

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA: SUBSTITUIÇÃO DA FROTA À COMBUSTÃO PARA ELÉTRICOS EM UMA EMPRESA DE OPERAÇÕES LOGÍSTICAS***ANALYSIS OF ECONOMIC FEASIBILITY: REPLACING¹ THE FLEET TO COMBUSTION FOR ELECTRIC IN A LOGISTICS OPERATIONS COMPANY***Manuella Schneider dos Santos¹Flávio Lúcio Santos de Carvalho²

RESUMO: O uso de energias renováveis como alternativa para diminuição das emissões de gases poluentes, vem sendo um tema que está ganhando o espaço empresarial. O presente artigo tem como objetivo analisar a viabilidade econômica para a substituição da frota de caminhões VUC a diesel por elétricos, com intuito de diminuir gastos e emissões de Dióxido de Carbono que afetam o meio ambiente e a população humana. A metodologia adotada é de carácter exploratório e descritiva, por analisar a diminuição de gastos e emissões de CO₂ e detalhar o problema propondo possíveis soluções, respectivamente. É qualitativa por estar realizando a comparação do processo e quantitativa por fazer medições dos valores e dados. Foi feita uma pesquisa bibliográfica para habituar-se com o tema e pesquisa de campo com entrevista por meio de questionário com um funcionário da empresa estudada. Foi obtido uma economia diária de R\$121,61 e anual de R\$30.645,72, com a troca da frota a diesel por veículos elétricos, para percorrer a rota X. Sendo possível ter um *payback* de 10,21 anos somente com as economias geradas por essa substituição. Foram realizados cálculos voltados para um viés mais ambiental com resultados positivos, com a diminuição de 70,04 kg da emissão de CO₂ pela utilização da frota na rota X. E por fim, ficou evidente que é viável a substituição da frota por VUC alimentado com energia elétrica, atendendo as hipóteses positivas de redução dos gastos e da liberação de CO₂.

Palavras-chave: Veículo elétrico; Viabilidade econômica; Sustentabilidade; Logística.

ABSTRACT: The use of renewable energy as an alternative to reducing polluting gas emissions has been a topic that is gaining momentum in business. This article aims to analyze the economic feasibility of replacing the diesel VUC truck fleet with electric ones, with the aim of reducing expenses and Carbon Dioxide emissions that affect the environment and the human population. The methodology adopted is exploratory and descriptive in nature, analyzing the reduction in expenses and CO₂ emissions and detailing the problem, proposing possible solutions, respectively. It is qualitative because it is comparing the process and quantitative because it is measuring values and data. A bibliographical research was carried out to familiarize oneself with the topic and field research with an interview through a questionnaire with an employee of the company studied. Daily savings of R\$121.61 and annual savings of R\$30,645.72 were

¹ Centro Universitário Salesiano – UniSales. Vitória/ES, Brasil. manuschneidersantos@gmail.com

² Centro Universitário Salesiano – UniSales. Vitória/ES, Brasil. fcarvalho@salesiano.br

obtained by exchanging the diesel fleet for electric vehicles to travel route for this replacement. Calculations were carried out aimed at a more environmental bias with positive results, with a reduction of 70.04 kg in CO₂ emissions due to the use of the fleet on route electrical energy, taking into account the positive hypotheses of reducing costs and releasing CO₂.

Keywords: Electric Vehicle; Economic feasibility; Sustainability; Logistics.

1 INTRODUÇÃO

O modal rodoviário é responsável por cerca de 61,1% do transporte de cargas no Brasil (CNT, 2021). No entanto, mesmo sendo de grande importância para o país, ainda há pouco investimento por parte do governo e principalmente o alto custo para a locomoção dos veículos, como os gastos com combustíveis (Instituto Brasileiro de Geografia e Energia, 2014). Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2023), no mês de agosto do ano de 2023, os preços máximos encontrados nos postos de combustíveis foi R\$ 7,62 de gasolina, R\$6,37 do etanol e R\$ 7,75 do diesel. Com isso, fica evidente que os custos para veículos movidos a combustão estão cada vez mais altos, crescendo a busca por meios de abastecimentos que sejam mais vantajosos para o meio ambiente e economicamente.

Segundo a CNT (2021), as empresas de transporte de cargas são responsáveis por 38,8% da receita operacional líquida e 31,8% do PIB (Produto Interno Bruto) do país. Por estarem em um cenário de grande importância, cada vez mais buscam por vantagens competitivas, que as mantém presente no mercado. Uma forma de alcançar esses objetivos é o investimento em políticas voltadas para a sustentabilidade, como a substituição da frota a combustão por veículos elétricos. Além da diminuição das emissões dos gases de efeito estufa (GEE), também possuem baixo custo para locomoção, já que o preço da tarifa de energia elétrica é muito inferior ao do diesel, por exemplo. E em um cenário de competitividade empresarial, cada vez mais os clientes estão buscando por organizações que possuem inovações voltadas para a preservação do meio ambiente, o que gera uma vantagem a mais para empresa que possui essas ações em seus processos.

O trabalho foi realizado sobre a empresa Alfa, que possui foco no segmento de saúde e beleza. Ela fica localizada na Serra, no Espírito Santo e possui filiais nos estados de Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

O estudo tem como objetivo fazer uma análise de viabilidade econômica para substituição da frota a diesel por elétrica, com o intuito de diminuir os gastos com combustíveis fósseis e da poluição oriundas da combustão. É importante fazer essa substituição, pois a partir do abastecimento de um veículo por meio da energia elétrica, haverá uma diminuição nos gastos gerados pelo abastecimento do caminhão VUC (Veículo Urbano de Carga) com diesel. Além disso, com mais uma inovação sustentável na empresa, a sua visão será melhorada e aumentará a concorrência no mercado, com as políticas de redução de emissões de gases poluentes no processo logístico.

Caso o presente estudo traga resultados positivos, haverá a redução dos custos logísticos, relacionados a troca do combustível por energia elétrica usada nos

veículos, a contribuição para a diminuição das emissões de gases poluente nos processos da empresa e conseqüentemente uma melhor visão da empresa será criada, aumentando sua concorrência no mercado. No entanto, se houver a obtenção de um cenário negativo na análise viabilidade econômica, não haverá a substituição da frota à combustão pela movida a energia elétrica, por conta da ausência de resultados que tragam vantagens na implantação dessa inovação.

Através da coleta de dados da ficha técnica dos veículos, dos valores dos combustíveis e da energia elétrica, será possível fazer uma comparação entre eles e desenvolver uma análise de viabilidade econômica para a substituição da frota. Gerando, com isso, diminuição significativa dos gastos com combustíveis e deixando de eliminar da atmosfera os gases responsáveis pelo efeito estufa.

O trabalho contará com a introdução na primeira seção. Em seguida, a revisão de literatura para trazer mais conhecimento sobre o tema, antes de iniciar a apresentação dos resultados. Na terceira seção será apresentado a metodologia que foi utilizada para desenvolver o trabalho, na quarta seção os resultados e discussões obtidas através da análise e pôr fim a conclusão sobre o estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TRANSPORTE NO BRASIL

O setor de transporte é de grande importância para o Brasil, pois move a economia do país, gerando empregos e movimentando pessoas e cargas. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Energia (IBGE, 2014) o Brasil utiliza 61,1% do transporte rodoviário, 21,0% do ferroviário, 14% do hidroviário e 0,4% do aéreo para o transporte de toda a carga do país.

Mesmo com as evidências desses dados, ainda há deficiência em investimentos na infraestrutura do transporte rodoviário, o que causa impactos para o meio ambiente e para o cidadão. Em um relatório de pesquisa (CNT, 2021), foram comentadas as consequências causadas pela má conservação da malha rodoviária. O aumento da poluição é uma delas, em que considerando somente o diesel, cerca de 956 milhões de litros são usados de forma desnecessária desses trajetos desfavoráveis das estradas. Essa adversidade acaba liberando uma grande quantidade de Dióxido de Carbono (CO₂) a mais na atmosfera, sendo que se as estradas estivessem em boas condições não haveria essa poluição desnecessária.

