

**COMPARING THE TOTAL COST OF OWNERSHIP OF ELECTRIC TRUCKS VS.
DIESEL: A CASE STUDY INSPIRED BY AMBEV****COMPARANDO O CUSTO TOTAL DE PROPRIEDADE DE CAMINHÕES ELÉTRICOS VS.
DIESEL: UM ESTUDO DE CASO INSPIRADO NA AMBEV****TAIZA CRISOSTIMO FERREIRA DE ANDRADE**

<https://orcid.org/0009-0004-0547-2127> / <https://lattes.cnpq.br/2337842425146575> / taicrisostimo2015@gmail.com
Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil

LUCI LONGO

<https://orcid.org/0000-0001-9648-7236> / <http://lattes.cnpq.br/4628145703727705> llongo@unicentro.br
Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná, Guarapuava, Paraná, Brasil

Recebido em: 14/12/2023.

Aprovado em: 07/01/2024.

Publicado em: 28/01/2024.

**RESUMO**

Este trabalho destaca a importância no contexto atual da análise do Custo Total de Propriedade, ou *Total Cost Ownership* (TCO) para avaliar investimentos que trazem um certo grau de complexidade. A divulgação da Cia Ambev de substituir parte de sua frota de entrega (*Truck-Diesel*) pelo modelo *e-Delivery* (100% elétrico) foi o principal estímulo para a proposição do modelo de análise. O objetivo do trabalho consiste em desenvolver um instrumento de análise e avaliação de opções de investimentos para caminhões (*delivery*) no ramo de bebidas, com base no TCO. Apresenta um modelo quantitativo de mensuração e análise do caso com informações públicas, disponibilizadas pela própria empresa e outras fontes de órgãos oficiais. Dessa forma foram analisados o ciclo total dos custos para as duas categorias estudadas. No cálculo do TCO foram verificados diversos componentes que envolvem a aquisição, o uso e a manutenção destes caminhões. Os resultados apontaram que apesar do valor de aquisição do caminhão elétrico custar aproximadamente 70% acima do modelo *diesel*, os custos do modelo elétrico possuem patamares mais baixos, portanto pode levar a uma compensação no período total analisado. Evidenciou-se também que apesar do TCO do veículo convencional ainda representar financeiramente um valor menor do *e-delivery*, o indicador percentual do TCO do elétrico é 58% a menos que do *diesel*. A principal restrição diz respeito a ausência de dados históricos no Brasil do modelo elétrico para análises comparativas. Em futuras pesquisas sugere-se o detalhamento dos benefícios não financeiros associados aos caminhões elétricos e sobre incentivos governamentais.

Palavras-chave: caminhão elétrico; custo total de propriedade; gastos e-veículos; gestão estratégica de custos; sustentabilidade;

ABSTRACT

This work highlights the importance in the current context of analyzing the Total Cost of Ownership (TCO) to evaluate investment alternatives, which bring a certain degree of complexity, as occurs in evaluations of new alternatives for the vehicle fleet. The announcement by Cia Ambev of replacing part of its delivery fleet (Truck-Diesel) with the e-Delivery model (100% electric), developed in Brazil, was the main stimulus for proposing the analysis model, aligning experiences from other researches. It adopts a qualitative methodology, as well as presenting a quantitative model for measuring and analyzing the case that has public information, made available by the company itself and other sources from official bodies. In this way, it was possible to delve deeper into the total cost cycle for the two categories studied. When calculating the TCO, several components were checked that involve the acquisition, use and maintenance of these trucks. The results showed that although the purchase price of the electric truck costs around 70% more than the diesel model, the costs of the electric model are lower, therefore it can lead to compensation in the total period of (five years). It was also evident that although the TCO of the conventional vehicle still financially represents a lower value than the e-delivery, the TCO percentage indicator for electric vehicles is 58% less than diesel. The main restriction concerns the lack of historical data in Brazil on the electrical model for comparative analyses. In future research, at least qualitatively, the research will be able to detail the non-financial benefits associated with electric trucks and government incentives in the Brazilian context.

Keywords: electric truck; total cost of ownership; e-vehicle spending; strategic cost management; sustainability;

1 INTRODUÇÃO

Mundialmente, o setor de transportes é responsável por 37% das emissões diretas de CO₂ provenientes da combustão (*International Energy Agency*, 2021). No Brasil, o setor de transportes emite cerca de 44% das emissões totais de dióxido de carbono (CO₂), totalizando 198 milhões de toneladas de CO₂ (EPE – Balanço Energético Nacional 2022). No acordo da Conferência de Clima de Paris de 2015 (COP21), o Brasil se comprometeu em reduzir suas emissões em 37% até 2025 e 43% até 2030, comparado às emissões registradas em 2005 (BNDES, 2023).

