir mais de 20 anos de atuação, além disso 79,30% das empresas possuem gestão familiar (CNT, 2022). A alta participação de empresas com décadas de atuação e conseqüentemente alto conhecimento de mercado, aliados a evolução do setor e alta competitividade exige das empresas decisões mais rápidas e assertivas, portanto as companhias necessitam montar estratégias e modelos com objetivo de atingir vantagem competitiva.

Aliado à presença de empresas tradicionais, o mercado de transporte rodoviário de cargas conta com uma grande parcela composta por transportadores autônomos de carga, que possuem um custo operacional menor em vista das empresas oferecendo preços abaixo do valor de mercado. Araújo, Bandeira, Campos (2014) justificam o baixo preço do frete em função da alta participação do TAC, que gera um excesso de oferta de serviço obrigando o autônomo aceitar preços pré estabelecidos e tabelados, ocasionando situações em que os custos para a prestação do serviço não são cobertos.

Para uma empresa se manter saudável e competitiva, é necessário a busca por menores custos e conseqüentemente maiores lucros. Almejando estabilidade e saúde financeira as companhias estudam e desenvolvem métodos para obter vantagem competitiva perante as outras. South (1981), descreve a vantagem competitiva como aquela que oferece lucratividade sustentada em vista dos

concorrentes, diferente de situações em que o lucro é disputado por empresas semelhantes lutando por volume e participação de mercado.

Para o setor de transporte rodoviário a vantagem competitiva ocorre por meio da redução de custos, ou da criação de valor para o cliente, de modo a aumentar seu preço de frete. A escolha do cavalo mecânico para uma empresa de transporte rodoviário possui impacto em ambos, pois ao realizar a escolha ótima para a operação, ocorre uma redução nos custos operacionais, em função de menores custos com combustíveis e manutenção.

De forma a obter esta escolha otimizada de cavalo mecânico, o trabalho apresentado irá abordar o uso de um modelo de tomada de decisão multicritério chamado AHP-Gaussiano, com objetivo de definir qual o cavalo mecânico ideal para operações de transporte rodoviário, por meio de critérios definidos importantes para os tomadores de decisão.

Os resultados são obtidos através de matrizes com os valores de cada alternativa para cada critério, de modo a resultar na escolha ótima a alternativa que obter os melhores resultados entre os critérios com maior percentual de peso para o resultado. Os valores são então ordenados e as alternativas tabeladas em forma de *ranking*, de modo a resultar na escolha ótima na primeira posição.

O desenvolvimento deste trabalho ocorre ao longo dos capítulos apresentados, durante o primeiro capítulo o leitor é introduzido ao assunto do trabalho, bem como seus objetivos e justificativa. Durante o segundo capítulo ocorre a fundamentação teórica em torno dos assuntos abordados ao longo do trabalho. O capítulo três apresenta a metodologia utilizada no trabalho, enquanto o quarto capítulo aborda dados sobre o setor, os critérios que serão utilizados para análise e os cavalos mecânicos participantes. O quinto capítulo apresenta as análises e o resultado obtido por este trabalho, e por fim o capítulo seis proporciona a conclusão do trabalho.

## 1.1 TEMA

Seleção ótima de um cavalo mecânico para operação de transporte rodoviário por meio da aplicação do método AHP-Gaussiano.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A pesquisa apresentada busca contribuir de forma quantitativa na escolha de um cavalo mecânico para uso no transporte rodoviário. O setor de transporte rodoviário possui alta competitividade, como é abordado ao surge a necessidade de buscar meios para a escolha ótima de forma imparcial, baseado nas características e especificações que mais atendem a necessidade da operação de transporte rodoviário, com o melhor custo-benefício. Portanto, com base no apresentado, o problema de pesquisa é qual o cavalo mecânico ideal para operações de transporte rodoviário de cargas.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo geral

Identificar a escolha ideal de cavalos mecânicos para operação no transporte rodoviário de cargas.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- I. Contextualizar o setor de transportes no Brasil;
- II. Apresentar os métodos multicritério, e o método AHP-Gaussiano;
- III. Aplicar o método AHP-Gaussiano para escolha de um cavalo mecânico;
- IV. Analisar os resultados e concluir qual a escolha ideal para a operação.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema foi influenciada pela proximidade do autor com o tema, além da família possuir uma empresa do setor, o que torna de interesse pessoal a pesquisa abordada. Durante a pesquisa de perfil empresarial das empresas do transporte rodoviário de cargas, 79,3% das empresas entrevistadas possuem gestão familiar (CNT, 2022).

As empresas familiares para Robbins e Judge (2009) enfrentam situações de conflitos familiares, que podem ocorrer em função de divergência entre opiniões, objetivos e até mesmo atitudes entre os membros familiares. Almejando o fim de conflitos ocasionados por divergências entre opiniões e gostos pessoais, a aplicação de métodos de tomada de decisão multicritério como o AHP-Gaussiano torna o processo de tomada de decisão mais impessoal e técnica.

Outro fator de relevância para justificar a realização deste trabalho está na participação do transporte rodoviário de cargas na matriz de carga brasileira, que ultrapassa 60% (CNT, 2023). E estima-se que o setor possua participação de 1,4% no PIB brasileiro (FGV, 2020). Ambos os dados reforçam a importância do setor para a economia como um todo, tornando o setor como oportuno para pesquisa e desenvolvimento. Além disso, o transporte rodoviário está presente em outros setores, para transporte de diversos itens da cadeia industrial e de consumo, portanto se mostra essencial seu desenvolvimento, impactando não somente as empresas de transporte, mas o mercado como um todo.

A escolha da metodologia ocorre pela versatilidade proporcionada, permitindo o uso de qualquer critério considerado relevante pelo tomador de decisão, e gerando resultados imparciais, de modo a atingir a escolha ótima dentre as alternativas com base nas características de cada alternativa. Reforça-se ainda o uso do AHP-Gaussiano por ser um método *state-of-the-art* aplicado inicialmente no ano de 2021, o que torna o trabalho apresentado como inovador para o setor.

Portanto o trabalho apresentado contribui para o setor de logística e gestão de transportes de modo a criar um modelo para seleção de cavalos mecânicos, e contribui também para a comunidade científica de pesquisa operacional, de modo a fornecer base para trabalhos futuros com a utilização da mesma metodologia ou de trabalhos semelhantes no setor de transporte. O trabalho pode contribuir ainda para empresas que desejam aplicar o modelo com diferentes modelos de cavalos mecânicos e critérios, adaptados para sua operação específica.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O capítulo a seguir busca apresentar todo o embasamento teórico do trabalho, proporcionando um maior conhecimento acerca do tema. Busca apresentar ao leitor o setor de transporte rodoviário, abordando os custos e alta competitividade do setor. Como consequência, é fundamentado também a vantagem competitiva e a importância da tomada de decisões assertivas, o que ocasiona na aplicação dos métodos de tomada de decisão multicritério. Portanto, é fundamentado em seguida as evidências empíricas de utilização dos métodos multicritério, com foco no método AHP e AHP-Gaussiano, reforçando a versatilidade e eficácia da aplicação da metodologia escolhida.

### 2.1 PESQUISA BIBLIOMÉTRICA

Durante a construção deste trabalho foi realizado uma pesquisa bibliométrica com o objetivo de encontrar artigos relacionados ao tema ou as palavras-chaves, de forma a resultar em uma quantidade relevante de artigos sobre o método AHP, reforçando sua versatilidade e utilidade diante diversas situações. Entretanto, ao especificar o uso para a área abordada por este trabalho, poucos artigos foram encontrados, reforçando a necessidade e importância da realização desta pesquisa para enriquecer o conhecimento a respeito do transporte rodoviário.

Para a busca de documentos para realização da pesquisa foram utilizadas a base *Scopus*, que apresentou 32.206 documentos ao pesquisar pela palavra-chave “*analytic hierarchy process*”, e a base *Web of Science* que resultou em 22.835 documentos ao pesquisar as mesmas palavras. Com objetivo de filtrar os documentos para relevantes ao trabalho, as buscas foram realizadas com mais palavras, resultando na tabela 1:

Tabela 1 - Quantidade de resultados encontrados no *Scopus* e *Web of Science*.

Palavras-chave	Scopus	Web of Science
analytic AND hierarchy AND process	32.206	22.835
analytic AND hierarchy AND process AND select*	10.068	8.653
analytic AND hierarchy AND process AND select* AND fleet	29	28

Fonte: Elaborada pelo autor



As palavras-chave acima foram selecionadas com base nos resultados apresentados pela busca, de modo a apresentar somente documentos relevantes para a pesquisa bibliométrica e conseqüentemente desenvolvimento deste trabalho. O uso de “*analytic hierarchy process*” no lugar de “AHP-Gaussian” ocorre em função do AHP-Gaussiano ser uma variação do método AHP tradicional, portanto, uma pesquisa mais ampla inicialmente permite um processo de filtragem melhor conseqüentemente, que ocorre por meio do uso de “*select\**”, com objetivo de filtrar documentos em que o AHP foi utilizado para o processo de seleção de alternativas, e não somente para gerar pesos para os critérios. Em seguida é utilizado a palavra-chave “*fleet*” para restringir a aplicação do AHP para seleção de veículos.

Basílio et al. (2022) apresentam um estudo bibliométrico sobre métodos de decisão multicritério entre os anos de 1977-2022 e constatam o crescimento anual médio de publicações sobre os métodos MCDA de 14,18% ao ano. A pesquisa aponta também a participação de 120 países com publicações sobre o tema, sendo a China o país com mais publicações, enquanto o Brasil ocupa a sétima posição do *ranking*. O trabalho aponta o AHP como principal método MCDA, sendo o segundo método mais utilizado na área de pesquisa das engenharias.

## 2.2 TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Bastidas, Nery, Carvalho (2001) definem o transporte rodoviário de cargas como uma atividade essencial a economia do país, levando em consideração a necessidade de transportar o bem produzido até seu consumidor, o que consuma de fato a venda, tornando assim o transporte como um elo socioeconômico em que todos os agentes econômicos dependem, de forma direta ou indireta.

Na história do transporte, o modal rodoviário cresce a partir da década de 1930, com o governo de Getúlio Vargas, que incentivava o processo industrial. No ano de 1939 a frota brasileira contava com 190.000 veículos, dos quais um terço são caminhões. Durante o período da segunda guerra a navegação marítima se torna arriscada, enquanto o modal ferroviário sofre um período de crise econômica no ano de 1944, a malha rodoviária já possuía uma extensão de 177 mil quilômetros (MELLO, 2001).

Segundo Galvão (1966), o transporte ferroviário havia sido desenvolvido em torno da economia de exportação, e o formato de desenvolvimento da malha ferroviária por meio de concessões acabou ocasionando em ferrovias descontínuas, e que muitas vezes não poderiam ser interligadas em razão das diferentes bitolas utilizadas. Com o início da industrialização na década de 1940 o transporte rodoviário começou a substituir o ferroviário em função da implantação com menor custo e menos onerosa.

Durante o governo de Juscelino Kubitschek, Gomes (2006) destaca dois pontos cruciais para a consagração do transporte rodoviário no Brasil, a implantação da indústria automobilística, que deu início a popularização dos veículos automotores, e construção de Brasília, que acarretou conseqüentemente na construção de rodovias radiais com o objetivo de ligar a capital as demais regiões do país.

Com a evolução do setor surgiram novas empresas e organizações empresariais, e com o decreto nº 51.727, de fevereiro de 1963, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem ganha o objetivo de cadastrar e classificar os agentes do transporte rodoviário. Huertas (2013) cita o uso da classificação entre Empresa Transportadora de Cargas e Transportador Autônomo como uma forma do governo de reconhecer administrativamente a existência do transportador autônomo, e a necessidade de diferenciar ele das empresas.