Além disso, outro problema que é muito recorrente é o desgaste do veículo. Por conta das pistas com muitos buracos e mal padronizadas, ocorrendo avarias nos veículos que geram um gasto maior para o indivíduo e em casos mais graves, os acidentes.

2.2 MODAL RODOVIÁRIO NO BRASIL

Segundo o Observatório Nacional de Transporte e Logística (ONTL, 2022), o sistema rodoviário é o maior e mais importante modal de transporte do Brasil. É por meio dele que circula cerca de 60% das cargas do país, sendo priorizados em transporte de curta distância por causa da dinamicidade e agilidade em relação aos outros.

Dada a relevância do transporte rodoviário, o Brasil possui uma extensão de 1.720.909 quilômetros de rodovias, entre federais, estaduais e municipais. Entretanto, apenas 12,4% dessa extensão é pavimentada e em sua grande maioria com pista simples. A malha rodoviária brasileira sob jurisdição federal possui 121.089 quilômetros de extensão, dos quais somente 54% dessa extensão, 65.686 quilômetros, são pavimentados. (ONTL, 2022)

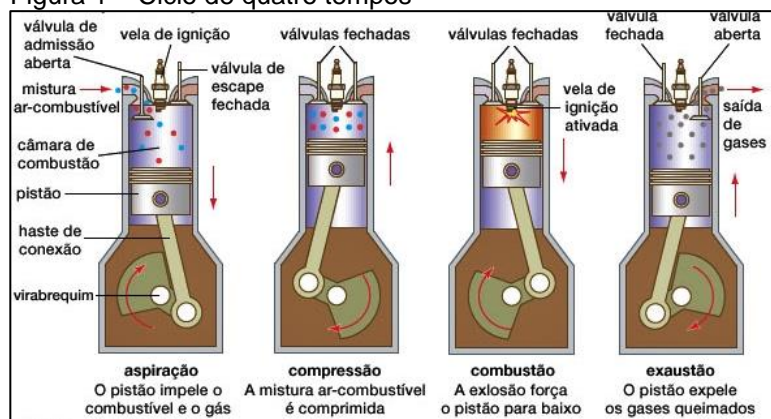
Mesmo possuindo essa extensa malha rodoviária, as estradas permanecem com muitos problemas, como a falta de manutenção, fazendo com que o usuário do veículo, tenha altos custos com investimento em combustíveis e manutenção dos automóveis.

2.2.1 Veículos a combustão

O primeiro veículo a combustão foi desenvolvido pelo alemão Karl Benz no século 19 e permanece até os dias atuais, com mais variedades. Esse tipo de veículo tornou-se o mais utilizado mundialmente, estando presente na rotina das pessoas como meio de locomoção para o trabalho, passeio ou transporte de carga.

Segundo o Taylor (1985), o motor a combustão funciona através da queima de combustível em câmaras de combustão interna. Esse processo transformará energia química em energia mecânica através das etapas do ciclo de combustão do veículo, como mostrado na Figura 1. Inicialmente, há a fase de admissão onde a válvula de admissão é aberta e inserido uma mistura de ar e combustível na câmara interna. Com as válvulas fechadas, o pistão movimenta e comprime a mistura e em seguida ocorre a terceira etapa onde ocorre a combustão. Por fim, há a etapa de exaustão em que após a explosão, o pistão movimenta novamente expelindo os gases gerados pela combustão.

Figura 1 – Ciclo de quatro tempos



Fonte: Web Motors (2023).

Mesmo possuindo uma grande importância para a mobilidade da sociedade, é evidente que os veículos a combustão geram grande impacto para o meio ambiente. De acordo com Cooper (2010), através do processo de combustão, há a liberação de dióxido de carbono (CO₂). Com isso, a grande quantidade de CO₂ na atmosfera pode causar a saúde humana, impactos ao meio ambiente e socioeconômicos, como a

elevação da temperatura terrestre, poluição do ar, acidificação dos oceanos e perdas econômicas por conta de eventos climáticos extremos.

2.2.2 Veículos elétricos

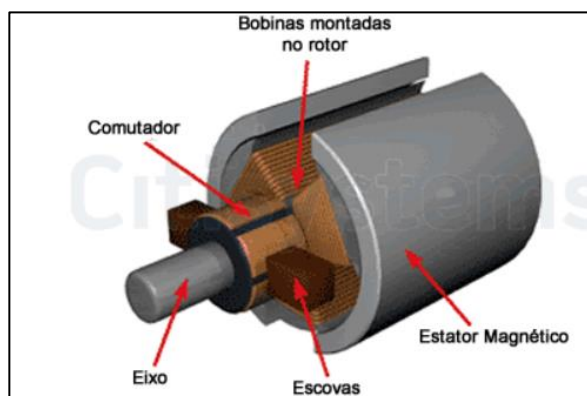
O veículo elétrico foi desenvolvido para substituir os veículos a combustão, com o intuito de diminuir os impactos negativos para o ser humano e o meio ambiente. O motor elétrico funciona basicamente com a conversão da energia elétrica para energia mecânica, fazendo com que os veículos se movimentem somente com baterias e não mais por uso de combustíveis fósseis (Azevedo, 2018).

Segundo Parente *et al.*(2020) há três tipos de veículos elétricos: híbridos, *plug-in* e 100% elétricos. Nos veículos híbridos, a bateria armazena a energia gerada pela frenagem e atua em conjunto com o motor. Já o *plug-in* é similar ao híbrido, porém além de ser alimentado através do sistema de frenagem também pode ser carregado por meio de uma fonte externa. E os veículos totalmente elétricos, funcionam somente com a presença de bateria alimentada por energia elétrica, ou seja, não possui sistema de combustão interna, eliminando a liberação de gases poluentes através do uso de combustíveis fósseis (Bouscayrol, 2009).

Os motores elétricos são compostos basicamente de um estator, que é a parte fixa responsável por conduzir a corrente elétrica, e um rotor, que é a parte girante do motor, transformando a energia elétrica em energia cinética. De acordo com Antunes (2018), os motores mais utilizados em carros elétricos são de corrente contínua (CC) com escova, assíncronos de indução, síncronos de ímãs permanente (PMAC) e de relutância comutada.

No motor de CC escovado, como mostrado na Figura 2, os ímãs que estão no estator geram um campo magnético de única direção e a partir do uso de uma bateria, é passada uma corrente elétrica pelas bobinas presentes no rotor, sendo produzido um campo magnético com polos invertidos em relação ao estator. Esse processo que produz esses polos invertidos, força a parte estática do motor elétrico a girar para alinhar os polos, o que proporciona o movimento do motor.

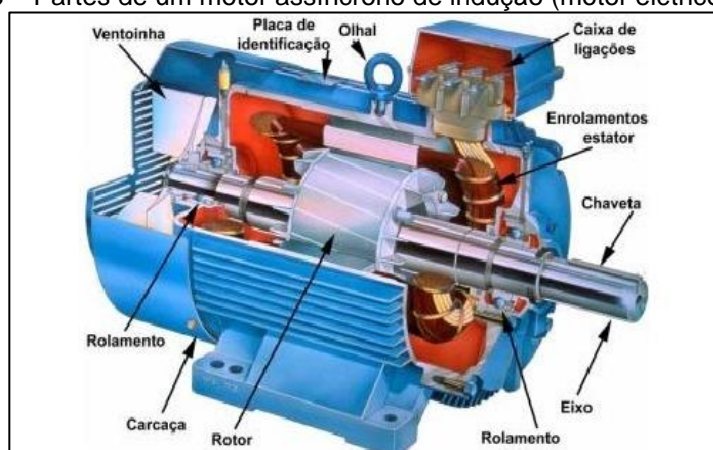
Figura 2 - Composição de um motor de corrente contínua (CC)



Fonte: Cit Systems (2023).