Diante do exposto, surge a ideia que os veículos puramente elétricos (EV) tem um importante papel nesse cenário e ter acesso aos modelos de análise e informações precisas podem amparar os gestores. Dessa forma, o estudo publicado por Maldonado, Longo, Pavão e Voese (2018) detalhou o ciclo de uso e manutenção de veículos mais vendidos no Brasil, apresentando informações que podem melhorar a compreensão da relação “custo-benefício” em decisões de compra de alguns modelos. Atualmente o mercado mundial e nacional vem mudando, com novas perspectivas para veículos elétricos e híbridos.

Este trabalho teve como estímulo inicial algumas notícias e anúncios de empresas de grande porte consolidadas no Brasil, como a Ambev, Coca-Cola, JBS que estão investindo em caminhões elétricos (Marinho, 2021). Estes acontecimentos trazem novas perspectivas para o mercado

nacional em torno das inovações do transporte, em consonância como o mercado global por eletrificação de veículos e redução de emissões de carbono. A própria Companhia Ambev publicou em seus relatórios anuais (2022) a parceria com a Volkswagen Caminhões e Ônibus (VWCO) para aquisição de frota descarbonizada e inovadora. Em 2021 adquiriu as 100 primeiras unidades e em 2022 ultrapassaram o número de 250 caminhões elétricos na frota. O modelo *e-Delivery* (100% elétrico) é produzido no Brasil pela VWCO.

As alterações do preço do combustível vêm concentrando preocupações mais imediatas, no entanto há outros elementos nesta conta. Atualmente o mercado está muito mais receptivo para as questões de novas tecnologias e fontes renováveis de energia.

Nesta pesquisa são analisadas as diferenças no ciclo de custos para duas categorias de caminhões com metas operacionais idênticas: i) 11-180 *Delivery* 4x4 2p (*diesel*)(E5); ii) 11-410 *e-Delivery* 4X2 2p (Elétrico), por meio de um instrumento para gerenciar custo de manutenção em longo prazo e impactos do transporte terrestre. O objetivo do trabalho consiste em desenvolver um instrumento de análise e avaliação de opções de investimentos para caminhões de entregas (*delivery*) no ramo de bebidas, com base no *Total Cost Ownership* (TCO).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO TCO

O TCO pode ser uma forma de mensurar e avaliar todos os custos que incorrerão durante a vida útil de determinado bem (investimento) até seu descarte. Um dos primeiros trabalhos a divulgar este modelo de análise foi em Ellram e Siferd (1993) destacando que o TCO abrange todos os custos associados com a aquisição, uso e manutenção de um bem, que devem ser considerados na avaliação e não apenas o preço de compra. Nesta linha Sakurai (1997), destaca a importância de todo o ciclo de vida, para apuração do custo de um produto ou de um equipamento durante toda a sua vida útil.

Na literatura há vários trabalhos que usaram o modelo de análise do custo total de propriedade em automóveis, especialmente na literatura internacional para veículos elétricos e híbridos. Lévy, Drossinos e Thiel (2017), Mitropoulos, Prevedouros e Kopelias (2017).

Palmer et al. (2018) verificaram o TCO em veículos elétricos em comparação com veículos convencionais e encontraram a necessidade de subsídios para a compra dos modelos elétricos e híbridos de acordo com a região analisada. Wu, Inderbitzin e Bening (2015), realizaram uma análise probabilística de veículos elétricos por meio do TCO, entretanto, esses modelos tiveram um TCO

superior aos veículos convencionais, sendo apontado pelos autores como possível problema o custo de peças chaves como a bateria destes automóveis.

A abordagem do tempo e fases para apuração do TCO vem sendo discutido de forma geral pela literatura. No estudo de Maldonado, Longo, Pavão e Voese (2018), apresentam uma revisão e categorização (Quadro 1), os autores propõem a depreciação com base em normativas contábeis previstas (CPC 27) que aborda os critérios de depreciação em função da vida útil desses bens, recomendando uma análise para identificar o valor residual do bem, após seu período de vida útil em relação ao valor de aquisição registrado pela contabilidade. Dessa forma evitando distorções no valor de depreciação a ser deduzido do veículo. Nesta metodologia prevista pelos órgãos governamentais, a empresa deverá avaliar o valor que o caminhão provavelmente vai ser comercializado ao final do período estipulado para sua vida útil, com uma recuperação parcial se o bem for vendido, como usualmente ocorre nas negociações por veículos novos.