Por meio do novo Plano Nacional de Viação aprovado pela lei nº 4.592 em 1964 o governo estabelece além de motivações econômicas, motivações políticas e estratégicas para o planejamento das malhas dos modais envolvidos, sendo rodoviário, ferroviário, marítimo e aéreo (HUERTAS, 2013).

A malha rodoviária brasileira segundo dados do boletim unificado de fevereiro da CNT conta com uma extensão de 1.720.909 quilômetros divididos entre rodovias federais, estaduais e municipais, dos quais 25.028 quilômetros são concessionados. A malha ferroviária conta com uma extensão de pouco mais de 30 mil km, enquanto as hidrovias economicamente navegáveis possuem extensão de cerca de 19 mil km (CNT, 2023).

A necessidade de maiores investimentos no setor, segundo Moreira, Freitas Junior, Toloi (2018), é justificada pela demanda de melhorias na malha rodoviária visto que maior parte da produção nacional é transportada por ela, e com a criação de uma malha rodoviária de alto nível é possível reduzir custos operacionais, e

consequentemente gerando um aumento de competitividade para as empresas nacionais, algo que trará retorno para o PIB brasileiro.

Ballou (2007) apresenta a relação entre o nível de infraestrutura de transporte e do desenvolvimento econômico de uma nação. Enquanto nas economias em desenvolvimento a produção e consumo ocorrem em áreas geograficamente próximas, em economias mais desenvolvidas, com sistemas de transportes eficientes e com custos menores, cada região se especializa em algum produto.

### 2.3 CUSTOS E FORMAÇÃO DE PREÇOS DO TRANSPORTE

Mankiw (2019) discorre sobre o lucro de uma empresa ser o resultado da receita total após a dedução do custo total. Para maximizar o lucro de uma empresa, portanto, é necessário conhecer e medir sua receita total e seus custos totais. Para o economista, a formação de custos de uma empresa deve englobar além dos custos explícitos, os custos implícitos que são custos de insumos que não exigem desembolso monetário da empresa.

No Brasil, segundo Martins, Caixeta Filho, Fontana (2014), os transportadores rodoviários se mostram insatisfeitos quanto ao preço do frete, visto que o reajuste do mesmo não acompanha a evolução dos custos operacionais, provocando uma redução na margem de lucro. Para Morais (2017), problemas como perfil da frota brasileira e precárias condições de infraestrutura acabam ocasionando aumento do custo do transporte.

O cálculo de valor de produto deve englobar todos os custos necessários para sua produção, portanto o preço do transporte influencia diretamente no custo do produto, visto que é um dos fatores que compõem o custo agregado do produto. A formação de custos do serviço de transporte se divide em custos fixos e variáveis, nas quais a alocação dos elementos de custo entre custo fixo e variável se mostra um processo individual de cada empresa (BALLOU, 2007).

A Associação Nacional do Transporte de Carga e Logística no "Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas" edição de 2014 apresenta os custos diretos e indiretos envolvidos no processo de transporte, separados conforme o quadro 1:

Quadro 1 - CUSTOS DIRETOS E INDIRETOS DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS

Custos Fixos	Custos Variáveis
Remuneração mensal do capital	Peças, acessórios e materiais de manutenção
Salário do motorista	Despesas com combustíveis
Salário de oficina	Lubrificantes
Reposição de veículo	Lavagens e graxas
Reposição do implemento	Pneus e recauchutagens
Licenciamento	
Seguro do veículo	
Seguro do implemento	
Seguro de responsabilidade civil facultativo	

Fonte: Adaptado de DECOPE (2014)

Do ponto de vista do embarcador, ou seja, de quem contrata o frete, o custo de transporte é somente uma taxa paga para transportar o bem do ponto A ao B, que pode envolver valores adicionais para serviços adicionais, como preparação da carga ou taxas de embarque por exemplo. Já para o transportador, esse custo agrega os custos relativos à realização da operação, como combustível, salários, manutenção, depreciação e custos administrativos (BALLOU, 2007).

Para a precificação do frete, a estrutura de mercado da oferta de transporte deve ser levada em consideração, pois irá ditar a diferenciação de preços por serviço ou segmento. Além disso, deve-se considerar a estrutura de custos atribuídos ao serviço como distância do transporte, valor da carga, entre outros fatores (CASTRO, 2003).

Além dos elementos citados acima, devem ser considerados também fatores como a sazonalidade da demanda, a possibilidade da carga de retorno, e prazo de entrega da carga, fatores que influenciam diretamente na otimização operacional do caminhão. Além do valor da carga, deve ser considerado relevante também a especificidade dela, assim como possíveis perdas e avarias ocasionadas durante o transporte (MARTINS; CAIXETA FILHO; FONTANA, 2014).

Araújo, Bandeira, Campos (2014) relatam durante a análise do eixo São Paulo - Rio de Janeiro, preços de frete distorcidos para empresas e autônomos, e em função da alta oferta de transporte na região o reajuste não consegue acompanhar o valor necessário, pois assim as empresas iriam perder mercado.

## 2.4 VANTAGEM COMPETITIVA

Por meio do processo de globalização, a integração entre pontos distantes, incluindo continentes, é aperfeiçoada diretamente, ocasionando uma maior competitividade entre empresas. Para Ballou (2007) a melhoria na infraestrutura de transporte geralmente trás melhorias para o padrão econômico da região, além de provocar maior competitividade entre as empresas.

Como forma de alcançar prosperidade, as empresas devem adotar a gestão estratégica, de modo a identificar e desenvolver cenários e situações em que a empresa possua alguma vantagem competitiva. A posição competitiva não é indicada somente pelo *market share* de uma empresa, e pode ocorrer por fatores como processo produtivo, de distribuição e através do próprio produto, como sua qualidade e o que ele oferece (SOUTH, 1981).

South (1981) apresenta quatro formas de uma empresa obter vantagem competitiva: (i) focando em um segmento específico de mercado, (ii) oferecendo produtos diferenciados ao invés de semelhantes aos disponíveis no mercado, (iii) utilizando processos diferenciados de manufatura e distribuição de produto, e (iv) adotar a prática de *selective pricing*, adotando preços abaixo do mercado, buscando uma estrutura de custos diferenciada.

Para Ballou (2007) até uma empresa atingir a qualidade de produto ou prestação de serviço padrão do mercado, as vendas são reduzidas. Ao atingir paridade de preço em relação aos concorrentes, a empresa deve apresentar melhorias, produzindo um produto diferenciado, ou então prestando um serviço personalizado. Dessa forma, o aumento nas vendas se torna consequência da realização de um serviço diferente do oferecido no mercado.

Barney (1991) afirma que uma empresa possui vantagem competitiva a partir do momento em que implementa alguma estratégia de criação de valor que não foi apresentada por nenhum concorrente. A partir do momento em que os concorrentes e possíveis novos concorrentes sejam inaptos a replicar a vantagem obtida pela empresa, ela se torna uma vantagem competitiva sustentável.

## 2.5 TOMADA DE DECISÃO

A sociedade e o indivíduo enfrentam situações de *tradeoff* diariamente, tendo de optar por algo em detrimento de outro, e pessoas são obrigadas a comparar as vantagens e desvantagens de cada escolha disponível, avaliando além disso o seu custo de oportunidade. O tomador de decisão racional avalia também as alterações marginais, que são pequenos ajustes entre as opções, de modo a decidir a quantidade de esforço entre cada opção, aumentando ou diminuindo seu esforço com base na comparação de custo e benefício marginal (MANKIWI, 2019).

Angeloni (2003), apresenta o processo de tomada de decisão separando o processo em dados, informações e conhecimento, onde são agrupados e repassados a outra pessoa por um meio de comunicação, que precisa ser ágil e buscar diminuir as distorções causadas pelas diferentes percepções das pessoas. Com um meio de comunicação de qualidade, a tomada de decisão em conjunto tende a se mostrar mais efetiva pois elimina a distorção do pensamento único, além de agregar conhecimento e diferentes experiências, qualificando as decisões.

Edwards (1954), ao falar sobre o homem econômico e seu processo de tomada de decisão, relata a necessidade do mesmo de ordenar as opções conforme sua preferência, respeitando o princípio da transitividade, onde escolher o item A entre os itens A e B e depois o item B entre os itens B e C implica em  $A > C$ . Além disso, o homem econômico busca sempre a utilidade máxima de algo escolhendo a melhor alternativa dentre as possíveis.

Belton e Stewart (2002) definem situações em que a escolha entre as opções dependa da avaliação de mais de um critério como *multiple criteria decision analysis*. A formação de um modelo se mostra essencial para situações que envolvem diversas variáveis, ou então decisões em grupo, que envolvem diferentes preferências sobre a relevância e impacto de cada critério para escolha da alternativa.

Para Aziz, Sorooshian, Mahmud (2016) o uso de métodos de decisão multicritério se mostra apropriado em situações de pesquisa operacional com problemas de tomada de decisão envolvendo a presença de diversos critérios essenciais. O método AHP é uma variação do tipo de método de decisão multicritério chamado *Multi-Attribute Decision Method*, que é baseado na listagem de critérios escolhidos, seus parâmetros e as variáveis consideradas importantes para o processo de tomada de decisão.

O método AHP possui diversas aplicações, que são divididas em três grupos. O primeiro grupo envolve a avaliação e análise de custo-benefício, alocação de recursos, definição de prioridades e *ranking*, e tomada de decisão. Com aplicação em diversas áreas como política, social, engenharias, esportes, de modo geral qualquer área com alguma situação que envolva decisão multicritério (VAIDYA e KUMAR, 2006).

## 2.6 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

A seção a seguir busca apresentar evidências empíricas por meio de artigos que utilizam o método AHP como forma principal ou então auxiliar para tomada de decisões. A aplicação do método AHP se mostra versátil ao longo dessa seção, visto que é utilizado em diversos setores, além de servir como base para uso de métodos variantes de decisão multicritério.

A pesquisa por formas alternativas de combustível em Singapura elaborada em um artigo por Poh e Ang (1999) são elencadas quatro principais formas alternativas de combustível para se utilizar no transporte terrestre de passageiros para os anos de 2020-2030. Os autores analisaram de início 10 tipos de combustíveis por meio de um modelo multicritério com seis critérios: Estoque, emissões, tecnologia, custo, preferência do consumidor e segurança.

Com isso Poh e Ang (1999) identificaram quatro tipos de combustível: *Status Quo* que mantém o diesel como principal combustível, a composição da frota de veículos movidos a diesel e elétricos, *mix* de veículos movidos a diesel e gás natural, e o uso de metanol produzido por meio de biomassa.

Utilizando o método AHP, ao realizar os julgamentos paritários, os julgamentos foram baseados em características técnicas de cada forma de combustível com base em estudos publicados sobre o tema, sem influência da preferência do tomador de decisão. Os resultados indicaram o uso de veículos a diesel e elétricos como melhor escolha do ponto de vista social, e do ponto de vista do consumidor, o uso do diesel como principal combustível se mostrou a principal escolha enquanto o uso de diesel e motor elétrico ocupou a segunda posição (POH e ANG, 1999).

Para atingir o cenário desejável, a definição de políticas governamentais se torna fundamental. Poh e Ang (1999) utilizam do método AHP para realizar o processo de *forward & backward planning* primeiramente para tornar o uso de veículos a diesel

e elétricos preferência dos consumidores em função do *status quo*. Por meio da análise de sensibilidade o fator custo se mostrou o mais viável entre os critérios para realização de políticas, visto que o alto custo dos veículos elétricos influencia os consumidores a optarem por veículos a diesel.

Quatro políticas foram analisadas: Incentivos financeiros para o uso de veículos elétricos, adotar padrões de emissões mais restritivos, melhorias na infraestrutura de recarga dos veículos elétricos e uma maior duração do *certificate of entitlement* dos veículos elétricos em vista dos veículos a diesel. Após análise de sensibilidade e o processo de *forward & backward planning* apontou a política de incentivos financeiros, e a realização de melhorias na infraestrutura de recarga dos veículos como as principais para incentivar os consumidores ao cenário ideal de uso de veículos a diesel e elétricos (POH e ANG, 1999).