Na Figura 3, há o motor de indução sendo o mais utilizado dos motores de corrente alternada, principalmente por conta da simplicidade e ótimo custo-benefício. O funcionamento se dá a partir de uma corrente alternada no estator, que gera um campo magnético giratório que interage com o rotor, fazendo-o girar seguindo esse campo. O rotor pode ser construído de duas formas: o de gaiola de esquilo que consiste em barras que são fundidas nos anéis, formando uma peça única e o bobinado, que são inseridas bobinas nas ranhuras do rotor (Antunes, 2018).

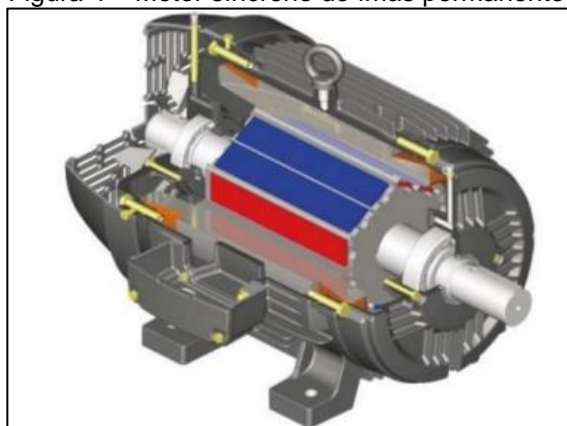
Figura 3 – Partes de um motor assíncrono de indução (motor elétrico trifásico)



Fonte: Portal Eletricista (2023).

Já nos motores síncronos de ímãs permanentes, mostrado na Figura 4, o rotor é composto por ímãs permanentes que atuam em sincronia com a velocidade do campo magnético do estator (Magalhães, 2020). Esse motor está ganhando inserção no mercado por conta da eficiência energética, maior potência e dimensões reduzidas em relação a outros motores (Antunes, 2018).

Figura 4 – Motor síncrono de ímãs permanente



Fonte: Portal Eletricista (2023).

O motor CA de relutância comutada são máquinas caracterizadas por serem simples, robustas e por alcançarem altas velocidades. O rotor movimenta-se para alinhar os polos com o campo magnético da parte fixa do motor e minimizar a relutância

magnética. Esses motores possuem softwares, que auxiliam na identificação da posição do rotor para controlar o campo magnético que o faz girar (Magalhães, 2020)

2.3 ASPECTOS AMBIENTAIS²³

2.3.1 Poluição proveniente da combustão do diesel

O meio mais utilizado para o transporte no dia a dia, são os veículos automotivos e junto a eles a utilização dos combustíveis derivados do petróleo. Destacando-se a gasolina e o diesel, que com a queima deles, ocorre a liberação de gases poluentes como o Óxido de Enxofre, Nitrogênio e Carbono, Dióxido de Carbono e Enxofre. (Bizerra, 2018)

Dependendo das condições e as substâncias em que ocorre a queima do combustível, pode gerar diferentes produtos. Na combustão completa, há a quantidade correta de oxidante e a substância combustível reage integralmente com ela, gerando Dióxido de Carbono (CO₂) e Água (H₂O). Esse é um processo de cenário ideal, que gera uma maior eficiência de energia, com menos desperdício de combustível e menos poluição ambiental.

Já na combustão incompleta, há um suprimento insuficiente de Oxigênio e não ocorre o consumo completo do combustível, produzindo Monóxido de Carbono (CO), Água (H₂O) ou fuligem (C). Nesse caso é o que ocorre em um cenário real, em que há o uso energético de pequena parte do combustível, ou seja, havendo o baixo rendimento do motor. E ainda, a poluição proveniente da queima de uma combustão incompleta é mais impactante do que a completa, já que além da liberação do Dióxido de Carbono, há o Monóxido de Carbono que afeta diretamente a saúde do ser humano, com a interferência na capacidade de transporte do Oxigênio no sangue, causando sintomas de dor de cabeça, tonturas e até mesmo a morte.

Segundo o Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve) P7, os veículos pesados que fazem o uso do diesel, necessitam de sistemas para tratar os gases que são liberados na queima desse combustível. Um desses sistemas, é a utilização da substância Arla 32, que é um líquido a base de ureia. Ele é injetado no escapamento do carro com o objetivo de diminuir a liberação de Óxido de Nitrogênio (NO_x) e no catalizador os NO_x são transformados em Nitrogênio e Água (ANFAVEA, 2012).

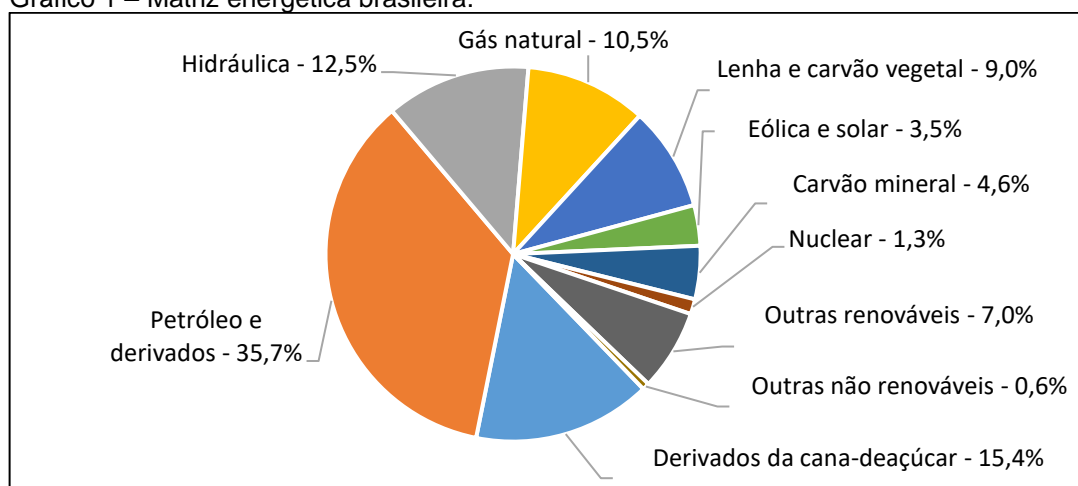
2.3.2. Energia renovável

Atualmente, há a crescente discussão e investimento em energias renováveis, com o intuito de substituir aquelas que no futuro podem entrar em escassez. Além de serem infinitas, possuem um grande potencial sustentável, reduzindo os impactos na biodiversidade e na saúde humana.

Dentre as energias que são renovadas rapidamente pela natureza há a tradicional que é a biomassa primitiva proveniente das lenhas de desmatamento e geram energia térmica. As fontes renováveis convencionais são as de potencial hidráulicos de médio e grande porte, como é o caso das hidrelétricas e geram a hidreletricidade. Já as energias de fontes renováveis novas são divididas entre as de potenciais hidráulicos de pequeno porte, a biomassa “moderno” que são as lenhas replantadas, cana-de-

açúcar e óleos vegetais, maremotriz e das ondas, energia solar, eólica e geotérmica (Goldemberg; Lucon, 2007).

Gráfico 1 – Matriz energética brasileira.



Fonte: EPE Matriz Energética (2023).

De acordo com o Gráfico 1, percebe-se que a energia do petróleo e seus derivados é o predominante, sendo 35,7% de toda a matriz energética do Brasil. Os derivados da cana-de-açúcar e a hidráulica ficam em segundo e terceiro lugar, respectivamente, na matriz brasileira. A partir disso, analisa-se que mesmo com uma fonte não renovável liderando o ranking brasileiro energético, há também a crescente utilização das energias renováveis, com o intuito de diminuir a liberação de gases poluentes e outros impactos na fauna e na flora.

2.5 Valorização do Mercado Sustentável

Diante do crescente impacto da degradação do meio ambiente por parte do ser humano, tem aumentado a quantidade de inovações sustentáveis que as organizações estão implantando em seus processos. Estão cada vez mais buscando implantar processos inovadores e políticas sustentáveis, que tragam benefícios para a permanência e ampliação de sua organização no mercado.

Tabela 1 – Ranking das empresas mais sustentáveis do Brasil.