Quadro 1 - Principais Enfoques do TCO

Categorias do TCO	Autor/Ano	Descrição
Foco na Análise da Transação (Compra)	Ellram e Siferd (1993)	O TCO implica que todos os custos associados à aquisição, uso e manutenção de um bem, incluindo os custos de armazenamento, mão-de-obra e outros, portanto, não apenas preço de compra.
	Weber et al. (2010)	Atividades relacionadas à seleção, qualificação, efetivação e manutenção de fornecedores. Envolve todos os custos burocráticos associados a um pedido.
	Ferrin e Plank (2002); Nurhadi, Boren e Ny (2014)	Custos com manutenção, reparo e operação. Relacionados com a preservação e preparação dos recursos necessários para a operação.
	Gonen e Yukcu (2012)	Estabelece a relação entre o TCO e os custos com qualidade. Estudo em uma indústria automobilística na aquisição de um equipamento industrial.
	Coser e Souza (2015)	Categorização do TCO. Apresentam uma análise teórica e empírica para investigar o uso da técnica do custo total de uso e propriedade para compra de um equipamento em indústria localizada no Rio Grande do Sul.
	Saccani Et al (2017)	Pesquisa do TCO de bens de consumo duráveis (máquinas de lavar roupa). Neste modelo conceitual com aplicação empírica, adotou uma ferramenta de Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) para facilitar a implementação em grande escala, em uma grande revendedora de eletrodomésticos, a fim de apoiar as decisões de compra dos clientes.
	Palmer Et al (2018)	Análise do custo total de propriedade e participação de mercado para veículos híbridos e elétricos no Reino Unido, EUA e Japão,

		recomendam políticas públicas que venha a tratar de incentivos na compra devido ao custo inicial mais alto destes veículos.
Foco na Análise Temporal (Ciclo de Vida)	Ellram e Siferd (1993) Ellram (1994)	Representa uma abordagem ampla que requer da organização o controle, identificação e mensuração de todos os custos relevantes das atividades de aquisição, posse e uso de um bem ou serviço. Pode ser definido como um modelo do ciclo de vida de um equipamento, produto ou serviço.
	Sakurai (1997)	As etapas incluem normalmente: a) pesquisa e desenvolvimento; b) desenho do produto, incluindo o protótipo, o custo alvo e os testes; c) fabricação, inspeção, embalagem e armazenagem; d) <i>marketing</i> , promoção e distribuição; e) vendas e serviço.
	Santos e Gonçalves (2006)	Adota a análise do Ciclo de vida, comparando o custo total de propriedade TCO na utilização de dois <i>softwares</i> , um proprietário e outro livre, para detectar o menos oneroso.
	Dogan e Aydin (2011)	Custos relacionados à gestão de pessoal para a aquisição, preparação e utilização do bem em seu ciclo de vida.
	Prabhakar e Sandborn (2012)	Custos relacionados diretamente com a aquisição de um produto, vistos no longo prazo, ou seja, no ciclo de vida do produto.
	Al-Alawi e Bradley (2013)	Analisa o custo total de propriedade dentro de quatro categorias de veículos, classificados em elétricos e híbridos, considerando a vida útil dos veículos.
	Nurhadi, Boren e Ny (2014)	Modelo do TCO para Sistema de transporte na Suécia, contendo: Custo de investimento, energia, manutenção, impostos sobre carbono, aquecimento, bateria extra. Ciclo de vida avaliado em oito anos.
	Maldonado, Longo, Pavão e Voese (2018)	Comparativo dos cinco veículos 1.0 mais vendidos no Brasil, o período de referência foi o ano de 2017, indicou novas oportunidades de avaliação e evidências do TCO e decisões da compra.

Fonte Adaptada de: Maldonado, Longo, Pavão e Voese (2018)

Com base nos fundamentos teóricos do TCO, nas próximas etapas são apresentados metodologia e as informações visando, atender os objetivos de investigar os benefícios e dissimilaridades entre o caminhão convencional *diesel* (do estudo de caso). Os custos adicionais desembolsados na compra do caminhão elétrico podem ser compensados pela eficiência energética e menores custos de combustível, além de redução de impactos ao ambiente? Alguns pressupostos a serem investigados com o estudo:

P1: O custo total de propriedade do caminhão elétrico é mais vantajoso comparado ao caminhão Diesel;

P2: Existe outros benefícios além econômico-financeiros para que se invistam em frota descarbonizada.

P3: Os benefícios financeiros ocorrem principalmente pela infraestrutura do país e incentivos locais e de isenção de impostos que podem beneficiar empresas e pessoas que decidem investir em alternativas não poluentes.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Abordagem de Pesquisa

Neste estudo adotou-se a abordagem quantitativa, focada no levantamento de dados, visando apresentar um instrumento que reúne informações relevantes para o gestor.

O estudo pode ser classificado também como uma pesquisa diagnóstica, para Martins e Theóphilo (2009, p. 81), essa é “estratégia de investigação aplicada que se propõe explorar o ambiente, levantando e definindo problemas [...] podendo voltar-se para o ambiente externo”. Os dados coletados são dados secundários disponíveis na internet uma vez que são necessárias informações de custos dos automóveis, tanto de aquisição, quanto despesas com manutenção, a fim de diagnosticar o custo total de propriedade de cada modelo analisado.

As etapas de campo e laboratório: (1) pesquisa bibliográfica e documental; (2) etapa análises dos dados (3) Proposta e adaptações do modelo de avaliação dos custos para o ramo e objeto estudado.