Usando como uma das referências o trabalho de Poh e Ang (1999), Tzeng, Lin, Opricovic (2005) buscam encontrar o combustível alternativo ideal para o uso em ônibus de transporte público no Taiwan, em um processo envolvendo os usuários do transporte público, a comunidade em geral, fabricantes de ônibus e pesquisadores. O processo envolveu 12 tipos de combustíveis entre motores híbridos, a combustão, a gás e elétrico.

Após definir os critérios de avaliação, os especialistas em tomada de decisão de institutos acadêmicos, pesquisadores e membros do setor, avaliaram o peso de cada critério. Ao analisar a tabela criada por meio do método AHP por Tzeng, Lin, Opricovic (2005) com base nas avaliações dos tomadores de decisão, ficou definido como critério de maior peso a velocidade do fluxo de tráfego com peso de 19,94%, e em segundo lugar a poluição do ar com 16,61% do peso sobre a escolha, reforçando a necessidade e importância do uso de combustível limpo.

Para avaliação das alternativas, Tzeng, Lin, Opricovic (2005) utilizam os métodos VIKOR e TOPSIS. A diferença entre os dois métodos é a forma na qual os dados são normalizados, o uso do VIKOR busca apresentar a solução mais próxima a ideal, enquanto o uso do TOPSIS busca a melhor alternativa em ranking, o que não significa que seja a solução ideal, visto que o método indica a opção mais próxima da solução ideal e mais distante da pior solução.

Ambos os métodos apresentaram as alternativas elétricas e híbridas como as melhores no ranking. Como forma imediata de redução de emissões e menor poluição,



a alternativa ideal é o uso de ônibus híbridos, em aplicações urbanas de curta e média distância. Ao longo prazo, com melhorias tecnológicas o ônibus totalmente elétrico pode se tornar a melhor opção, ou até outra possível nova tecnologia (TZENG; LIN; OPRICOVIC, 2005).

No setor de logística, Iañez e Cunha (2006) utilizam do método AHP para auxiliar a tomada de decisão de escolha do provedor de serviços logísticos de uma empresa de eletroeletrônicos, que optou por terceirizar os processos logísticos com base na necessidade de rápida implantação de um armazém geral por motivos fiscais. Após compreender os riscos e os benefícios da terceirização, a empresa elencou os critérios e subcritérios considerados relevantes para a escolha do provedor de serviços logísticos.

Para evitar o problema de falta de mecanismo para julgar a consistência dos julgamentos pela empresa autores aplicaram os princípios do AHP. A utilização do método serviu para obter-se a estrutura de hierarquia entre os critérios, ponderando o peso de cada critério e subcritério via *software Expert Choice* por comparação dois a dois. Após definição de pesos, foi realizada a avaliação dos possíveis provedores de serviços logísticos por meio da pontuação atingida em cada critério (IAÑEZ e CUNHA, 2006).

O provedor de serviços logísticos 2 foi apontado como melhor opção pelo modelo, e embora possuísse um custo maior, após análise de custo-benefício continuou como melhor opção. A aplicação do método AHP neste trabalho proporcionou informações e gerou documentos, embasando a escolha de uma opção mais cara perante as outras (IAÑEZ e CUNHA, 2006).

Com o objetivo de fundamentar a escolha de um navio de médio porte para a marinha brasileira, Dos Santos, Costa, Gomes (2021) utilizam do AHP, pois além de ser um método indicado para situações com uma quantidade média de critérios e alternativas, possui características hierárquicas, algo comum na cultura do exército brasileiro, o que facilita a implantação e uso pelos oficiais.

A primeira etapa envolveu entrevistas com os oficiais da marinha para obter opções de navios e quais os critérios considerados relevantes para a tomada de decisão, além da ponderação dos critérios escolhidos. Após análise das entrevistas, foram escolhidos nove critérios como principais para montagem do modelo AHP. Então os critérios foram comparados dois a dois de modo a estabelecer o peso entre

eles, que apontou o tempo de construção e o custo inicial e custo de ciclo de vida como os critérios mais influentes para escolha (DOS SANTOS; GOMES; COSTA, 2021).

A normalização dos valores dos critérios para comparação paritária foi feita por meio da média ponderada. Ao multiplicar os valores normalizados pelo peso de cada critério é montado o *ranking* de pontuação das alternativas disponíveis, onde a construção de um navio totalmente novo se mostrou a melhor (DOS SANTOS; GOMES; COSTA, 2021).

Entretanto para Dos Santos, Costa, Gomes (2021) o modelo tradicional do AHP acabou gerando valores muito próximos, os quais exigiriam uma análise de sensibilidade mais cuidadosa. Para tanto, o autor introduz o método AHP-Gaussiano, com o objetivo de mitigar os erros de consistência e gerar os pesos para os critérios com base no fator gaussiano de cada critério.

O método AHP-Gaussiano utiliza dos valores de média e desvio padrão de cada critério para a definição de peso dos critérios, eliminando o processo de entrevistas e a matriz de avaliação entre critérios. Para Dos Santos, Costa, Gomes (2021) as respostas das entrevistas estão sujeitas a erros, principalmente em situações que envolvem diversos tomadores de decisão.

Portanto, a aplicação do método AHP-Gaussiano tem como objetivo reduzir os possíveis erros de consistência e facilitar a obtenção dos pesos dos critérios, sem a necessidade de comparação par a par entre os critérios. Após aplicação do método foi constatado o mesmo *ranking* final, mas com um *trade-off* maior entre as opções (DOS SANTOS; GOMES; COSTA, 2021).

Lima et al. (2021) aplicam o método desenvolvido por Dos Santos, Costa, Gomes (2021) para auxiliar na escolha entre dois modelos de chassis de ônibus urbano. Ao estruturar o problema por meio do quadro de tomada de decisões e definir os 10 critérios fundamentais para a tomada de decisão, os autores montaram a matriz de decisão, e aplicaram os métodos AHP e AHP-Gaussiano.

A aplicação de ambos os métodos se deu para efeito de comparação de resultados, que apresentaram variação, embora ambos resultaram no mesmo chassi como preferível. O resultado aponta o chassi MB OF-1721 como a melhor opção, e segundo o autor, o tomador de decisão aceitou o resultado (LIMA et al., 2021).

Soares, Dos Santos, Gomes (2021) utilizam do método AHP-Gaussiano, com objetivo de selecionar uma aeronave cargueira de grande porte para a força aérea brasileira. A demanda de uma aeronave deste porte se deu principalmente durante a pandemia do Covid-19, por necessidade de repatriar brasileiros e transportar as vacinas da Índia para o Brasil.

O trabalho aborda dois cenários, a compra de aviões cargueiros, e a compra de aviões comerciais para adaptação posterior em avião de carga, os cenários possuíam critérios em comum, além de específicos a cada cenário, como custo de adaptação, usado no cenário dois por exemplo (SOARES; DOS SANTOS; GOMES, 2021).

O maior fator gaussiano do primeiro cenário destilado se deu aos critérios de carga útil, autonomia máxima e envergadura, resultando na aeronave Airbus A330-200F como melhor opção. Para o segundo cenário destilado, o maior fator gaussiano foi determinado ao critério preço, resultando na melhor opção a aeronave Boeing B767-300ER. Os resultados foram então comparados, com uma ressalva para a limitação de orçamento em 500 milhões de reais, que resulta na impossibilidade da compra de aeronaves cargueiras novas (SOARES; DOS SANTOS; GOMES, 2021).

Soares, Dos Santos, Gomes (2021) concluem a análise dos resultados, apontando a necessidade de revisão orçamentária, visto que ao adquirir aeronaves usadas e adaptadas, irão possuir um custo maior de manutenção, e menor vida útil. Entretanto, caso não seja possível alterar o orçamento disponível, o resultado do cenário destilado dois se mostra a melhor opção, com a aquisição de duas aeronaves Boeing B767-300ER.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho apresentado é considerado uma pesquisa quantitativa. Para Marconi e Lakatos (2022) a pesquisa quantitativa envolve estabelecimento de um ou mais objetivos, coleta de informações, criação de hipóteses e análise dos dados.

Os fundamentos teóricos deste trabalho foram retirados de trechos de livros e de artigos do setor e do método escolhido, proporcionando uma base sólida para utilização do método escolhido, além de dados para análise quantitativa baseada na aplicação do método AHP-Gaussiano.

Marconi e Lakatos (2022) definem a pesquisa bibliográfica como um tipo de produção científica com base em textos, principalmente artigos científicos para conhecimentos atualizados, sendo foco dos pesquisadores, como livros para textos de leituras correntes e de referência.

Segundo Da Fonseca (2002), o uso de relatórios de empresas, tabelas estatísticas, e documentos e relatórios oficiais acaba se distinguindo da pesquisa bibliográfica, pois recorre a fontes mais dispersas e sem tratamento analítico. Considera-se então que este trabalho também possui pesquisa documental, se tornando uma pesquisa bibliográfica-documental.

A seção seguinte discorre sobre o modelo AHP, seu surgimento e metodologia, para situar o leitor a respeito do funcionamento do método. Posteriormente é apresentado o modelo AHP-Gaussiano, uma forma derivada do AHP tradicional, desenvolvido por Dos Santos, Costa, Gomes (2021) com o objetivo de eliminar qualquer tipo de viés, substituindo as comparações paritárias e uso da escala de Saaty, utilizando média e desvio padrão entre cada critério para determinar os pesos dos critérios.

#### 3.1 MODELO AHP

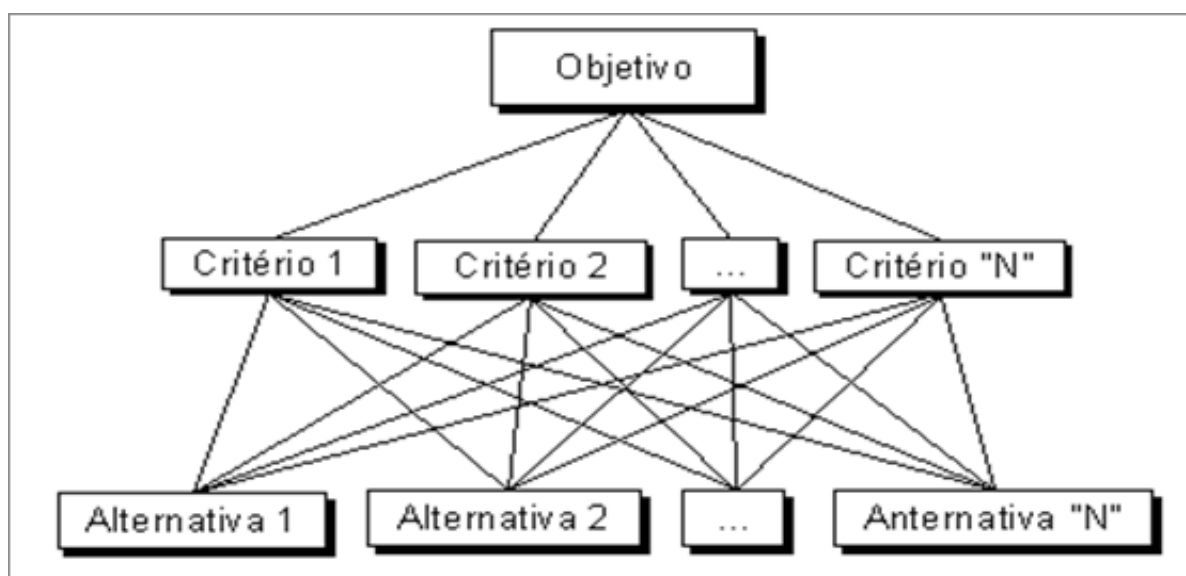
Desenvolvido na década de 1970 o *Analytic Hierarchy Process* é um dos principais métodos de decisão multicritério, tendo utilidade em situações como planejamento e alocação de recursos, e resolução de conflito. A metodologia do modelo envolve representar e quantificar fatores tangíveis e ideias subjetivas e preferências (SAATY, 1987).