	Empresa	Setor	Score
1º	HP Brasil Ind. E Com. De Equip. Eletr. Ltda	Informática e Eletroeletrônicos	9,859999999999999
2º	ArcelorMittal Brasil	Metalurgia e Siderurgia	9,75
3º	Gerdau S.A.	Metalurgia e Siderurgia	9,75
4º	Ambev S.A.	Alimentos e Bebidas	9,68
5º	Suzano S.A.	Papel e Celulose	9,68
6º	Lojas Renner S.A.	Varejo	9,59
7º	Vibra Energia S.A.	Atacado	9,56
8º	Ultrapar Participações S/A	Atacado	9,529999999999999
9º	Santos Brasil Participações S/A	Outros	9,470000000000000

10º	DSM Produtos Nutricionais Brasil S/A	Alimentos e Bebidas	9,43
-----	---	---------------------	------

Fonte: Jornal Estadão (2022).

De acordo com matéria em jornal escrito (Estadão, 2022), foi realizado um Ranking Sustentabilidade com as empresas brasileiras. Conforme a Tabela 1, é possível analisar que a HP Brasil, ArcelorMittal Brasil e Gerdau S.A. lideram o ranking das empresas mais sustentáveis do Brasil. São empresas de grande porte que passam uma ótima imagem para o cliente, sendo uma das vantagens que a implantação de políticas sustentáveis traz para a organização. Através da implantação de políticas e processos sustentáveis há a diminuição dos gastos, aumento da produtividade e da competitividade no mercado, por se tratar de uma empresa que procura alinhar os seus objetivos com a diminuição dos impactos ao meio ambiente.

Além disso, existe outro benefício que é disponibilizado para empresas que desenvolvem projetos de inovação e sustentabilidade. A Lei nº11.196/2005, também chamada de Lei do Bem decretada em 07 de junho de 2006, estimulando atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica.

Os benefícios concedidos por meio do art. 19 da Lei 11.196/2005 incluem:

I - Dedução da soma dos dispêndios de custeio nas atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PD&I no cálculo do IRPJ e CSLL, nos seguintes percentuais:

- Até 60%, via exclusão;
- Mais 10%, na contratação de pesquisadores para PD&I (Incremento inferior a 5%);
- Mais 20%, na contratação de pesquisadores para PD&I (Incremento superior a 5%); e
- Mais até 20%, nos casos de patente concedida ou registro de cultivar.

II - Redução de 50% do IPI na aquisição de bens destinados à PD&I;

III - Depreciação Acelerada Integral de bens novos destinados à PD&I;

IV - Amortização Acelerada de bens intangíveis destinados à PD&I; e

V - Redução a zero da alíquota do Imposto de Renda Retido na Fonte (IRRF) nas remessas de recursos financeiros para o exterior destinadas ao registro e manutenção de marcas, patentes e cultivares. (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023)

O Acordo de Paris tem o objetivo de fortalecer a resposta global em relação às mudanças climáticas e com isso, a NDC (*Nationally Determined Contributions*) do Brasil estabeleceu metas que minimizasse esses impactos. De acordo com o painel DNC do Brasil, ficou definido a diminuição de 37% das emissões de gases estufas até 2025 e 43% até o ano de 2030. Com o aumento de empresas que possuem políticas voltadas para a preservação e redução dos impactos ao meio ambiente, é possível que outras organizações também sejam incentivadas a iniciarem uma pegada mais sustentável e contribuir para a meta brasileira da DNC.

2.6 EMPRESA OBJETO DO ESTUDO

No presente trabalho, a empresa objeto de estudo foi dada o nome Alfa por conta necessidade de confidencialidade. Ela foi utilizada como objeto de estudo, a fim de analisar ações voltadas para a sustentabilidade e de possíveis implantações inovadoras. É do ramo de operações logísticas com foco nos segmentos de saúde e beleza, com frota terrestre e aérea, contando com mais de 800 veículos e possui 17 unidades nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo.

A empresa possui grandes investimentos em inovações sustentáveis, que proporciona a diminuição dos impactos ao meio ambiente, diminuição de custos e otimização dos processos, sendo elas:

- O uso de filme *stretch*, como mostrado na Figura 6 o processo de imobilização de carga, onde é feita a substituição desse filme por cintas e capas logística, evitando o uso de cerca de 4,5 toneladas de plástico e diminuindo os custos operacionais. Enquanto filme *stretch* é descartado a cada uso, as cintas e capas podem ser reutilizadas muitas vezes.

Figura 6 – Utilização das cintas e capas para imobilização das cargas



Fonte: ESG Empresa Alfa (2023).

- A implantação dos painéis solares nos caminhões, como mostrado na Figura 7. Esses painéis captam a energia solar para reduzir o consumo de combustíveis dos veículos, auxiliando na refrigeração das cargas e na cabine onde fica o motorista e passageiro, aumentando a durabilidade da bateria. Com essa melhoria, a empresa foi a vencedora do oitavo Prêmio de Sustentabilidade SETCESP & Transporte Moderno em 2021.

Figura 7 – Painéis solares localizado na parte de cima do veículo.



Fonte: ESG Empresa Alfa (2023).

- A substituição do *checklist* no papel pelo *Checklist Fácil*, mostrando na Figura 8 a interface da plataforma para preenchimento do modelo digital, diminuindo o uso de 2.756,99 kg de papel e otimizando o processo de troca de informações.

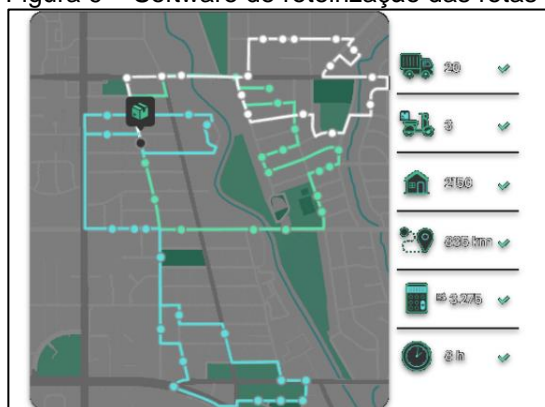
Figura 8 – Tela do processo de preenchimento do *Checklist Fácil*.



Fonte: ESG Empresa Alfa (2023).

- O sistema de roteirização, mostrado na Figura 9, que auxilia no mapeamento das rotas, visando a diminuição do percurso da rota e da quantidade de veículos utilizados, a maximização dos atendimentos e, conseqüentemente, a redução dos gases poluentes, que são lançados na atmosfera por conta desses transportes.

Figura 9 – Software de roteirização das rotas



Fonte: ESG Empresa Alfa, 2023.

- A assinatura digital dos documentos, que traz uma maior otimização e segurança na assinatura, o envio e a aprovação dos documentos. Além de

diminuir a quantidade de papel desperdiçado e a emissão de CO₂ com o transporte do time comercial.

- Projeto em que são realizados treinamentos por meio do uso de óculos de realidade virtual (VR). Isso proporcionou a redução de 205 litros de diesel por ano.
- A Figura 10 mostra imagens das vans elétricas que foram implantadas nas distribuições das cargas, evitando a emissão de cerca de 69.511 Kg de CO₂ na atmosfera, possuindo um maior conforto para os motoristas e pedestres por conta de ser mais silencioso e não necessita de muitas manutenções.

Figura 10 – Vans 100% elétricas da empresa



Fonte: ESG Empresa Alfa (2023).

- Renovação da frota por veículos que atendem as novas legislações de emissão (Proconve L7) e garantem até 8% de economia de combustível e 2% de redução de CO₂.

Essas são somente algumas das ações que a empresa possui para a diminuição da sua poluição no meio ambiente. Pois além das citadas, existem ações voltadas para a governança e o social, completando a prática de análise corporativa ESG (*Environmental, Social and Governance*).

3 METODOLOGIA

O trabalho é de caráter exploratório, pois está verificando a situação de diminuição dos gastos com a frota de veículos urbano de carga e os impactos ao meio ambiente. É descritiva, pois há o detalhamento do problema e está propondo soluções para mitigar os gastos e a liberação de gases poluentes. Além disso, é quantitativa em função das medições de valores e dados e qualitativa por conta do processo comparativo das informações do trabalho.