3.2 Escolha da Empresa e Levantamento de Dados

A cervejaria Ambev (2022) anuncia o compromisso de garantir que 100% da eletricidade comprada pela companhia seja proveniente de fontes renováveis até 2025.

O novo desafio faz parte de uma meta global, estipulada pela Anheuser-Busch InBev, grupo do qual a Ambev faz parte. Para atingir a meta, a cervejaria adicionará aos mercados onde atua cerca de um gigawatt de capacidade de energia renovável, o suficiente para abastecer uma cidade com a população como a de Porto Alegre. Em países em desenvolvimento como o nosso, Argentina, Colômbia e África do Sul, a medida é fundamental para transformar a indústria de energia e contribuir para o alcance das metas climáticas nos termos dos acordos da Conferência de Clima de Paris de 2015 (COP21).

Para tratar os dados utilizou-se softwares de planilha de cálculos Excel e Minitab. Nesta etapa adotou-se como instrumento um roteiro estruturado para obter o detalhamento dos custos

reais médios de mercado, reajustes de preços entre último primeiro trimestre de 2022 ao segundo trimestre de 2023, categorizando os gastos por meio de nomenclatura contábil para apurar os custos de período por mês, ano e projeção para cinco anos de uso. O quadro 2 apresenta os parâmetros e bases de consulta adotados no trabalho, dos bens analisados: i) 11-180 *Delivery* 4x4 2p (*diesel*)(E5); ii) 11-410 *e-Delivery* 4X2 2p (Elétrico).

Quadro 2 – Coleta das informações para análise do TCO (2022-23)

Grupo	Descrição	Operacionalização
Valor do Veículo	Volkswagen Caminhões e Ônibus (VWCO)	Consulta valor dos caminhões <i>truck</i> 1 eixo: 11-180 <i>Delivery</i> 4x4 2p (<i>diesel</i>)(E5); ii) 11-410 <i>e-Delivery</i> 4X2 2p (Elétrico), pela FIPE
Uso e Manutenção	Consumo de Combustível.	- Média de consumo combustível (de acordo com a ficha técnica conforme órgão regulador) fornecidos pela Companhia Volkswagen Caminhões e Ônibus (VWCO) - Para cálculo do consumo dos caminhões foi estipulado uma distância percorrida de 3000 km por mês, equivalente a 100 km por dia (para dar amparo aos cálculos e revisões normais do veículo). Estes parâmetros foram utilizados nas avaliações dos dois modelos deste estudo.
	Energia Elétrica	O preço médio da energia elétrica para indústria em todo o Brasil, utilizando dados do Portal da Indústria como fonte. O valor médio praticado é de 0,57 R\$/kWh, primeira consulta em 2022 e posteriores ajustes para o período em (seis tomadas de preço).
	Óleo, Lubrificantes e Filtros Manutenção de Filtros de Ar e outros previstos nos manuais.	Média de mercado. Consulta a concessionárias, oficinas e <i>sites</i> especializados (manual do veículo)
Impostos e Taxas	IPVA	Alíquota média para veículo 1.0 no estado do Paraná (DETRAN-PR, 2023)
	Seguro Obrigatório (DPVAT).	Detran-PR (2023).
	Licenciamento Obrigatório.	Valor médio para veículos e categoria no estado do Paraná (DETRAN-PR, 2023).
Seguro	Cotações de três corretoras/seguradoras	Valor encontrado em cotação com corretora de seguros para os veículos em análise para utilização do automóvel na cidade de Curitiba-PR, seguindo determinações regulamentadas pela Susep/CNSP ^c .

Encargos	Financiamento.	Considerou-se para o cálculo o financiamento de 80% do valor do veículo a uma taxa média de mercado de 1,52% a.m., a média corresponde a taxa praticada por 5 principais bancos de financiamento disponibilizada pelo BACEN, com a inclusão de taxas e impostos empregados nas transações de financiamentos.
	Depreciação.	Utilizou-se depreciação linear com 50% de valor residual do veículo, ou seja, 10% ao ano.

Notas: **a.** FIPE: Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas; **b.** De acordo INMETRO Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) e especificações do [Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular – PBEV sobre dados de consumo para os modelos de veículo de acordo com suas características de fábrica.](#); **c.** Superintendência de Seguros Privados (Susep) e Conselho Nacional de Seguros Privados (CNSP) – responsáveis pela fiscalização, diretrizes e normas de seguros privados no Brasil (que as seguradoras e corretoras devem observar).