Vaidya e Kumar (2006) apresentam como vantagem do método AHP a sua versatilidade e integração com demais métodos, o que permite ao usuário, alcançar o objetivo de forma mais qualificada. Para Aziz, Sorooshian, Mahmud (2016) a aplicação do AHP é feita de forma ampla no mundo, em diversos setores e campos de conhecimento, como na educação, governo, saúde, indústria e na área de administração como um todo.

A estrutura do modelo AHP para Saaty (1987), envolve a seleção de critérios e fatores importantes para a tomada de decisão, que são organizados em uma cadeia hierárquica de forma descendente. O objetivo dessa separação e organização dos critérios é facilitar a visão geral do problema de forma separada, permitindo assim cada parte ser comparada entre si. Os elementos podem ser detalhados e assim que o nível abaixo é resolvido pode ser ocultado do processo conforme seu impacto final no objetivo (SAATY, 1987).

Saaty (1987) apresenta três princípios que servem como guia para aplicação do método. O primeiro princípio, decomposição, envolve a separação do problema em níveis independentes, em uma estrutura hierárquica onde o objetivo principal é estabelecido no topo, no nível abaixo estão localizados os critérios que afetam o objetivo, no terceiro nível são os subcritérios, até o último nível, obedecendo a ordem de resolução do critério mais particular até atingir o objetivo geral.

**Figura 1 - Estrutura genérica do modelo AHP**



Fonte: PAULO JÚNIOR (2012).

A figura 1 ilustra a estrutura descrita, sendo um formato genérico. O formato final da estrutura pode necessitar da adição de mais níveis, entretanto as regras de hierarquia devem ser mantidas, sendo sempre do objetivo geral para critérios cada vez mais específicos e suas alternativas disponíveis.

O segundo princípio envolve a comparação paritária, onde os critérios de cada nível são comparados em pares entre si, com objetivo de obter o peso de cada critério na participação do critério do nível acima. Por fim, o terceiro princípio envolve a sintetização das preferências. A sintetização de preferências ocorre somente do nível dois para baixo, e é realizada multiplicando o peso do fator local pelo fator do critério de nível acima. No nível dois, os elementos são multiplicados pelo peso do objetivo geral, gerando assim o peso de cada critério do nível dois, que tem o objetivo de ponderar as prioridades dos níveis abaixo (Saaty, 1987).

O método AHP é composto também por quatro axiomas, que são baseados nas comparações paritárias (SAATY, 1987). Vargas (1990) cita os quatro axiomas em sua pesquisa, sendo: (I) comparação recíproca, (II) homogeneidade, (III) Independência, e (IV) expectativa.

O axioma da comparação recíproca envolve a realização das comparações paritárias pelo agente decisor de modo a respeitar a reciprocidade entre as respostas (VARGAS, 1990). Para Saaty (1987) este axioma é a base do método AHP, visto que tem como aspecto importante a ideia de consistência. O autor exemplifica o axioma por meio da comparação entre pesos de pedra, onde se uma pedra A é cinco vezes mais pesada que a pedra B, a pedra B é  $1/5$  mais pesada que a pedra A.

O axioma da homogeneidade segundo Vargas (1990) envolve a representação das preferências por meio de uma escala. Saaty (1987) descreve o segundo axioma como essencial para comparações significativas, de modo com que elementos com alta disparidade de valores entre si são reposicionados em grupos com valores comparáveis, podendo ser em outro nível.

A respeito do axioma de independência, Vargas (1990) define que ao expressar a preferência, é entendido que os critérios são independentes das propriedades das alternativas. Saaty (1987) utiliza deste axioma para reforçar o princípio independência do nível maior sobre o nível menor.

Saaty (1987) define o quarto axioma, o da expectativa, como uma afirmação de que o indivíduo que aplica o método deve garantir que a estrutura hierárquica esteja completa. Contando com todas as expectativas, critérios e alternativas disponíveis, de modo a representar corretamente suas ideias.

O não cumprimento do primeiro axioma indica que a pergunta usada para extrair os julgamentos, ou então as comparações entre os julgamentos estão inconsistentes. O não cumprimento do segundo axioma indica falta de homogeneidade entre os critérios, o terceiro axioma significa que o peso dos fatores deve ser independente das opções disponíveis, e o não cumprimento do quarto axioma indica que tomador de decisão não está usando critérios compatíveis ou suficientes para atender as expectativas, portanto o processo decisivo se mostra incompleto (VARGAS, 1990).

Os principais passos para aplicação do método AHP segundo Ali et al. (2017) são:

1. Estabelecer o objetivo principal, os critérios e as alternativas.
2. Desenvolver a matriz de comparação paritária.
3. Desenvolver a matriz normalizada.
4. Desenvolver o vetor de prioridade.
5. Calcular a taxa de consistência, que não pode ultrapassar de 0.1.
6. Desenvolver a matriz de prioridades.
7. Desenvolver a matriz de comparação paritária de critérios.
8. Desenvolver o vetor de prioridade geral.
9. Escolher a alternativa com maior *ranking*.

Os autores Papathanasiou e Ploskas (2018) aprofundam a descrição da aplicação do método AHP em sete etapas:

1. Formação da matriz de comparação paritária entre os critérios: Por meio da escala de Saaty o tomador de decisão expressa a relação entre critérios par a par, a quantidade de comparações necessárias se dá pela fórmula abaixo, onde  $n$  representa a quantidade de critérios:

$$\frac{n^2 - n}{2} \quad (1)$$

2. Teste de consistência na matriz de comparação paritária entre critérios, por meio do cálculo do índice de consistência:

$$CI(x) = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Onde  $CI(x)$  representa o índice de consistência, e o autovalor máximo é representado por  $\lambda_{\max}$ .

Em seguida é aplicado a razão de consistência  $CR(x)$ :

$$CR(x) = \frac{CI(X)}{RI_n} \quad (3)$$

Sendo  $CR(x)$  a razão de consistência, e  $RI_n$  sendo a média estimada de  $CI$  para matrizes de tamanho  $n$ , conforme tabela de índices aleatórios:

Tabela 2 - Tabela de índices aleatórios RI

Quantidade de critérios (n)	RI
1	0
2	0
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

Fonte: Adaptado de Papathanasiou e Ploskas (2018)

3. Definição do vetor de prioridade para os critérios, que pode ser calculado de diversas formas, sendo calculado da forma mais simples por meio da soma dos elementos da coluna da matriz divididos pela soma dos elementos da matriz  $x$ :

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij}} \quad (4)$$



4. Formação da matriz de comparação paritária entre as alternativas de cada critério
5. Teste de consistência da matriz de comparação paritária entre alternativas de cada critério por meio da mesma fórmula da etapa dois, com substituição de  $n$  números de critérios por  $m$  números de alternativas.
6. Definição do vetor de prioridade para as alternativas, mesmo processo da terceira etapa, substituindo  $n$  números de critérios por  $m$  números de alternativas.
7. Combinação dos vetores de prioridades de critério e de alternativas, gerando prioridades globais das alternativas, que são classificadas do maior valor para o menor.

As comparações paritárias devem respeitar a reciprocidade, onde  $a_{ij}$  representa um valor na matriz, e  $a_{ji}$  representa seu valor recíproco:

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (5)$$

As comparações paritárias são realizadas por meio da tabela fundamental, composta por valores entre 1-9 conforme representação abaixo:

Tabela 3 - Tabela fundamental de Saaty

Intensidade	Definição	Explicação
1	Igual importância	Os dois elementos contribuem de forma igual para o elemento de nível superior
3	Importância moderada	Julgamento favorece levemente um critério comparado a outro
5	Forte importância	Julgamento favorece fortemente um critério comparado a outro
7	Importância demonstrada	A dominância de um elemento sobre o outro pode ser comprovada na prática
9	Importância absoluta	A evidência a favor de um critério é da maior ordem de afirmação
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando o decisor sente dificuldade em escolher entre os graus de importância adjacentes

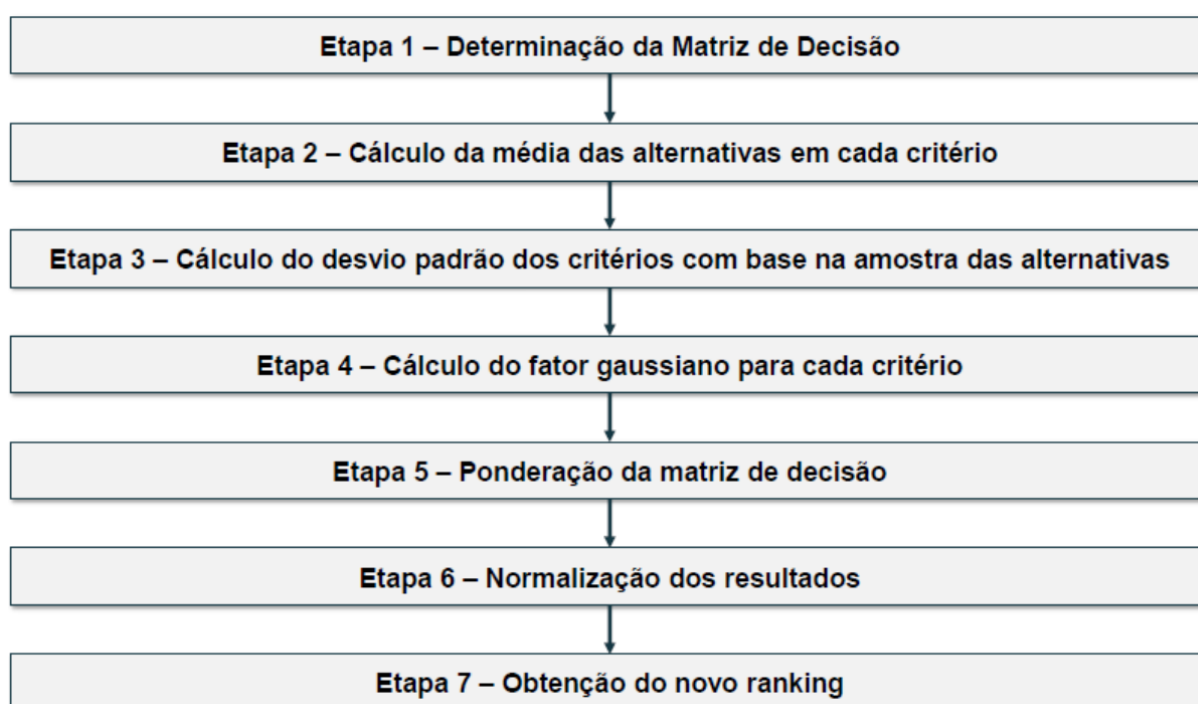
Fonte: Adaptado de Saaty (1977)

### 3.2 AHP-GAUSSIANO

A metodologia utilizada neste trabalho é apresentada por Dos Santos, Costa, Gomes (2021) durante sua pesquisa com o objetivo de aplicar o método AHP tradicional para auxiliar na escolha de um navio de guerra de médio porte. Durante a análise do resultado, foi observado uma pequena discrepância entre as alternativas, motivando os autores a realizarem um teste de sensibilidade mais cuidadoso, resultando no surgimento do novo modelo.

O método desenvolvido, chamado de AHP-Gaussiano se diferencia do AHP tradicional pois substitui o uso da tabela fundamental elaborada por Saaty (1987) para o cálculo do peso dos critérios. Dos Santos, Costa, Gomes (2021) apresentam o passo a passo para aplicação do método AHP-Gaussiano:

**Figura 2** - Passo a passo para aplicação do método AHP-Gaussiano



Fonte: Adaptado de Dos Santos, Gomes; Costa (2021).

O procedimento envolve a formação da matriz de comparação paritária conforme o AHP tradicional, seguido do cálculo da média e do desvio padrão das alternativas em cada critério. A etapa quatro envolve o cálculo do fator gaussiano para cada elemento, em seguida a matriz de decisão é ponderada e os resultados são normalizados, resultando em um novo *ranking*, de forma percentual (DOS SANTOS; GOMES; COSTA, 2021).