Para dar início ao estudo, foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto do transporte no Brasil, com foco em veículos elétricos, sustentabilidade e análise econômica, para desenvolver maior familiaridade com o tema.

De acordo com os estudos acadêmicos e as tendências de mercado, houve o interesse em desenvolver esse estudo. Através de contatos profissionais, foi indicado a empresa Alfa, que foi dado esse nome por necessitar de confiabilidade. Essa é uma empresa que possui veículos que fazem o uso de inovações para diminuir os impactos no meio ambiente, gerado pelo seu processo de locomoção e relaciona-se

com as demandas do mercado. Além disso, é uma empresa que demonstra interesse em investir em projetos sustentáveis.

Foi realizada uma pesquisa de campo com um funcionário da empresa. Através do aplicativo mobile *WhatsApp*, foi possível fazer a aplicação do questionário como meio de obtenção de dados e usado o *software Microsoft Excel*, para representação dos dados que estão evidenciados no Quadro 1. Além disso, foi utilizada a ferramenta *Google Maps* para mostrar e calcular o percurso da rota analisada no trabalho.

Quadro 1 – Questionário sobre a empresa Alfa

QUESTIONÁRIO	
Quais os tipos de veículos que utilizados?	Usamos Vuc, Van, Fiorino, 3/4, toco, <i>truck</i> e carreta para fazer a distribuição dentro dos estados que atendemos. Para transferência entre os estados usamos somente <i>truck</i> e carreta.
Utiliza veículos elétricos? Se sim, qual (s) modelo(s)?	Sim, cinco vans elétricas utilizadas somente na distribuição dentro de SP e RJ.
Como funciona o carregamento das baterias na empresa e durante as rotas?	A bateria é carregada durante a noite, para elas trabalharem de dia. Não fazemos transferências entre estados devido os poucos pontos de carregamentos de baterias e ao tempo para o processo acontecer, atrasaria muito a viagem.
Utiliza caminhões VUC? Se sim, tem algum modelo específico?	Sim, normalmente são Vuc das marcas Iveco e Ford.
Qual uma das rotas que utilizam dentro do Espírito Santo?	Tem um Vuc que sai da base que fica no Tims, faz a rota de Jacaraípe, Nova Almeida vai até Aracruz, faz Ibirapu, Fundão, João Neiva e volta para a empresa pela BR-101.
Quais inovações que contribuem com a sustentabilidade?	A utilização de veículos elétricos (vans), caminhões com placas solares que captam energia que sustenta a bateria e ajudam nos veículos que são refrigerados.

Fonte: Elaboração própria (2023).

Através dessa ferramenta, houve a troca de informações sobre os veículos a combustão e elétricos que são utilizados, ações sustentáveis que já ocorrem na empresa e outras informações que agregam para uma análise mais aprofundada da organização. É visado por meio da obtenção dessas informações, o aprimoramento da gestão do processo de utilização dos veículos de transporte de carga. Após a coleta e tratamento dos dados, foi dado início às aplicações dos cálculos para comparação do consumo e gastos dos veículos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do questionário do Quadro 1, foi possível colher dados que são de grande importância para iniciar os cálculos, a fim de analisar a viabilidade econômica da substituição dos veículos a diesel por elétricos. Foi observado que, de veículos

elétricos, a empresa utiliza somente vans no processo de transporte, porém possui capacidade reduzida comparada a um caminhão do tipo VUC (Veículo Urbano de Carga). Logo percebe-se que pode ser feita uma análise para o uso de um veículo elétrico com capacidade de carga maior.

A partir das informações adquiridas através da entrevista, foi comentado que, na empresa localizada no município Serra no Espírito Santo, é utilizado somente o caminhão VUC da marca Iveco. Primeiramente, foi feita uma pesquisa para analisar o modelo de caminhão elétrico que se encaixe nos quesitos de baixo custo de investimento, alta autonomia e ser de um modelo de caminhão tipo VUC. Foram analisados dois modelos de veículos urbanos de carga elétrico, sendo eles o iEV350T da marca JAC Motors e o e-Delivery da Volkswagen.

Tabela 2 - Comparação dos dois modelos de caminhão VUC 100% elétricos.

	Modelos	
	JAC iEV350T	e-Delivery
Marca	JAC Motors	VolksWagen
Preço	R\$ 313.000,00	R\$ 780.000,00
Autonomia (km)	265	250

Fonte: Elaboração própria (2023).

Na Tabela 2 é mostrada a marca, a autonomia e o preços aproximados dos veículos, por possuírem outras variações. Através dessas informações, foi possível chegar à escolha final que é o IEV350T. Esse veículo possui a autonomia próxima ao da Volkswagen e uma diferença de R\$467.000,00 em relação ao concorrente. Evidenciando assim, um ótimo custo-benefício e sendo mais similar ao modelo a diesel da marca Iveco, que já é utilizado pela empresa.

Tabela 3 - Comparação entre o veículo elétrico e outro a combustão.

	IVECO DAILY 35-160	JAC iEV350T
Valor (R\$)	R\$ 329.900,00	R\$ 313.000,00
Capacidade de carga	1525 kg	1960 kg
Tipo de motor	Motor a diesel com 4 cilindros, 3,0, 160 cv	Motor elétrico a bateria LFP
Potência máxima	160 cv	150 cv
Torque Máximo	380 Nm	350 Nm
Aceleração 0-50 km/h	-	8,5s
Aceleração 0-100 km/h	22s	-
Velocidade Máxima	128 km/h	100 km/h

Combustível	Diesel	-
Consumo de combustível	8 km/L	-
Consumo de energia	-	0,18KWh/km
Capacidade total da bateria	-	55,3 kWh
Capacidade do tanque de combustível	90 L	-
Capacidade do tanque de Arla 32	17 L	-
Autonomia NEDC	-	265 km
Autonomia até ECO 60 km/h	-	325 km
Largura	2429 mm	1626 mm
Comprimento	5894 mm	5360 mm
Altura	2285 mm	2000 mm
Entre eixos	3520 mm	2850 mm
Peso Bruto Total (PBT)	4400 kg	3750 kg

Fonte: Elaboração própria (2023).

Dentre as informações da Tabela 3, as que serão usadas para analisar a viabilidade econômica são a capacidade dos tanques e da bateria, os valores de compra e o consumo em km/L e em KWh/km. O preço médio do diesel no estado do Espírito Santo é R\$5,46 por litro, obtido por meio de dados da Petrobrás dentro do período de 13 de agosto a 19 de agosto de 2023 e o valor médio do Arla 32 é R\$ 4,00. Antes de iniciar as equações, pode-se fazer uma breve comparação entre o consumo dos dois veículos, em que para o elétrico percorrer 8 km gastaria somente R\$1,00 e o veículo a diesel gastaria R\$5,46. Já de início é observado uma visível vantagem econômica por parte do veículo elétrico.

Para analisar a viabilidade da substituição da frota, iniciou os cálculos referente a capacidade total da bateria e do tanque de diesel, para mostrar de uma forma geral os gastos sem interferência de rotas. O gasto total do veículo a combustão é determinado pela equação:

$$GT_{VC} = (Val_{L \text{ do diesel}} \times CT_{diesel}) + (Val_{L \text{ do Arla 32}} \times CT_{Arla 32}) \quad (1)$$

$$GT_{VC} = (5,46 \times 90) + (4,0 \times 17) = 491,40 + 68 = R\$ 559,40 \quad (2)$$

Sendo:

GT_{VC} : gasto total em reais do veículo a combustão

$Val_{L \text{ do diesel}}$: valor em reais do litro do diesel

$Val_{L \text{ do Arla 32}}$: valor em reais do litro do Arla 32

CT_{diesel} : capacidade total do tanque de diesel

$CT_{Arla\ 32}$: capacidade total do tanque de Arla 32

Na equação 1 e 2 é mostrado a multiplicação do preço e da capacidade do tanque de diesel no VUC, mais o produto do preço e da capacidade do tanque de Arla 32, obtendo-se R\$ 559,40 como o gasto total para completar os dois tanques do veículo a combustão.