Fonte: Elaborado pelos autores

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Análises e Estatísticas Iniciais

A Tabela 1, contém informações coletadas com base uma estrutura dos custos, listando os gastos ante e pós o investimento (aquisição) dos caminhões estudados, ou seja, abrangendo todos os gastos de uso e manutenção, incluindo tarifas e serviços. Nesta etapa, seguindo os critérios técnicos e padronizados para ambos, foram realizadas cotações (com diversos cenários e variações de preço no período delimitado para o estudo), para trazer precisão nos cálculos dos valores, quantidade de quilômetros para cada tipo de gasto/manutenção conforme os manuais dos caminhões e ficha técnica da Volkswagen Caminhões e Ônibus (VWCO). Para o cálculo de impostos e taxas adotou-se os valores referente ao Estado do Rio de Janeiro, o local que os bens estão alocados.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas

Variável	Categoria	Média	EP Média	DesvPad	Mediana	Assimetria
Combust_Ano	1	31657	2288	5605	30821	1,02
	2	11504	337	824	11617	-1,64
Combust_5a	1	158285	11440	28023	154104	1,02
	2	57521	1683	4122	58084	-1,64
Vlr_Aquisição	1	379316	9682	23715	376645	1,45
	2	724133	35486	86922	752682	-0,64
Impostos	1	4552	116	285	4520	1,45
	2	3721	132	323	3763	-1,08
Seguro-fixos	1	27819	389	953	27758	1,16
	2	30313	284	695	30490	-0,71
Deprec+Variav	1	84659	2716	6652	83392	0,42
	2	103825	6004	14706	109139	-0,93
Indicador-V	1	0,30855	0,00354	0,00868	0,30606	1,27
	2	0,19057	0,00172	0,00422	0,18909	2,01
Custo_Ano	1	117030	3171	7766	115424	0,52
	2	137859	6264	15344	143303	-0,92
Custos_5anos	1	585150	15853	38832	577120	0,52
	2	689296	31320	76718	716517	-0,92
TCO_5anos	1	964466	24966	61155	950032	0,86
	2	1413429	66603	163143	1469199	-0,75
Indic-TCO	1	2,5428	0,0177	0,0434	2,5303	1,27
	2	1,9529	0,00862	0,0211	1,9455	2,01

Notas: i) software Minitab Versão teste 2023, Estatística descritiva por categorias dos caminhões truck 1 eixo: (1) 11-180 Delivery 4x4 2p (diesel)(E5); (2) Elétrico 11-410 e-Delivery 4X2 2p; ii) Teste de Grubbes - comprovando hipótese alternativa; ao nível de significância $\alpha = 0,05$.

Fonte: Pesquisa (2023)

Adotou-se teste *Grubbes* para verificação da homogeneidade dos dados e *outliers* para as categorias de caminhão (*Diesel e E-delivery*), comprovando que há heterogeneidade entre os dois grupos, porém normalidade dos dados dentro dos modelos de caminhão, por isso as estatísticas descritivas foram categorizadas (1;2). Como já era esperado, comprova-se que existem diferenças dos padrões de custos para os bens analisados, desde tratamento tributário, gastos com energia e combustíveis, de manutenção e especialmente o valor pago pelos caminhões, estas informações são passo a passo detalhadas em busca do objetivo proposto.

4.2 Evidenciações do TCO

Na Tabela 2, as evidenciações e cálculos com base na metodologia do TCO, demonstrou ser relevante para mensurar de modo abrangente os custos que incorrerão durante a vida útil de determinado bem (investimento) até seu descarte.

Tabela 2. Informações das categorias caminhões (1 ano de uso)

Item	Categoria dos custos	Caminhão Diesel		Caminhão elétrico		AH%
		Custo/Ano		Custo/Ano		
1	Valor Compra	R\$	354.815,50	R\$	603.851,67	70,2%
	Consumo Combustível/Eletr	R\$	25.791,04	R\$	9.952,20	-61,4%
	Lubrificantes e Manutenção	R\$	5.328,00	R\$	-	-100,0%
	Pneus	R\$	6.480,00	R\$	6.480,00	0,0%
	Amortecedores	R\$	1.896,00	R\$	1.896,00	0,0%
	Freio	R\$	1.800,00	R\$	1.800,00	0,0%
2	Total custos Variáveis	R\$	41.295,04	R\$	20.128,20	-51,3%
3	Depreciação	R\$	35.481,55	R\$	60.385,17	70,2%
	IPVA/Impostos	R\$	4.257,79	R\$	3.623,11	-14,9%
	Seguros	R\$	12.358,00	R\$	14.829,60	20,0%
	Limpeza	R\$	6.000,00	R\$	6.000,00	0,0%
	Outros custos de uso	R\$	8.400,00	R\$	8.400,00	0,0%
4	Total custos fixos	R\$	31.015,79	R\$	32.852,71	5,9%
5	Despendios Médios/Ano (2+3+4)	R\$	107.792,38	R\$	113.366,08	5,2%
6	Indicador % custo ano		30,4%		18,8%	-38,2%
7	Custo Total de Propriedade do Período		251,9%		193,9%	-23,0%

Notas: i) Produtos: 11-180 Delivery 4x4 2p (diesel)(E5); 11-410 e-Delivery 4X2 2p (Elétrico); ii) Local e período de análise: ano 2022 (metodologia) local: entrega bebidas Ambev - cidade Rio de Janeiro (Bra)

Fonte: Desenvolvido na pesquisa

A partir das informações coletadas, foi possível fazer as estimativas para o período de 5 (cinco) anos, conforme metodologia para uma melhor compreensão dos benefícios e comparativos entre as duas opções de caminhões de entrega do caso. Constatou-se também pontos tratados pela literatura, especialmente de que é necessário fazer análises criteriosas para amparar as decisões de investimentos de capital, especialmente as mais complexas. É fundamental avaliar além preço de aquisição os custos de uso e manutenção durante sua vida útil e pleno funcionamento.