A primeira etapa envolve a montagem da matriz de decisão. Por abordar duas classes de cavalos mecânicos, o trabalho apresenta duas matrizes de decisão, divididas em dois cenários, conforme sua classificação. O primeiro cenário aborda os cavalos mecânicos 6x2, ou seja, caminhões com seis pontos de apoio, com tração somente em dois, enquanto o segundo cenário aborda os cavalos mecânicos 6x4, também chamados de traçados, possuem seis pontos de apoio com tração em quatro. A divisão dos cenários é abordada de forma detalhada posteriormente durante o capítulo quatro.

A segunda etapa envolve a normalização da matriz de decisão, processo utilizado com objetivo de padronizar os valores. Para os critérios (C3) gasto mensal de combustível, (C4) valor de compra e (C6) custo de manutenção, que possuem como melhor alternativa o menor valor, deve-se aplicar a fórmula abaixo antes de realizar o processo de normalização:

$$x = \frac{1}{a_{ij}} \quad (6)$$

A fórmula (7) é aplicada para a normalização da matriz de decisão:

$$v = \frac{a_{ij}}{\sum a_{ij}} \quad (7)$$

Após a normalização é realizado o cálculo da média de valores de cada critério, e em seguida é calculado o desvio padrão de cada alternativa por meio da equação:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (8)$$

O cálculo do fator gaussiano é realizado por meio da divisão do desvio padrão pela média, onde  $\sigma$  representa o desvio padrão, e  $\bar{x}$  a média do critério:

$$Fator\ Gaussiano = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (9)$$

Sendo  $\sigma$  o desvio padrão, e  $\bar{x}$  a média do critério. Em seguida é aplicado a normalização do fator gaussiano para transformar o valor em porcentagem por meio

da equação abaixo. O fator gaussiano normalizado  $v$  representa o peso de cada critério.

$$v = \frac{\sigma_{ij}}{\sum \sigma_{ij}} \quad (10)$$

Como última etapa do processo, a ponderação da matriz de decisão, é realizada por meio da multiplicação do valor da alternativa pelo fator gaussiano normalizado. Em seguida é somado o valor ponderado de cada alternativa em cada critério, e as alternativas são ordenadas em forma decrescente pela soma dos valores ponderados, onde a alternativa com maior valor é apresentada pelo modelo como alternativa ótima, sendo a escolha ideal, com a melhor pontuação entre as alternativas.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

O capítulo apresentado se inicia por meio da apresentação do setor com dados atualizados, em seguida são apresentados os cavalos mecânicos participantes da análise. O capítulo segue com a apresentação dos critérios escolhidos pelo tomador de decisão, com uma breve descrição sobre eles, e finaliza com a aplicação do método AHP-Gaussiano e o resultado obtido.

### 4.1 TRANSPORTE ATUALMENTE

Atualmente o setor conta com 1.239.787 transportadores, somando as empresas de transporte rodoviário de carga (ETC), transportadores autônomos de carga (TAC) e cooperativas de transporte de cargas (CTC), que juntos possuem uma frota de pouco mais de 2,7 milhões de placas, entre veículos e implementos rodoviários, com uma idade média da frota de 15 anos onde o TAC apresenta idade média de frota de pouco mais de 22 anos enquanto as ETC apresentam cerca de 10 anos (ANTT, 2023).

Tabela 4 - Características das empresas de transporte por tipo

Classificação	Quantidade	Frota	Idade média da frota
TAC	938.715	1.002.478	22,28
ETC	300.503	1.691.084	10,83
CTC	569	35.749	15,01
Total	1.239.787	2.729.311	15,09

Fonte: ANTT, 2023

A tabela 5 indica a situação da frota brasileira, que possui uma idade média avançada de frota, o que para Morais (2017) pode ocasionar em maiores custos para o transporte, devido ao alto custo de manutenção. Além da idade pode-se perceber alta participação do autônomo no setor, prestando serviço terceirizado pelas transportadoras, que utilizam deste método como forma de reduzir seu custo, e consequentemente transferindo-os para o transportador autônomo (ARAÚJO; BANDEIRA; CAMPOS, 2014).

#### 4.1.1 Orçamento da união e infraestrutura de transporte

O orçamento atualizado para o ano de 2022 para área de atuação do transporte foi de 22,45 bilhões de reais, e deste valor somente 7,36 bilhões foram executados, sendo 56,38%, cerca de 4,15 bilhões, destinados ao transporte rodoviário (BRASIL, 2023). O setor de transporte no Brasil necessita de mais investimentos para permitir operações multimodais, assim como melhoria das malhas existentes e ampliações.

Queiroz e Fernandes (2018), apresentam um estudo relacionando a infraestrutura de transporte e o crescimento econômico brasileiro resultando em uma relação positiva e estatisticamente significativa entre os dois fatores, indicando que 46,5% a mais de quilômetros *per capita* de estradas pavimentadas pode ocasionar em 1% de crescimento do PIB *per capita*.

O uso de menos da metade do orçamento disponível ao setor provoca resultados negativos ao país. Como resultado do estudo provocado por Queiroz e Fernandes (2018), embora a infraestrutura possua uma relação positiva com crescimento, a situação precária da infraestrutura atual ao trabalho acaba influenciando de forma negativa o crescimento econômico do Brasil.

A infraestrutura precária do transporte vai de encontro com o que foi dito por Moraes (2017), gerando um aumento também nos custos de transporte. O estudo de Queiroz e Fernandes (2018) corrobora também para Ballou (2007), que relaciona o nível de infraestrutura de transporte com o desenvolvimento socioeconômico de um país.

#### **4.1.2 Emplacamentos**

A Federação Nacional da Distribuição de Veículos automotores, é uma organização brasileira que representa os concessionários de veículos automotores, contribuindo com o desenvolvimento do setor

por meio da realização de estudos e pesquisas, representar os interesses dos concessionários diante aos órgãos públicos, entre outras funções.

O segmento de veículos caminhões apresenta crescimento nos últimos anos, sofrendo uma retração em 2020 em função da pandemia de COVID-19, mas recuperando com taxas de crescimento maiores de 40% no ano seguinte. A tabela abaixo apresenta a quantidade de emplacamentos anuais de caminhões, e a

quantidade e participação dos caminhões pesados no mercado, subsegmento foco do trabalho apresentado.

Tabela 5 - Quantidade de emplacamentos anual de caminhões

Ano	Emplacamentos	Participação caminhões pesados (%)
2018	76.426	45,31
2019	101.733	50,58
2020	89.173	48,74
2021	127.281	50,61
2022	124.583	50,68

Fonte: FENABRAVE (2022)

A participação do subsegmento de pesados representa cerca de 50% dos emplacamentos de caminhões, consequência do modal de transporte brasileiro, que utiliza o transporte rodoviário para transportes de longa distância, o que ocasiona na necessidade de maior mobilização de frota para atender a demanda (FARIA, 2001).

Tabela 6 - Participação das marcas na quantidade de emplacamentos - 2022

Marca	Participação média (%)
VW / MAN	27,71
M. Benz	27,39
Volvo	19,34
Scania	10,61
Iveco	8,58
DAF	5,45

Fonte: FENABRAVE (2022)

A tabela acima indica a participação média de cada marca nos emplacamentos de caminhões no ano de 2022. A falta de participação de algumas marcas presentes nessa tabela é justificada pela dificuldade em obter os dados necessários.

#### 4.2 CRITÉRIOS FUNDAMENTAIS

Para a escolha do cavalo mecânico, os agentes responsáveis pela tomada de decisão elencaram seis critérios como fundamentais para a tomada de decisão: (C1) Potência, (C2) Consumo de combustível, (C3) Torque máximo, (C4) Preço de compra, (C5) Preço de revenda, e (C6) Custo de manutenção.

#### **4.2.1 Potência (C1)**

As montadoras apresentam diversas opções de motorização para os veículos, baseados na aplicação e operação na qual o veículo irá trabalhar. A potência é indicada em cavalo-vapor, e serve para medir a quantidade de medida de energia que um motor pode gerar por um certo período, quanto maior a potência maior a eficiência de realizar trabalho.

Embora motores com potência maior tendem a gastar mais combustível, a escolha de um motor menor que o recomendado para a operação, causando também gera maior consumo de combustível, além de gerar problemas operacionais restringindo a possibilidade de operação do veículo. Para o uso no trabalho foram selecionados cavalos mecânicos equivalentes, com configuração semelhantes e de aplicação rodoviária.

O motor faz parte do trem de força, que é o sistema do veículo responsável por transmitir a potência gerada do motor para as rodas, permitindo que o veículo entre em movimento. A escolha de um trem de força adequado a operação permite um consumo otimizado de combustível, o que permite as empresas de transportes se manterem competitiva por meio da redução do custo operacional (RAFAEL *et al.*, 2009).

#### **4.2.2 Consumo de combustível (C2)**

O consumo de combustível é medido em quilômetros por litro (km/l) e é um dos principais custos do transporte rodoviário de carga, representando cerca de 50% dos custos variáveis da transportadora, conforme a pesquisa anual de serviços do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2020.



Tabela 7 - Custos do transporte rodoviário de cargas

Descrição	Valor (R\$)	Participação (%)
Mercadorias, materiais de consumo e de reposição	30.815.670,00	44,37%
Custo de mercadorias revendidas	1.863.183,00	2,68%
Combustíveis e lubrificantes	35.324.826,00	50,95%
Outros custos	1.327.462,00	1,91%
Total	69.331.141,00	100%

Fonte: Adaptado IBGE (2020)

Considerando que um caminhão A percorra 10.000 quilômetros por mês com uma média de consumo de combustível de 2,20 enquanto o caminhão B percorra a mesma distância com uma média de 2,30, existirá uma diferença de consumo de aproximadamente 197 litros. Considerando o preço médio nacional do óleo diesel S10 da semana do dia 02/04/2023 até o dia 08/04/2023 que é de R\$5,84 o litro. Ao multiplicar a diferença de óleo diesel consumida pelo valor do litro, é resultado uma economia mensal de R\$1154,15 por caminhão (BRASIL, 2023).

O trabalho elaborado envolve a participação de caminhões com diferentes combustíveis, portanto o consumo de combustível será calculado por meio do gasto mensal com combustível, levando em consideração o preço médio nacional dos combustíveis entre a semana 02/04/2023 e 08/04/2023. Considera-se, portanto, o valor do óleo diesel S10 R\$5,84 o litro, e R\$4,50 o metro cúbico do GNV (Gás Natural Veicular) (BRASIL, 2023).

#### 4.2.3 Torque máximo

O torque máximo serve para indicar qual a capacidade máxima de esforço que o motor tem, indicando a capacidade de tração do veículo, é medido em Newton metro (N.m) e quanto maior, mais força o caminhão possui. Quanto maior o torque do caminhão, maior facilidade para transportar em situações adversas, tendo melhor desempenho em situações como aclives acentuados, dias de chuvas e em estradas não pavimentadas.

Ao comparar motores de mesma potência, o cavalo mecânico com maior torque se sobressai em relação ao outro por possuir maior força em arrancada por exemplo. Portanto, além do torque máximo, outro fator que deve ser levado em consideração é a qual rotação esse torque é alcançado: quanto menor a rotação, menor o consumo de combustível. Ao comparar veículos com mesmo torque máximo, o veículo com uma

faixa de operação com menor rotação leva vantagem ao considerar o menor consumo de combustível.

#### **4.2.4 Preço de compra**

O investimento necessário para aquisição de um caminhão pesado atualmente gira em torno de um milhão de reais, conforme as propostas descritas no anexo - A, anexo – B, anexo – C e anexo - D. A negociação possui grande influência sobre o custo do transportador, visto que as compras para ETC são feitas em quantidade, além de serem financiadas. Um menor valor de compra se mostra importante do ponto de vista de fluxo de caixa da empresa, além de permitir que a empresa opere com custos menores, tornando-a mais competitiva.