Após realizado os cálculos com os dados do veículo a combustão, é preciso fazer o mesmo com o veículo elétrico, para dar sequência ao processo de comparação. Para isso, inicialmente foi obtido dos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, a média de R\$0,698 da tarifa de energia no Espírito Santo (ES) e observado a capacidade total da bateria que é 55,3 KWh. Foi dado continuidade nos cálculos como mostrado na expressão:

$$GT_{VE} = Val_{KWh} \times CT_{bateria} \quad (3)$$

$$GT_{VE} = 0,698 \times 55,3 = R\$ 38,60 \quad (4)$$

Sendo:

GT_{VE} : gasto total em reais do veículo elétrico

Val_{KWh} : Valor da tarifa em KWh no ES

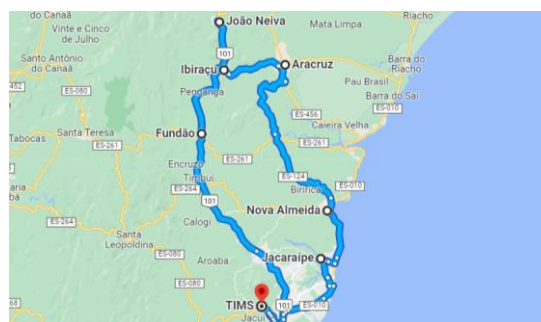
$CT_{bateria}$: capacidade total da bateria

Onde Val_{KWh} é o valor da tarifa em KWh no ES e $CT_{bateria}$ é a capacidade total da bateria em KWh, obtendo o GT_{VE} que é o gasto total em reais para carregar por completo uma betaria do veículo elétrico, sendo esse valor de R\$ 38,60. Observa-se que em uma comparação dos dois veículos, há uma diferença de custo de R\$ 520,80.

Depois de fazer um levantamento geral do gasto para alimentar por completo os veículos, foi realizado uma análise possuindo como base uma rota específica. A rota X foi disponibilizada pela empresa estudada, com o trajeto iniciando no Terminal Industrial Multimodal da Serra (TIMS), passando pelas cidades capixabas Jacaraípe, Nova Almeida, Aracruz, Ibiracú, Fundão, João Neiva e retornando para o Tims pela BR-101.

Como não foi disponibilizado a rota específica, mas somente o nome das cidades que fazem parte do trajeto, foi utilizado o *Google Maps*. Nele foi colocado o nome das cidades em uma sequência lógica para que calculasse o menor caminho no total, como mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Rota de transporte da empresa Alfa



Fonte: Google Maps (2023).

De acordo com o site *Google Maps*, a rota X possui no total 209 km de trajeto. A partir dessa informação, foi possível fazer os cálculos do consumo dos veículos sem considerar fatores externos, como paradas e outros gastos que podem acarretar custos a mais do que considerados para percorrer exclusivamente a quilometragem da rota. Foi feito os cálculos de consumo do diesel e do Arla 32:

$$\text{Consumo rota}_{diesel} = \frac{Km_{rota X}}{\text{Consumo}_{diesel}} \quad (5)$$

$$\text{Consumo rota}_{diesel} = \frac{209}{8} = 26,13 \text{ l} \quad (6)$$

Onde $Km_{rota X}$ é a quilometragem total da rota X, Consumo_{diesel} é a quantidade de litros de diesel que o Iveco Daily consome para percorrer 1 km e o $\text{Consumo rota}_{diesel}$ é o consumo de litros de diesel consumido para percorrer a rota X. E é feito o mesmo processo para calcular o consumo de Arla 32, considerando o consumo de 5% do consumo de diesel:

$$\text{Consumo rota}_{arla 32} = \text{Consumo rota}_{diesel} \times \text{Consumo}_{Arla 32} \quad (7)$$

$$\text{Consumo rota}_{arla 32} = 26,13 \times 0,05 = 1,31 \text{ l} \quad (8)$$

Onde $\text{Consumo rota}_{diesel}$ é a quantidade de litros de diesel consumidos para percorrer os 209 km da rota X, $\text{consumo rota}_{diesel}$ são quantos litros utiliza de diesel e $\text{Consumo rota}_{arla 32}$ é o consumo do produto Arla 32 na rota X. No caminhão VUC, o consumo de diesel é de 8 km/L e de Arla 32 é 5% do consumo do diesel. Nas equações 6 e 8 são mostrados o consumo de diesel na rota, 26,13 litros, e o de Arla 32 que é 1,31 litros. A partir dos resultados adquiridos com as equações 6 e 8 foi calculado o gasto total do veículo a combustão:

$$GT_{VC(rota X)} = (\text{Consumo rota}_{diesel} \times \text{Val}_L \text{ do diesel}) + (\text{Consumo rota}_{arla 32} \times \text{Val}_L \text{ do Arla 32}) \quad (9)$$

$$GT_{VC(rota X)} = (26,13 \times 5,46) + (1,31 \times 4) = R\$ 147,91 \quad (10)$$

De acordo com as expressões 9 e 10, o $GT_{VC(rota X)}$ que é o gasto total do veículo a combustão na rota, é de R\$ 147,91. Sendo alcançado por meio do produto do consumo de diesel pelo valor médio do diesel no ES, mais o consumo de Arla 32 multiplicado pelo preço dele. E foi realizado o mesmo processo para calcular o gasto do veículo elétrico na rota, iniciando com o cálculo do consumo de KWh:

$$\text{Consumo rota}_{KWh} = Km_{rota X} \times \text{Consumo}_{KWh} \quad (11)$$

$$\text{Consumo rota}_{KWh} = 209 \times 0,18 = 37,62 \text{ KWh} \quad (12)$$

Onde $\text{Consumo rota}_{KWh}$ é o consumo de KWh do veículo durante todo o percurso da rota X, $Km_{rota X}$ a distância total em Km da rota X, Consumo_{KWh} é o consumo do veículo de KWh usado para percorrer 1 Km e a partir do resultado da equação 12, é necessário 37,62 KWh para percorrer a rota X. E foi utilizado a expressão para descobrir o gasto total do veículo elétrico:

$$GT_{VE(rota X)} = \text{Val}_{KWh} \times \text{Consumo rota}_{KWh} \quad (13)$$

$$GT_{VE(rota X)} = 0,698 \times 37,62 = R\$ 26,26 \quad (14)$$

Sendo $GT_{VE(rota X)}$ o gasto total em reais para utilização do VE na rota X, Val_{KWh} o valor em reais da tarifa do KWh e $Consumo_{rota KWh}$ é o consumo de KWh utilizado na rota X. De acordo com a equação 14, para percorrer a rota X é gasto um total de R\$ 26,26. Após realizado todos os cálculos para achar o valor gasto para os dois modelos de veículos na rota, é possível fazer uma análise comparativa entre eles como mostrado na equação abaixo:

$$Economia_{rota X} = GT_{VC(rota X)} - GT_{VE(rota X)} \quad (15)$$

$$Economia_{rota X} = 147,91 - 26,26 = R\$121,65 \quad (16)$$

Com a substituição do veículo a combustão pelo elétrico, há uma economia, representado por $Economia_{rota X}$, de R\$121,65, ou seja, reduzindo 82,25% dos gastos com alimentação do veículo.