As informações da Tabela 3, listam o percentual do custo total de propriedade para cinco (05) anos deste ciclo de uso, manutenção que estes veículos demandam de gastos(custos) incluindo o custo de compra.

Tabela 3 – Comparação do Custo total e Custo Total de Propriedade em 5 anos

Modelo	Indicador do TCO	Composição do TCO	
		Investimento Inicial(Compra)	Uso e Manutenção (5 anos)
11-180 Delivery 4x4 2p (diesel)(E5)	251,90%	40%	60%
VW 11-410 e-Delivery	193,90%	51%	49%

Fonte: Desenvolvido na Pesquisa

Para o modelo *Diesel* o TCO totalizou 251,9% do preço de compra, apenas 40% do investimento inicial e em cinco anos 60% são em decorrência do uso e manutenção.

Para o modelo elétrico *VW 11-410 e-Delivery*, apesar da falta de histórico de veículo equivalente em uso, neste trabalho foi possível apresentar estimativas coerentes com a realidade proposta e base oficiais de coleta. O *e-Delivery* possui uma leve vantagem de manutenção e TCO mais baixo, apresentou um TCO 193,9%, explicada por custos mais baixos de uso (baixa manutenção devido à ausência de um motor à combustão). A seguir apresenta-se as análises comparativas.

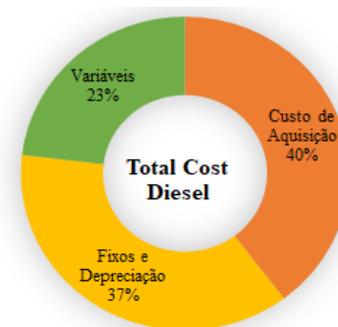
4.3 Comparações do TCO - Caminhões Delivery (Diesel vs Elétrico)

A Tabela 4 contém um resumo da composição e classificação dos custos previstos e acumulados para o quinquênio Na Tabela e Gráfico. Destaca-se que o ciclo de vida para os caminhões pode superar aos cinco anos propostos no estudo. Os custos anuais para o modelo *Diesel*, com comportamento fixo (de período) representam 37% do TCO global e demais informações.

Tabela 4. Custos do 11-180 Delivery 4x4 2p (diesel)(E5)

Descrição dos Gastos	Valores R\$	Estimativas _{5a}	Indic-TCO _{5anos}
Valor de Compra Veículo	54.815,50		100,0%
Custo Variável (Ano/Quinquênio)	41.295,04	206.475,22	34,2%
Custo Fixo (Ano/Quinquênio)	31.015,79	155.078,93	25,7%
Depreciação Média Anual	35.481,55	177.407,75	29,4%
Custos Totais (Ano/Quinquênio)	107.792,38		
Custos 5 Anos (Média)		538.961,90	151,9%
Custo Total de Propriedade		893.777,40	251,9%

Fonte: Desenvolvido na pesquisa

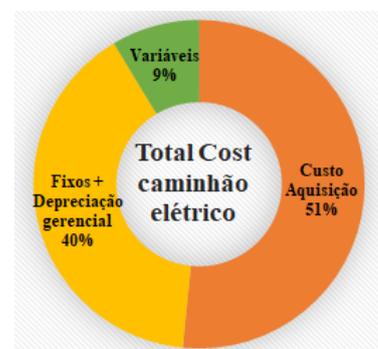


Por outro lado, na Tabela 5 e gráfico, o valor de aquisição do caminhão elétrico passa de 70% a mais do valor do modelo diesel, porém levando-se em consideração o ciclo de longo prazo, as estimativas surpreendem, comprovando um ciclo de custos mais vantajoso para o decisor quando optar pelo modelo elétrico.