O relacionamento entre o transportador e a fabricante possui influência, pois além de valores a negociação pode envolver bonificações, e pacotes de acessórios a mais no caminhão sem custo adicional, e embora não reduza o custo do investimento, acaba proporcionando diferenciais para o equipamento, e mais conforto ao motorista, trazendo vantagem do ponto de vista de retenção de talentos.

Os pacotes de acessórios servem como atrativo também no momento da revenda, visto que o comprador de veículo usado tende a ser TAC, sendo ele o próprio motorista, buscando então um maior conforto.

O preço médio de compra pode ser analisado por meio da tabela FIPE, elaborada pela Fundação Instituto de Pesquisa Econômica (FIPE), entretanto, para a realização deste trabalho será utilizado os valores apontados pelas fabricantes conforme os anexos.

#### **4.2.5 Valor de revenda**

Além da receita que o caminhão irá proporcionar durante seu ciclo na empresa, a desvalorização do veículo perante o mercado também é considerada um custo, visto que quanto maior a desvalorização, maior o valor desembolsado pela empresa para substituição do cavalo mecânico.

Durante o ano de 2022, 79,6% do total de caminhões usados negociados possui mais de 10 anos de uso (FENABRAVE, 2022). Considerando os dados da

ANTT (2023), as ETC possuem uma frota com idade média maior de 10 anos, e os TAC possuem uma frota com média de mais de 20 anos, portanto pode-se concluir que grande parte das negociações de usados acontece por meio da renovação de frota das ETC, que vende o caminhão para o TAC. Atualmente avaliado por meio da tabela FIPE, a qual indica o preço médio dos veículos em território nacional, servindo como um balizador para negociações. Os valores de revenda utilizado no trabalho serão extraídos da tabela FIPE com mês referência maio de 2023.

#### **4.2.6 Custo de manutenção**

O custo de manutenção do caminhão compõe parte dos custos variáveis da empresa de transportes rodoviário de cargas (DECOPE, 2014). Atualmente as fabricantes se especializaram na venda também de serviços, e dispõe de um plano de manutenção que pode abranger a troca de óleos e filtros, até a troca total de qualquer item por defeito ou desgaste, propondo benefícios como extensão de garantia e preferência no atendimento dentro das concessionárias, além da garantia da execução do serviço conforme as indicações do fabricante.

Para a aplicação do modelo será levado em consideração o Plano de Manutenção Flexível Scania, da fabricante Scania, o Plano Azul da fabricante Volvo e o Plano Básico da Iveco. Todos os planos envolvem somente a troca de óleo e filtros, possuindo um valor mensal fixo conforme negociação. Visto que a negociação pode afetar os valores conforme o relacionamento entre a fábrica e o cliente, será levado em consideração valores apresentados por vendedores das marcas ao autor, apresentados nos anexos.

### **4.3 CAVALOS MECÂNICOS PARTICIPANTES**

Os cavalos mecânicos possuem diversas categorias, e para elaboração deste trabalho será levado em consideração duas configurações de tração, o cavalo mecânico 6x2 e o cavalo mecânico 6x4.

A separação dos veículos por configuração de tração ocorre pela capacidade de tração dos veículos, onde caminhões 6x2 podem compor uma combinação de veículos para transporte de cargas com peso bruto total combinado de até 58,5

toneladas, enquanto caminhões 6x4 podem compor uma combinação com peso bruto total combinado de até 74 toneladas (BRASIL, 2021).

Além de outros fatores como diferentes partes mecânicas, e conseqüentemente diferentes custos de manutenção. E por se tratar de veículos com peso bruto total diferentes, o consumo de combustível também possui diferença entre os dois tipos.

A tabela abaixo indica os veículos que serão utilizados no trabalho, e em qual cenário cada caminhão será considerado:

Tabela 8 - Modelos de caminhões analisados

Marca	Modelo	Cenário
Scania	R450 6X2 22/22	Cenário 1 - 6x2
Scania	R410 6X2 GNV 23/23	Cenário 1 - 6x2
Scania	R460 6X2 23/24	Cenário 1 - 6x2
Volvo	FH460 6X2 23/23	Cenário 1 - 6x2
Iveco	S-WAY 480 6x2 23/23	Cenário 1 - 6x2
Scania	R540 6X4 22/22	Cenário 2 - 6x4
Scania	R560 6X4 23/24	Cenário 2 - 6x4
Volvo	FH540 6X4 23/23	Cenário 2 - 6x4
Iveco	S-WAY 540 6x4 23/23	Cenário 2 - 6x4

Fonte: Elaborada pelo autor

A tabela acima indica os veículos que serão utilizados no trabalho, e em qual cenário cada caminhão será considerado.

A tabela acima indica os modelos que serão analisados durante este trabalho, os veículos serão analisados em dois cenários, separados conforme sua classificação.

## 5 RESULTADOS

A seção apresenta a aplicação do método AHP-Gaussiano para os dois cenários analisados.

### 5.1 CENÁRIO 1 – CAMINHÕES 6x2

O cenário 1 aborda cinco modelos de caminhões 6x2, sendo 4 com motorização diesel e um movido a gás GNV, a tabela abaixo representa a matriz de decisão, composta pelas alternativas e seus respectivos valores de cada critério.

Tabela 9 - Matriz de decisão do cenário 1

	R450 6X2 22/22	R410 6X2 GNV 23/23	R460 6X2 23/24	FH460 6X2 23/23	S-WAY 480 6x2 23/23
Potência	450	410	460	460	480
Torque máximo	2.350	2.350	2.500	2.300	2.450
Gasto mensal combustível (R\$)	22.290,08	20.930,23	20.709,22	22.037,74	23.360
Preço (R\$)	885.471,01	1.175.000	989.000	995.000	850.000
Valor de revenda após um ano (R\$)	661.711	994.744	818.036	906.355	763.694
Custo de manutenção mensal (R\$)	1.278	2.597	1278	620	1.600

Fonte: Elaborada pelo autor

Em seguida é realizado a normalização da matriz de decisão por meio da equação (7). Os valores das alternativas dos critérios (C3), (C4) e (C6) são invertidos, conforme equação (6), pois quanto menor o valor, melhor a alternativa. A matriz normalizada é representada abaixo:

Tabela 10 - Matriz normalizada do cenário 1

	R450 6X2 22/22	R410 6X2 GNV 23/23	R460 6X2 23/24	FH460 6X2 23/23	S-WAY 480 6x2 23/23
C1	0,20	0,18	0,20	0,20	0,21
C2	0,20	0,20	0,21	0,19	0,21
C3	0,20	0,21	0,21	0,20	0,19
C4	0,22	0,16	0,20	0,19	0,23
C5	0,16	0,24	0,20	0,22	0,18
C6	0,19	0,09	0,19	0,39	0,15

Fonte: Elaborada pelo autor

Após normalização da matriz, são calculados os valores de média das alternativas, desvio padrão, conforme equação (8). Cálculo do fator gaussiano por meio da equação (9), e fator gaussiano normalizado conforme tabela a seguir:

Tabela 11 - Valores de média, desvio padrão e fator gaussiano do cenário 1

Critério	Média	Desvio padrão	Fator Gaussiano	Fator Gaussiano normalizado
C1	0,20	0,01	0,06	0,06
C2	0,20	0,01	0,03	0,04
C3	0,20	0,01	0,05	0,05
C4	0,20	0,02	0,12	0,13
C5	0,20	0,03	0,15	0,16
C6	0,20	0,11	0,55	0,57

Fonte: Elaborada pelo autor

O fator gaussiano normalizado indica o peso de cada critério para a escolha, para elaboração do resultado o valor de cada alternativa normalizada deve ser multiplicado pelo fator gaussiano normalizado, em seguida realizado a soma dos valores para obter a pontuação de cada alternativa, conforme tabela abaixo:

Tabela 12 - Matriz ponderada do cenário 1

	R450 6X2 22/22	R410 6X2 GNV 23/23	R460 6X2 23/24	FH460 6X2 23/23	S-WAY 480 6x2 23/23
C1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C4	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03
C5	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
C6	0,11	0,05	0,11	0,22	0,08
Soma das ponderações	0,19	0,14	0,19	0,31	0,17

Fonte: Elaborada pelo autor

A soma das ponderações representa a preferência de cada alternativa para resolução do problema, em porcentagem, que é reorganizado no ranking abaixo:

Tabela 13 - Resultados ordenados do cenário 1

Ranking Ordenado	AHP-Gaussiano	Porcentagem
FH460 6X2 23/23	0,31	30,75%

R460 6X2 23/24	0,19	19,26%
R450 6X2 22/22	0,19	18,80%
S-WAY 480 6x2 23/23	0,17	17,23%
R410 6X2 GNV 23/23	0,14	13,96%

Fonte: Elaborada pelo autor

Para o cenário 1, a análise indica o modelo da fabricante Volvo FH460 6x2 23/23 como melhor opção, com 30,75% de preferência de escolha. A diferença principal entre os modelos ocorre no critério (C6) custo de manutenção, devido ao baixo custo de manutenção do fabricante Volvo, e o alto valor de desvio padrão entre as demais alternativas. O critério (C6) possui um peso de 56,95% para a escolha da alternativa ótima.

## 5.2 CENÁRIO 2 – CAMINHÕES 6x4

A matriz de decisão para os caminhões 6x4 apresentada na Tabela 7, é normalizada. Os valores das alternativas dos critérios (C3), (C4) e (C6) são invertidos pois quanto menor o valor, melhor a alternativa. A matriz normalizada é representada pela tabela a seguir:

Tabela 14 - Matriz de decisão do cenário 2

	R540 6X4 23/24	R560 6X4 23/24	FH540 6X4 23/23	S-WAY 540 6x4 23/23
Potência	540	560	540	540
Torque máximo	2.700	2.800	2.600	2.550
Gasto mensal combustível (R\$)	29.948,72	27.162,79	31.567,57	31.567,57
Preço (R\$)	998.000	1.109.000	1.059.000	920.000
Valor de revenda após um ano (R\$)	840.000	935.000	900.000	828.039
Custo de manutenção mensal (R\$)	1.959	1.847	960	1.600

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 15 - Matriz normalizada do cenário 2

	R540 6X4 22/22	R560 6X4 23/24	FH540 6X4 23/23	S-WAY 540 6x4 23/23
C1	0,25	0,26	0,25	0,25
C2	0,25	0,26	0,24	0,24
C3	0,25	0,28	0,24	0,24
C4	0,25	0,23	0,24	0,28

C5	0,24	0,27	0,26	0,24
C6	0,19	0,20	0,38	0,23

Fonte: Elaborada pelo autor

Assim como no cenário 1, são calculados os valores de média das alternativas, desvio padrão, fator gaussiano, e fator gaussiano normalizado conforme tabela abaixo:

Tabela 16 - Valores de média, desvio padrão e fator gaussiano do cenário 2

	Média	Desvio padrão	Fator Gaussiano	Fator Gaussiano normalizado
C1	0,25	0,00	0,02	0,03
C2	0,25	0,01	0,04	0,07
C3	0,25	0,02	0,07	0,11
C4	0,25	0,02	0,08	0,13
C5	0,25	0,01	0,06	0,09
C6	0,25	0,09	0,36	0,57

Fonte: Elaborada pelo autor

A tabela abaixo representa a matriz ponderada do cenário 2, obtida por meio da multiplicação entre o valor normalizado da alternativa pelo fator gaussiano normalizado do critério.