Outro ponto que é colocado em análise, é o *payback* do investimento para compra do veículo elétrico, em que será considerada a economia gerada pela alteração da fonte de alimentação do caminhão sendo o ganho no período. Será utilizado a economia gerada na rota X, em um período anual de 252 dias úteis representado por $Economia_{Ano}$, como mostrada no cálculo:

$$Economia_{Ano} = Economia_{rota X} \times \text{Dias úteis anual} \quad (17)$$

$$Economia_{Ano} = 121,65 \times 252 = R\$30.655,80 \quad (18)$$

E após, encontrado a economia anual, foi realizado o cálculo do *payback* do investimento:

$$Payback_{VE} = \frac{\text{Investimento inicial}}{Economia_{Ano}} \quad (19)$$

$$Payback_{VE} = \frac{313.000}{30.655,80} = 10,21 \text{ anos} \quad (20)$$

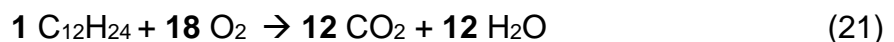
Para fins de cálculo do *payback*, ficou definido que os veículos elétricos fariam a rota X todos os dias, considerando somente os gastos para esse percurso, já que foi disponibilizado somente essa rota. Com o resultado da equação 18, foi obtido como resultado uma economia de R\$ 30.645,72 por ano. Já na equação 20 fica evidenciado que o *payback* do veículo elétrico é de 10,21 anos, em que foi feita a divisão do investimento inicial do veículo, que é R\$ 313.000,00 pela economia anual da alimentação do VE, sendo R\$ 30.645,72. Esse prazo também pode diminuir consideravelmente com a utilização de outras formas de lucro da empresa. Com o intuito de realizar um cálculo superficial, para que seja possível evidenciar a possibilidade de pagamento do investimento por meio das economias, foi considerado somente o valor de compra do veículo.

Além disso, um terceiro ponto pode ser observado, que é o viés ambiental. Em que com a utilização de uma energia renovável no abastecimento do veículo será minimizado a liberação de CO₂ na atmosfera. Na queima do diesel há a liberação de alguns gases e materiais particulados como Monóxido de Carbono, Enxofre, Carbono

e Nitrogênio, no entanto será somente analisado, a liberação do CO₂ no presente estudo.

O diesel usado no caminhão VUC é o S10, que possui uma quantidade muito baixa de Enxofre em sua composição, sendo mais limpo que outros tipos de diesel e causa menor poluição para o meio ambiente e o ser humano. No entanto, para fins de cálculos mais tangíveis e assertivos, será apresentado o diesel anidro que é totalmente puro e não haverá aditivos na composição que possa modificar a formulação química durante o processo de combustão.

Para iniciar a identificação da quantidade de Dióxido de Carbono (CO₂), que é liberado na rota de transporte com o caminhão VUC, foi feito o balanceamento da equação química da combustão completa do diesel anidro:



Com o balanceamento a partir da queima de 1 mol de C₁₂H₂₄ (diesel anidro) com 18 mols de Oxigênio (O₂), é gerado 12 mols de Dióxido de Carbono e 12 mols de Água. A partir desses valores é possível iniciar os cálculos da quantidade de CO₂ e H₂O, porém primeiramente é encontrado a massa do diesel utilizado:

$$m_{\text{C}_{12}\text{H}_{24}} = d \times v \quad (22)$$

$$m_{\text{C}_{12}\text{H}_{24}} = 0,853 \text{ g/cm}^3 \times 26125 \text{ cm}^3 = 22.284,63 \text{ g} \quad (23)$$

Onde, $m_{\text{C}_{12}\text{H}_{24}}$ é a massa do diesel anidro, d e v são a densidade em g/cm³ e o volume em cm³ diesel anidro respectivamente. E a seguir foi realizado a equação:

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{C}_{12}\text{H}_{24}} \times PM_{\text{CO}_2}}{PM_{\text{C}_{12}\text{H}_{24}}} \quad (24)$$

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{\left(\frac{22.284,63 \times (12 \times 44)}{(1 \times 168)} \right)}{1000} = 70,04 \text{ kg} \quad (25)$$

Sendo:

m_{CO_2} : massa em gramas da quantidade de CO₂ gerado na queima de 22.284,63 g de C₁₂H₂₄

$m_{\text{C}_{12}\text{H}_{24}}$: massa de diesel anidro queimado na rota X

PM_{CO_2} : peso molecular em massa atômica do CO₂

$PM_{\text{C}_{12}\text{H}_{24}}$: peso molecular em massa atômica do C₁₂H₂₄

E para complementação dos cálculos foi feito a mesma equação para achar a quantidade de Água liberada na queima do diesel anidro:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{C}_{12}\text{H}_{24}} \times PM_{\text{H}_2\text{O}}}{PM_{\text{C}_{12}\text{H}_{24}}} \quad (24)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\left(\frac{22.284,63 \times (12 \times 18)}{(1 \times 168)} \right)}{1000} = 28,65 \text{ kg} \quad (25)$$

Sendo:

m_{H_2O} : massa de Água liberado na rota X

$m_{C_{12}H_{24}}$: massa de diesel anidro queimado na rota X

PM_{H_2O} : peso molecular em massa atômica do H_2O

$PM_{C_{12}H_{24}}$: peso molecular em massa atômica do $C_{12}H_{24}$

Com isso, na queima de 26,125 litros de diesel, que é a quantidade utilizada na rota X, são liberados aproximadamente 70,04 kg de Dióxido de Carbono e 28,65 kg de Água. E com a implantação de veículos elétricos não haverá mais a liberação dessa quantidade de CO_2 e conseqüentemente de uma quantidade maior ainda pois o caminhão será usado em outras rotas também.

Para fins de esclarecimento e não gerar futuras dúvidas, foi observado que não é necessário incluir o Arla 32 nos cálculos químicos sobre a liberação de CO_2 . Esse produto é um agente redutor líquido automotivo, composto por água desmineralizada e 32% de ureia, em que a Amônia (NH_3) reage com as moléculas de NO_x (Óxido de Nitrogênio) e libera Água e Nitrogênio (Rodrigues, 2019). No entanto, esse produto é liberado no catalizador do veículo, processo a qual ocorre após a queima do diesel no motor. Por conta disso e de atuar somente nas moléculas de Óxido de Nitrogênio, não será analisado o uso do Arla 32 neste trabalho.

A partir do processo da análise econômica da substituição da frota e química da queima do diesel, foi obtido respostas positivas que indicam que a substituição da frota a combustão pelo elétrico é vantajosa.

Tabela 4 – Resumo dos resultados encontrados no estudo de viabilidade econômica

	VC	VE
Valor para abastecimento completo do veículo	R\$ 559,40	R\$ 38,60
Valor para percorrer a rota X	R\$ 147,91	R\$ 26,26
Economia da substituição da frota para VE na rota X		R\$ 121,65
Economia anual (252 dias úteis)		R\$ 30.655,80
Emissão de CO_2 usando o VE		- 70,04 kg

Fonte: Elaboração própria (2023).

Por meio da Tabela 4 é possível observar uma síntese dos resultados obtidos durante o estudo, sendo os valores para abastecer completamente os VC e VE, os valores em reais para cada tipo de veículo percorrer a distância da rota X, a economia com uso do VE percorrendo a rota X diariamente e anual nessa mesma rota, respectivamente R\$ 121,65 e R\$ 30.655,80 e a quantidade de 70,04 kg de CO_2 que será deixado de emitir para a atmosfera com a substituição da frota a diesel pelos veículos elétricos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foi abordado uma análise de viabilidade econômica da substituição da frota a diesel por movida a energia elétrica, apresentando resultados econômicos e da diminuição das emissões de Dióxido de Carbono.

Inicialmente foi realizado um estudo teórico sobre os temas abordados como o transporte no Brasil, o modal rodoviário, veículos a combustão e elétricos, poluição oriunda da queima do diesel, energia renovável, a valorização do mercado sustentável e sobre a empresa objeto de estudo, voltada para as inovações sustentáveis que possui implantadas em seus processos. A empresa estudada foi denominada como Alfa, por conta da sua confidencialidade. Ela é do ramo de operações logísticas do setor de saúde e beleza e possui práticas inovadoras voltadas para a diminuição dos seus impactos ao meio ambiente.