Tabela 5. Custos do VW 11-410 e-Delivery (elétrico)

Descrição dos Gastos	Valores R\$	Estimativas _{5a}	Indic-TCO _{5anos}
Valor de Compra Veículo	603.851,67		100,0%
Custo Variável (Ano/Quinquênio)	20.128,20	100.641,00	16,7%
Custo Fixo (Ano/Quinquênio)	32.852,71	164.263,55	27,2%
Depreciação Média Anual	60.385,17	301.925,83	50,0%
Custos Totais (Ano/Quinquênio)	113.366,08		
Custos 5 Anos (Média)		R\$566.830,38	93,9%
Custo Total de Propriedade		R\$ 1.170.682,05	193,9%

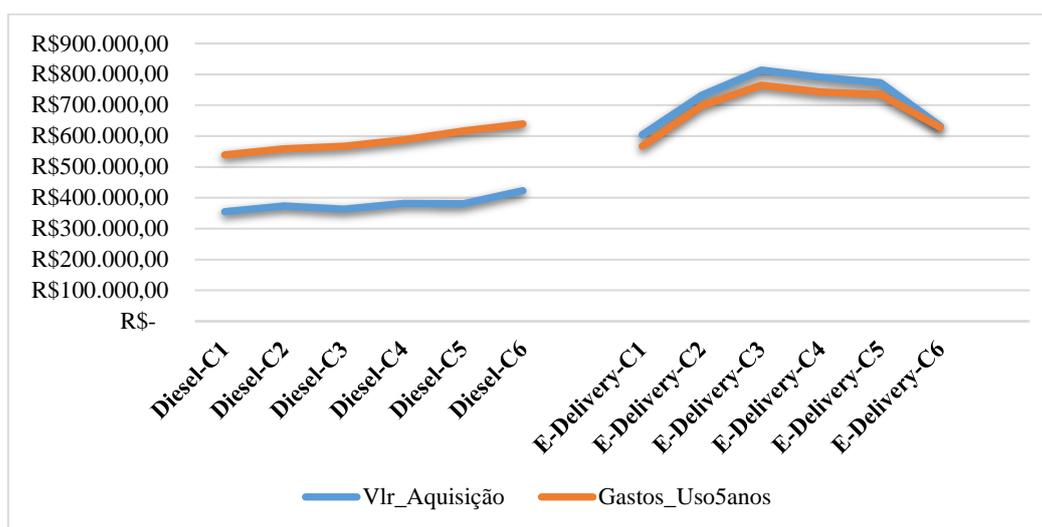
Fonte: Desenvolvido na pesquisa



Identificou-se na categoria do caminhão elétrico (e-delivery) uma composição diferente para os custos variáveis especialmente devido aos gastos menores de energia e quanto aos custos fixos representam 27,2% (a taxa de depreciação foi destacado separadamente) no TCO global que é de 193,9%, o que significa uma vantagem que ao longo do uso vai compensar os desembolsos maiores da aquisição. Estes indicadores podem auxiliar o aprimoramento das análises, uma vez que os caminhões elétricos estão em funcionamento recente e representam um percentual ainda pouco significativo da frota tradicional da organização que inspirou a pesquisa.

Quando se avalia o custo total de propriedade, pode ocorrer padrões regulares de uso. Porém observa-se um novo paradigma (Tabela 6 e Figura 1).

Figura 1. Comportamento dos Desembolsos/Custos – Diesel Vs Elétrico



Fonte: Desenvolvido na pesquisa

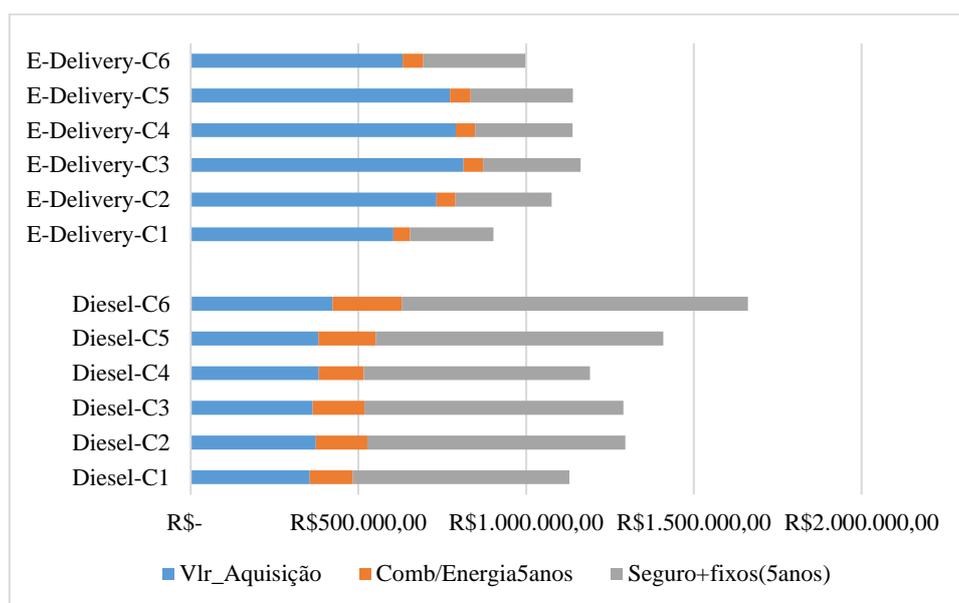
Conforme evidenciado nos gráficos, pelas características e especificidades, o modelo elétrico VW 11-410 *e-Delivery*, com uma curva de custos decrescente, ou passo que para o Caminhão 11-180 *Delivery* 4x4 2p (diesel)(E5) a curva é mais estável com tendência a crescimento.