Tabela 17 - Matriz ponderada do cenário 2

	R540 6X4 22/22	R560 6X4 23/24	FH540 6X4 23/23	S-WAY 540 6x4 23/23
C1	0,01	0,01	0,01	0,01
C2	0,02	0,02	0,02	0,02
C3	0,03	0,03	0,03	0,03
C4	0,03	0,03	0,03	0,04
C5	0,02	0,02	0,02	0,02
C6	0,11	0,11	0,22	0,13
Soma das ponderações	0,21	0,22	0,32	0,24

Fonte: Elaborada pelo autor

A soma das ponderações representa a preferência sobre cada alternativa, quanto maior, melhor. Após ordenadas as alternativas, o resultado é apresentado pela tabela a seguir:



Tabela 18 – Resultados ordenados do cenário 2

Ranking ordenado	AHP-Gaussiano	Porcentagem
FH540 6X4 23/23	0,32	32,35%
S-WAY 540 6x4 23/23	0,24	23,84%
R560 6X4 23/24	0,22	22,38%
R540 6X4 22/22	0,21	21,43%

Fonte: Elaborada pelo autor

Para o cenário 2, o resultado indica o modelo Volvo FH540 6x4 23/23 como melhor opção, com 32,35% de preferência de escolha. Assim como no cenário 1, o critério (C6) custo de manutenção representa maior parte do peso para escolha, compondo 57,14% do peso total. Em ambos os cenários o resultado indica modelos da fabricante volvo como escolha ótima com base nos critérios analisados.

## 6 CONCLUSÕES

Ao introduzir o leitor ao setor de transporte rodoviário e apresentar suas particularidades, o trabalho apresentado busca auxiliar na escolha ótima de cavalo mecânico para operação de transporte rodoviário. A aplicação do método AHP-Gaussiano para a escolha de cavalos mecânicos se mostra de grande importância para a escolha imparcial e racional, promovendo foco em características e especificações das alternativas. A escolha da metodologia abordada se mostrou eficaz por eliminar a necessidade do processo de entrevistas com agentes envolvidos, proporcionando maior imparcialidade e tornando o processo mais ágil em situações com mais de um tomador de decisão.

Os critérios escolhidos são relacionados as especificações técnicas e valores de aquisição e revenda do cavalo mecânico. Os resultados apresentados por cada cenário indicam a opção mais adequada conforme os critérios selecionados, e em ambos os cenários a fabricante Volvo resultou como escolha ótima, com o modelo Volvo FH460 6x2 23/23 vencedor do primeiro cenário, enquanto o modelo Volvo FH560 6x4 23/23 se mostra a melhor alternativa para o segundo cenário.

A ausência das demais marcas do mercado ocorre em função da não disponibilidade dos dados necessários para realização da análise, entretanto se mostra essencial para o enriquecimento de futuros trabalhos. Recomenda-se a participação das fabricantes com maior participação de mercado, com a escolha de modelos adequados conforme a operação escolhida para análise. Além disso, a escolha de diferentes critérios pode ser realizada conforme necessidade operacional da empresa, o que pode apresentar resultados diferentes dos apresentados neste trabalho, visto que cada empresa deve elaborar seu estudo com base nos critérios considerados relevantes para sua operação.

A busca constante por otimização de tempo e redução de custos é consequência de um setor competitivo com alto custo e margem de lucro reduzida. Portanto as empresas de transporte rodoviário necessitam buscar constantemente as melhores alternativas, com veículos adequados a sua operação, e que possibilitem a realização do serviço com o menor custo operacional possível, mantendo a qualidade.

Conclui-se, portanto, que o objetivo do trabalho foi atingido, visto que ao longo do desenvolvimento do trabalho a aplicação da metodologia escolhida ocasionou no

resultado de ambos os cenários com a opção ideal, de modo a reduzir os custos operacionais e proporcionar uma otimização na prestação de serviço por meio da escolha correta de cavalo mecânico conforme os critérios elencados.

Conforme apresentado durante a fundamentação teórica, a falta de aplicação da metodologia utilizada durante o desenvolvimento deste trabalho para o setor de transporte rodoviário de cargas promove o trabalho apresentado como base para futuras pesquisas, contribuindo para a comunidade acadêmica como um todo. Considerando também a importância do setor de transportes para a economia brasileira, a realização de trabalhos abordando o setor enriquece e proporciona melhorias para o mercado, principalmente com temas que buscam reduzir os custos operacionais das empresas, otimizando o mercado em geral.

Buscando o desenvolvimento deste tipo de pesquisa para o setor, é sugerido a realização de trabalhos com diferentes métodos de tomada de decisão multicritério, de forma a diversificar as abordagens a respeito do tema. Recomenda-se a aplicação das metodologias apresentadas durante a seção de evidências empíricas, como o método VIKOR, e o TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), de forma a comparar os resultados.

Assim como nos trabalhos abordados durante as evidências empíricas o resultado foi atingido de forma satisfatória, proporcionando ao tomador de decisão uma escolha mais racional com base em critérios considerados essenciais, e as características de cada alternativa. Sendo para o trabalho abordado, a escolha dos cavalos mecânicos da Volvo em ambos os cenários, a escolha ótima.

## REFERÊNCIAS

- ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres). – **Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Carga, 2023**. Agência Nacional de Transportes Terrestres, Brasília: 2023 Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/rntrc>. Acesso em 13 de abr. 2023.
- ALI, Y. et al. Selection of a fighter aircraft to improve the effectiveness of air combat in the war on terror Pakistan air force – a case in point. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, v. 9, n. 2, 13 set. 2017.
- ANGELONI, Maria Terezinha. Elementos intervenientes na tomada de decisão. **Ciência da informação**, v. 32, p. 17-22, 2003.
- ARAÚJO, Maria da Penha S.; BANDEIRA, Renata Albergaria de Mello; CAMPOS, Vania Barcellos Gouvea. Custos e fretes praticados no transporte rodoviário de cargas: uma análise comparativa entre autônomos e empresas. **Journal of Transport Literature**, v. 8, p. 187-226, 2014.
- AZIZ, Nor Filianie; SOROOSHIAN, Shahryar; MAHMUD, Fatimah. MCDM-AHP method in decision makings. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 11, n. 11, p. 7217-7220, 2016.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- BARNEY, J. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. **Journal of Management**, v. 17, n. 1, p. 99–120, mar. 1991.
- 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, jan. 2022.
- BASTIDAS, Gladys; NERY, Rogério; CARVALHO, Marly Monteiro de. Uso do QFD no setor de serviços: Avaliação de uma transportadora rodoviária de carga. **Anais**, 2001.
- BELTON, Valerie; STEWART, Theodor. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Springer Science & Business Media, 2002.
- BRASIL. Controladoria Geral Da União. **Portal da transparência - Transporte**. Brasília: Tribunal de Contas da União, 2023. Disponível em: <https://portaldatransparencia.gov.br/funcoes/26-transporte?ano=2022>. Acesso em 13 abr. 2023.
- BRASIL. **Resolução CONTRAN nº 882, de 13 de dezembro de 2021. Estabelece os limites de pesos e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres, referenda a Deliberação CONTRAN nº 246, de 25 de novembro de**

2021, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=425133>. Acesso em: 14 mar. 2023.

BRASIL. **Levantamento de Preços de Combustíveis (últimas semanas pesquisadas)**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Brasília: 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/levantamento-de-precos-de-combustiveis-ultimas-semanas-pesquisadas>. Acesso em 25 abr. 2023.

CASTRO, Newton Rabello de. **Formação de preços no transporte de carga**. 2003.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Boletim unificado - fevereiro de 2023**. – Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2023. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/boletins>.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT Perfil Empresarial – Transporte Rodoviário de Cargas**. Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2022. Disponível em: <https://cnt.org.br/documento/5eed5ecf-957b-414a-82ce-80b4f85bf1ba>.

DA FONSECA, João José Saraiva. **Apostila de metodologia da pesquisa científica**. João José Saraiva da Fonseca, 2002.

DE ALMEIDA LIMA, Brayan et al. Proposta De Um Framework Para Seleção De Um Chassi De Ônibus Urbano: Uma Abordagem A Partir Do Quadro De Tomada De Decisões E Dos Métodos AHP E AHP-Gaussiano. **Revista SIMEP**, v. 1, n. 2, 2021.

DECOPE – Departamento de Custos Operacionais, Estudos Técnicos e Econômicos. **Manual de Cálculo de Custos e Formação de Preços do Transporte Rodoviário de Cargas – 2014**. São Paulo: NTC, 2014. Disponível em: <https://www.portalntc.org.br/manual-de-calculo-e-formacao-de-precos-no-transporte-rodoviario/>.

DOS SANTOS, Marcos; DE ARAÚJO COSTA, Igor Pinheiro; GOMES, Carlos Francisco Simões. Multicriteria decision-making in the selection of warships: a new approach to the AHP method. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, v. 13, n. 1, 2021.

EDWARDS, Ward. The theory of decision making. **Psychological bulletin**, v. 51, n. 4, p. 380, 1954.

ERHART, Sabrina; PALMEIRA, Eduardo Mauch. Análise do setor de transportes. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 1, p. 71, 2006.

FARIA, Sérgio Fraga Santos. **Fragmentos da História dos Transportes**. São Paulo: Aduaneiras, 2001.

FENABRAVE. **Índices e Números Fenabreve**. 2022. Disponível em: <http://www.fenabreve.org.br/portalv2/Conteudo/anuarios>. Acesso em: 18 maio 2023.

FGV. **Relação entre o transporte rodoviário de carga e PIB pode chegar a 29%, segundo cálculos da FGV.** Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/relacao-entre-transporte-rodoviario-carga-e-pib-pode-chegar-29-segundo-calculos-fgv>. Acesso em: 13 mar. 2023.

GALVÃO, Maria do Carmo Corrêa. Características da Geografia dos Transportes no Brasil. **Revista Geográfica**, p. 69-92, 1966.

GOMES, Ricardo Almeida. **Transporte rodoviário de carga e desenvolvimento econômico no Brasil: uma análise descritiva.** 2006.

HUERTAS, Daniel Monteiro. **Território e circulação:** Transporte rodoviário e carga no Brasil. 2013. 443 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

IAÑEZ, Maurício Mengai; CUNHA, Cláudio Barbieri da. Uma metodologia para a seleção de um provedor de serviços logísticos. **Production**, v. 16, p. 394-412, 2006.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Estatísticas Estruturais e Temáticas em Empresas, **Pesquisa Anual de Serviços 2020.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília: 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/servicos/9028-pesquisa-anual-de-servicos.html>. Acesso em: 14 jun. 2023.

MANKIW, N G. **Introdução à economia – Tradução da 8ª edição norte-americana.** Cengage Learning Brasil, 2019. *E-book*. ISBN 9788522127924.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. **Metodologia Científica.** Grupo GEN, 2022.

MARTINS, R. S.; CAIXETA-FILHO, J. V.; FONTANA, A. M. **Gestão logística do transporte de cargas.** São Paulo: Editora Atlas S.A., 2014.

MELLO, Romeu Zarske de. **Alternativas para o posicionamento estratégico das empresas de transporte rodoviário de cargas (ETC) sob uma abordagem logística.** 2001. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MORAIS, Roberto Ramos. **Logística empresarial: panorama brasileiro do transporte rodoviário.** Curitiba: Intersabres, 2017.

MOREIRA, Marco Antonio Laurelli; DE FREITAS JUNIOR, Moacir; TOLOI, Rodrigo Carlo. O transporte rodoviário no Brasil e suas deficiências. **Refas-Revista Fatec Zona Sul**, v. 4, n. 4, p. 1-13, 2018.

PAPATHANASIOU, J.; PLOSKAS, N. **Multiple Criteria Decision Aid: Methods, Examples and Python Implementations.** Cham: Springer International Publishing, 2018. v. 136

PAULO JÚNIOR, E. P. N. et al. Gestão da pesca artesanal na Costa da Paraíba, Brasil: uma abordagem utilizando o Processo Analítico Hierárquico. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 12, n. 4, p. 509–520, dez. 2012.

POH, K. L.; ANG, B. W. Transportation fuels and policy for Singapore: an AHP planning approach. **Computers & industrial engineering**, v. 37, n. 3, p. 507-525, 1999.