Após esse estudo teórico e aplicação de um questionário com um funcionário para colher mais informações, foram realizadas as devidas análises e cálculos, obtendo resultados positivos para a implantação de caminhões VUC 100% elétricos. Para o abastecimento total dos veículos a combustão e elétrico há um gasto respectivamente de R\$ 559,40 e R\$ 38,60 e realizando esses cálculos possuindo como base a rota X que possui uma distância total de 209 km, os gastos obtidos foram de R\$ 147,91 para o caminhão VUC a combustão e R\$ 26,26 para o elétrico. Baseando-se que a rota é percorrida uma vez por dia e substituindo por VE, há uma economia de R\$ 121,65 e anualmente de R\$30.655,80 considerando 252 dias úteis. Proporcionalmente ao uso do VE na rota, haverá a diminuição da emissão de 70,04 kg de CO₂ com a troca por veículos elétricos e a possibilidade de *payback* em 10,21 anos somente utilizando a economia gerada pela substituição. Com isso, foi alcançado o objetivo do trabalho e a hipótese positiva dos resultados. Ficando evidente que é vantajoso a realização da substituição da frota por caminhões VUC elétricos, em que haverá a diminuição dos gastos com abastecimento e das emissões de gases poluentes no meio ambiente, aumento da concorrência da empresa no mercado e a possibilidade de *payback* do investimento, através da economia com a substituição do meio de abastecimento do veículo.

Através deste trabalho, foi possível adquirir maiores conhecimentos relacionados ao transporte rodoviário, sua importância para o país e alternativas inovadoras que trazem mais benefícios para o meio ambiente, o ser humano e para a área econômica da organização. Além disso, por meio dele foram aperfeiçoadas habilidades de análise e coleta de dados, cálculos químicos e de viabilidade econômica, possibilitando provar teoricamente que há a possibilidade de haver redução de custos e colocar a organização em uma posição positiva em relação às emissões de gases poluentes.

Mesmo com o crescimento dos incentivos para o uso de veículos elétricos no Brasil, ainda são poucos os estudos voltados para questões que proporcionariam um melhor uso dessa nova tecnologia. Como sugestão para pesquisas futuras, é importante fazer análise sobre os pontos de carregamento de veículos elétricos no território brasileiro e um estudo de viabilidade de implantação desses postos para que seja possível utilizar o veículo elétrico em percursos mais longos que a sua autonomia alcança. Outra questão a ser abordada seria um estudo econômico mais aprofundado, considerando os gastos com manutenção dos veículos urbanos elétricos de carga, taxas e impostos, analisar a vida útil das baterias e seu descarte, acessórios para o

veículo e o desenvolvimento de modelos mais eficientes e duráveis que sejam possíveis realizar recargas mais rápidas das baterias.

REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, **Ranking da tarifa residencial**. Disponível em: <<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/rankingtarifas>> Acesso em: 22 ago. 2023.

ANFAVEA. **Diesel e emissões**: a nova legislação de 2012. Disponível em http://www.afeevas.org.br/downloads/cartilha_anfavea_proconve_p7.pdf. Acesso em 15 jul. 2014.

AZEVEDO, Marcelo Henrique de. **Carros elétricos**: viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro. 2018.

BERMANN, Célio. **Crise ambiental e as energias renováveis**. Ciência e Cultura, v. 60, n. 3, p. 20-29, 2008.

BIZERRA, Ayla Márcia Cordeiro; DE QUEIROZ, Jorge Leandro Aquino; COUTINHO, Demétrios Araújo Magalhães. **O impacto ambiental dos combustíveis fósseis e dos biocombustíveis: as concepções de estudantes do ensino médio sobre o tema**. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), v. 13, n. 3, p. 299-315, 2018.

BRAGA, Alfesio et al. **Poluição atmosférica e saúde humana**. Revista USP, n. 51, p. 58-71, 2001.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **O que é Lei do Bem**. [Brasília]: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 25 mai. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/lei-do-bem/paginas/o-que-e-a-lei-do-bem#:~:text=Atualmente%20a%20Lei%20do%20Bem,produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20bens%20e%20servi%C3%A7os>> Acesso em: 12 set. 2023.

BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão** Interna-Vol. 1. Editora Blucher, 2018.

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de; FERREIRA, Tiago Toledo. **Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades**. BNDES Setorial, n. 32, set. 2010, p. 267-310, 2010.

CATTO, André. **Preço médio da gasolina sobe a R\$ 5,88 nos postos e atinge maior patamar em mais de um ano, mostra ANP**. G1, 25 ago. 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2023/08/25/preco-medio-da-gasolina-sobe-a-r-588-nos-postos-e-atinge-maior-patamar-em-mais-de-um-ano-mostra-anp.ghtml>> Acesso em: 29 ago. 2023.

CHAN, Ching Chuen; BOUSCAYROL, Alain; CHEN, Keyu. **Electric, hybrid, and fuel-cell vehicles: Architectures and modeling**. IEEE transactions on vehicular technology, v. 59, n. 2, p. 589-598, 2009.

CNT-Confederação Nacional do Transporte, **Falta de infraestrutura das rodovias brasileiras gera impactos no meio ambiente em 2021**. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/falta-de-infraestrutura-das-rodovias-brasileiras-gera-impactos-no-meio-ambiente>> Acesso em: 31 ago. 2023.

COOPER, C. David; ALLEY, Forrest Christopher. **Air pollution control: A design approach**. Waveland press, 2010.

DE GOIS PARENTE, Cecília et al. Estratégias para mitigar a emissão de poluentes no setor de carros particulares. In: **Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2020.

DRUMM, Fernanda Caroline et al. **Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, p. 66-78, 2014.

EPE. **Matriz energética e elétrica**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso em: 8 set. 2023.

ESTADÃO, **Qual foi o primeiro carro do mundo?** 19 out. 2022. Notícia. Disponível em: <<https://summitmobilidade.estadao.com.br/carros/qual-foi-o-primeiro-carro-do-mundo/>> Acesso em: 5 set. 2023.

ESTADÃO, **Ranking Sustentabilidade em 2022**. Disponível em: <<https://publicacoes.estadao.com.br/empresasmais/ranking-sustentabilidade/>> Acesso em: 11 set. 2023.

FOGAÇA, Jennifer. **Combustão completa e incompleta**. Manual da química, 2015. Disponível em: <<https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/combustao-completa-incompleta.htm>> Acesso em: 8 set. 2023.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energias renováveis: um futuro sustentável**. Revista Usp, n. 72, p. 6-15, 2007.

IBGE – Instituto de Geografia e Estatística. **Logística dos Transportes**. Rio de Janeiro: IBGE. 2014.

MAGALHÃES, Jéssica de Lourdes Almeida; NOGUEIRA, Fernando José. **Carros Elétricos e Uso Eficiente de Baterias**. Caderno de Estudos em Engenharia Elétrica, v. 2, n. 2, 2020.

NEGRI, Fernanda. **Política tributária e incentivo a tecnologias sustentáveis: o Brasil na contramão?** [Brasília]: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 13 jul. 2022. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de>>

conteudo/artigos/artigos/309-politica-tributaria-e-incentivo-a-tecnologias-sustentaveis-o-brasil-na-contra-mao> Acesso em: 11 set. 2023.

NOCE, Toshizaemom. **Estudo do Funcionamento de Veículos Elétricos e Contribuições ao Seu Aperfeiçoamento**. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Encontrado em <http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EngMecanica_NoceT_1.pdf>. Acesso em, v. 10, 2009.

ONTL – Observatório Nacional de Transporte e Logística. **Boletins de Logística**. Brasília: ONTL. 2016.

PETROBRAS; **Como são formados os preços**. Disponível em: <<https://precos.petrobras.com.br/web/precos-dos-combustiveis/w/diesel/es>> Acesso em: 21 ago. 2023.

RODRIGUES, Eduardo. **Manutenção e eficácia do sistema SCR para reduzir os níveis de emissão de poluentes, provenientes de motores a diesel em 2019**. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário UNIFACVEST, Lages, 2019.

TAYLOR, Charles Fayette. **Internal Combustion Engine in Theory and Practice, revised**, Volume 2: Combustion, Fuels, Materials, Design. MIT press, 1985.

VONBUN, Christian. **Impactos ambientais e econômicos dos veículos elétricos e híbridos plug-in: uma revisão da literatura**. 2015.