QUEIROZ, S. L.; FERNANDES, E. A. A INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO E O CRESCIMENTO ECONÔMICO BRASILEIRO. **Revista Estudo & Debate**, v. 25, n. 2, 5 set. 2018.

RAFAEL, M.; LOZANO, A.; CERVANTES, J.; *et al.* A method for powertrain selection of heavy-duty vehicles with fuel savings. **International Journal of Heavy Vehicle Systems**, v. 16, n. 1/2, p. 49, 2009.

RIBEIRO, Priscilla Cristina Cabral; FERREIRA, Karine Araújo. Logística e transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro. **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 23, 2002.

ROBBINS, Stephen P.; JUDGE, Tim. **Organizational behavior**. 13th ed. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall, 2009.

SAATY, Roseanna W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical modelling**, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234–281, jun. 1977.

SOARES, Leandro de Mattos Bento; DOS SANTOS, Marcos; GOMES, Andrei Eduardo de Souza. **Quadro para tomada de decisões estratégicas e o método AHP Gaussiano: uma abordagem multi-metodológica na seleção de um modelo de aeronave cargueira de grande porte para a força aérea brasileira**. 2021.

SOUTH, Stephen E. Competitive advantage: the cornerstone of strategic thinking. **Journal of Business Strategy**, v. 1, n. 4, p. 15-25, 1981.

TZENG, Gwo-Hshiung; LIN, Cheng-Wei; OPRICOVIC, Serafim. Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation. **Energy policy**, v. 33, n. 11, p. 1373-1383, 2005.

VAIDYA, Omkarprasad S.; KUMAR, Sushil. Analytic hierarchy process: An overview of applications. **European Journal of Operational Research**, v. 169, n. 1, p. 1-29, 2006.

VARGAS, L. G. An overview of the analytic hierarchy process and its applications. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 2–8, set. 1990.

**ANEXOS**



## ANEXO A – PROPOSTA E DADOS REFERENTES AOS MODELOS SCANIA



### PROPOSTA SCANIA

Referências de configuração padrão

#### **R 450 A6X2 NA DIESEL 2022/2022**

POTÊNCIA: 450 CV

TORQUE: 2.350 NM

CONSUMO MÉDIO: 2,62 - Aplicação semirreboque 4 eixos

PREÇO: R\$ 885.471,01

PREÇO REVENDA: R\$ 720.000,00 (1 ano)

CUSTO MENSAL DE MANUTENÇÃO: R\$ 0,1278 \* 10.000 km = R\$ 1.278,00

#### **R 410 A6X2 NA GNV 2023/2024**

POTÊNCIA: 410 CV

TORQUE: 2.350 NM

CONSUMO MÉDIO: 2,15 - Aplicação semirreboque 3 eixos

PREÇO: R\$ 1.175.000,00

PREÇO REVENDA: R\$ 920.000,00 (1 ano)

CUSTO MENSAL DE MANUTENÇÃO: R\$ 0,2597 \* 10.000 km = R\$ 2.597,00

#### **460 R A6X2 NA 2023/2024**

POTÊNCIA: 460 CV

TORQUE: 2.500 NM

CONSUMO MÉDIO: 2,82 - Aplicação semirreboque 4 eixos

PREÇO: R\$ 989.000,00

PREÇO REVENDA: R\$ 835.000,00 (1 ano)

CUSTO MENSAL DE MANUTENÇÃO: R\$ 0,1278 \* 10.000 km = R\$ 1.278,00

#### **R 540 A6X4 NA 2022/2022**

POTÊNCIA: 540 CV

TORQUE: 2.700 NM

CONSUMO MÉDIO: 1,95 - Aplicação rodocaçamba 9 eixos s

PREÇO: R\$ 998.000,00

PREÇO REVENDA: R\$ 840.000,00 (1 ano)

CUSTO MENSAL DE MANUTENÇÃO: R\$ 0,1959 \* 10.000 km = R\$ 1.959,00

#### **560 R A6X4 NA 2023/2024**

POTÊNCIA: 560 CV

TORQUE: 2.800 NM

CONSUMO MÉDIO: 2,15 - Aplicação rodocaçamba 9 eixos s

PREÇO: R\$ 1.109.000,00

PREÇO REVENDA: R\$ 935.000,00 (1 ano)

CUSTO MENSAL DE MANUTENÇÃO: R\$ 0,1847 \* 10.000 km = R\$ 1.847,00

---

\*\* Preços operação padrão, operações específicas podem sofrer variações no custo de aquisição e no custo de manutenção.

**ANEXO B – PROPOSTA E DADOS REFERENTES AOS MODELOS VOLVO****Dicave**

Concessionária Volvo de caminhões e ônibus em Santa Catarina

**V O L V O****TUBARÃO(SC), 12 DE ABRIL DE 2023****À FONTANELLA LOG. E TRANSPORTES**

A/C Sr. Gabriel Fontanella

Proposta comercial

Em atenção à sua solicitação, apresentamos nossa proposta para o fornecimento de caminhões Volvo.

Agradecemos o interesse pela marca, fato que muito nos honra e reforça a nossa responsabilidade e compromisso com o sucesso de nossos clientes.

Dicave sua concessionária Volvo para Santa Catarina, possui 14 filiais no estado para melhor lhe atender. Nossas concessionárias estão estrategicamente distribuídas nas principais rodovias do estado.

Nos colocamos antecipadamente a sua inteira disposição para dúvidas e detalhamentos dos produtos aqui apresentados.

**FH 540 6X4 SC MOTOR 13 K DIESEL ANO E MODELO 2023**

POTÊNCIA: 540 CV

TORQUE: 2600 NM

CONSUMO MÉDIA: 1, 85 GERAL RODO TREM

PREÇO: 1.059.000,00

PREÇO REVENDA: 900.000,00 NO PRIMEIRO ANO

CUSTO MENSAL DE MANUTENÇÃO: R\$ 0,09600 10.000 KM = R\$ 960.000,00

**FH 460 6X2 SC MOTOR 13 K DIESEL ANO E MODELO 2023**

POTÊNCIA: 460 CV

TORQUE: 2300 NM

CONSUMO MÉDIA: 2,65 GERAL LS 4 EIXO

PREÇO: 995.000,00

PREÇO REVENDA: 845.000,00 NO PRIMEIRO ANO

CUSTO MANSAL DE MANUTENÇÃO: R\$ 0,06200 10.000 KM = R\$ 620.000,00

dicave.com.br

Dicave Gärtnner – Distribuidora Catarinense de Veículos Ltda.  
Rodovia BR 101, Km 125, nº 13-600 - Caixa Postal 70  
Baixo Carandáuba - Itajaí / SC - CEP 88313-000

Telefone:  
47 3249-5000

## ANEXO C – PROPOSTA E DADOS REFERENTES AO MODELO IVECO S-WAY 480 (6x2)



**IVECO**

**S-WAY 480 (6x2)**

Escolha uma cor de sua preferência:  Branco Terra  Amarelo Pirelli  Verde Militar  Azul Escuro  Azul Metálico  Steel Gold

Vermelho Mercedes  Vermelho Ferrari  Marrom Volvo  Preto Bar  Cinza Militar  Preto Volcano

DIMENSÕES (mm)			
Distância entre eixos	A	3.170	3.450
Comprimento total	B	6.645	7.155
Balanco dianteiro	C		1.494
Balanco traseiro	F		1.046
Altura da cabine (cabine teto médio / alto)	D	3.457 / 3.887	3.617 / 3.897
Distância entre eixos traseiros	E		1.221
Ângulo de entrada	G		83°
Ângulo de saída	H		73°
Ângulo de saída (eixo e chassi)	I		45°
Altura do eixo dianteiro	K		218
Altura do eixo traseiro	L		190
Largura da cabine total	M		3.074
Largura da Cabine (sem retrovisores)	N		3.490
Largura traseira	O		3.539
Posição 5ª roda	Q		451
Altura 5ª roda ao solo	P		1.260
Faixa externa cabine (até centro da unidade)	R		2.084
Distância entre eixos externos do chassi (Rimul)	T		771
Raio de giro (eixo parâmetro)	-	6.561	7.030
Raio de giro (eixo parâmetro)	-	5.630	6.060

CAPACIDADE TÉCNICA - PESO (kg)			
<b>CAPACIDADE TÉCNICA</b>			
Eixo Dianteiro			7.100
Eixo Traseiro			31.000
Peso Bruto Total (PBT) - Técnico			38.100
Peso Bruto Total (PBT) - Legal			23.000
Capacidade máxima de tração (CMT)			40.000
Peso Bruto Total Combinado (PBTC) - homologado			58.500
<b>PESO VAZIO - CABINE TETO MÉDIO</b>			
Eixo Dianteiro (teto médio / alto)	3.452		3.489
Eixo traseiro (teto médio / alto)	3.548		3.571
Total	9.000		9.060
<b>PESO VAZIO - CABINE TETO ALTO</b>			
Eixo Dianteiro	5.532		5.569
Eixo Traseiro	3.568		3.591
Total	9.100		9.160

DESEMPENHO CÁLCULO TEÓRICO	
Relação de redução do eixo traseiro	3,08 : 1 (2,85:1 opcional)
Capacidade de carga (probabilidade)	41%
Partida em rampa (startability)	33%
Velocidade máxima no plano	130 km/h (limitado eletronicamente a 120 km/h)

Valor: R\$ 850.000,00  
963.694,00

Plano mant. R\$1600 mensal  
Cafunú 2,50



## ANEXO D – PROPOSTA E DADOS REFERENTES AO MODELO IVECO S-WAY 540 (6x4)



Escolha uma cor da sua preferência:

- Branco Preto
- Amarelo Flúoreo
- Verde Plástico
- Azul Negro
- Azul Metálico
- Real Gold
- Vermelho Modena
- Vermelho Fúria
- Marrom Herança
- Preto Ball
- Cinza Pólvora
- Preto Valente

DIMENSÕES (mm)		
Distância entre eixos	A	3.340
Comprimento total	B	7.136
Relação dianteira	C	1.436
Relação traseira	F	830
Altura da cabine (cabine teto médio / alto)	D	3.434 - 3.700
Distância entre eixos traseiros	E	1.380
Ângulo de entrada	G	11°
Ângulo de saída	H	31°
Ângulo de saída (jet o chassis)	I	31°
Altura do eixo dianteiro	J	195
Altura do eixo traseiro	L	304
Comprimento da cabine total	M	3.074
Comprimento da cabine (sem retrovisores)	N	2.490
Comprimento traseiro	O	2.617
Altura 5ª roda ao solo	P	1.235
Posição 5ª roda	Q	577
Faixa externa da cabine (jet centro do eixo)	R	2.084
Distância entre abas externas do chassi (bitola)	T	771
Raio de giro (entre paradas)	-	8.390
Raio de giro (sem paradas)	-	7.470
CAPACIDADE TÉCNICA (PESOS kg)		
CAPACIDADE		
Eixo Dianteiro		7.100
Eixo Traseiro		23.000
Peso Bruto Total (PBT) - técnico		29.100
Peso Bruto Total (PBT) - legal		33.000
Capacidade máxima de tração (CMT)		80.000
Peso bruto total Combinado (PBT/C) - homologado		74.000
PESO VAZIO - CABINE TETO MÉDIO		
Eixo Dianteiro		3.409
Eixo Traseiro		4.544
Total		9.973
PESO VAZIO - CABINE TETO ALTO		
Eixo Dianteiro		3.489
Eixo Traseiro		4.584
Total		10.073
DESEMPENHO CALKADO TÉCNICO		
Relação de redução do eixo traseiro		3,07 - 1
Capacidade de rampa (gradiente)		32%
Partida em rampa (startability)		18%
Velocidade máxima no plano		130 km/h (limitado eletronicamente a 120 km/h)

Valor R\$ 920.000,00  
2023 Fipe: 828.039,00

Plano mant. R\$ 1600 mensal  
Consumo: 1,90-1,80