Tabela 6. Estimativas gastos por categoria e grupos de custos – quinquênio

Tipo_Caminhão	Vlr_Aquisição	Comb/Energia5anos	Seguro+fixos(5anos)
Diesel-C1	R\$ 354.815,50	R\$ 128.955,22	R\$ 644.776,12
Diesel-C2	R\$ 372.881,18	R\$ 153.731,34	R\$ 768.656,72
Diesel-C3	R\$ 363.312,40	R\$ 154.477,61	R\$ 772.388,06
Diesel-C4	R\$ 381.478,02	R\$ 134.816,82	R\$ 674.084,12
Diesel-C5	R\$ 380.408,00	R\$ 171.402,99	R\$ 857.014,93
Diesel-C6	R\$ 423.000,00	R\$ 206.328,60	R\$ 1.031.643,00
E-Delivery-C1	R\$ 603.851,67	R\$ 49.761,00	R\$ 248.805,00
E-Delivery-C2	R\$ 732.339,00	R\$ 57.225,15	R\$ 286.125,75
E-Delivery-C3	R\$ 813.710,00	R\$ 58.083,53	R\$ 290.417,64
E-Delivery-C4	R\$ 789.928,80	R\$ 58.083,53	R\$ 290.417,64
E-Delivery-C5	R\$ 773.024,50	R\$ 60.987,70	R\$ 304.938,52
E-Delivery-C6	R\$ 631.943,04	R\$ 60.987,70	R\$ 304.938,52

E por fim, na Figura 2, é mais claramente notado que para os três clusters de gastos, incluindo o investimento inicial, ocorre uma evolução surpreendente para os modelos analisados.

Figura 2. Estimativas dos Custos – VW 11-410 e-Delivery Vs VW 11-180 Diesel 4x4 2p



Fonte: Elaborado na pesquisa

Tais resultados além de explorar as análises com pauta em uma situação inspirada em fato real, trazem uma contribuição e esclarecimentos para um dilema atual, por meio do modelo de avaliação de projetos de investimentos estratégicos.

4.4 Análises dos Resultados e Discussões

Algumas explicações adicionais sobre a elaboração do trabalho, todas as informações foram coletadas por meio de levantamentos, orçamentos em seis cenários devido as variações de preço, não foram entrevistados diretamente os gestores da empresa, porém as informações divulgadas e publicações oficiais da Ambev e da VWO fornecedora dos caminhões. Quanto a taxa de depreciação do caminhão elétrico, devido à ausência de dados históricos adotou-se a mesma taxa de depreciação para ambos modelos e para cálculo do valor residual foi por meio da evolução dos Indicadores “Tabela FIPE” do modelo tradicional de referência, sendo assim, considerando o período de cinco anos, o caminhão mantém em média 50% do valor de aquisição (trata-se de bem que recebe regularmente manutenções e é utilizado de forma regular em áreas urbanas com supervisão). Este valor pode variar alguns pontos percentuais para mais ou para menos, porém não compromete este estudo. Gerencialmente, a depreciação parcial pode ser adotada como forma de

atenuar discrepâncias entre o valor contábil e o valor de mercado, outrossim, é aceita pela Receita Federal do Brasil.

Dessa forma destaca-se os resultados para os pressupostos P1, P2 e P3, no primeiro que o custo total de propriedade do caminhão elétrico é mais vantajoso comparado ao modelo *Diesel*. É possível deduzir que há a existência de outros benefícios além econômico-financeiros para que se invistam em frota descarbonizada defendidas no segundo pressuposto (P2). Mas não foi possível mensurar os benefícios não financeiros ou não declarados nos relatórios da Ambev. E no terceiro (P3) poderiam haver compensações financeiras em decorrência da infraestrutura do país e incentivos locais para beneficiar empresas e pessoas que decidem investir em alternativas não poluentes, também não puderam ser aprofundadas neste trabalho. No Brasil há *gaps* de infraestrutura, incentivos, tornando a relação custo-benefício para investimentos em veículos elétricos ainda uma decisão que traz muitas dúvidas e certo grau de risco pelos valores a serem investidos na compra.

Em síntese, nos resultados foi possível destacar que muitas decisões estratégicas devem ir além das análises puramente financeiras. Mas é de grande importância quando os estudos financeiros, alinham-se aos não-financeiros, com destaque aos aspectos de sustentabilidade, também mensurado em controladoria, com resultados financeiros futuros esperados. A metodologia do TCO foi divulgada mais fortemente na década de 80 e popularizada para avaliar projetos de tecnologia de informação. Neste trabalho, essa metodologia se mostrou eficaz para evidenciar os custos e investimentos e foi adaptado para os bens analisados e finalidades de uso. Como instrumento de gestão possui potencial para aprofundar o ciclo do bem (ex ante e post uso) e suas implicações econômico-social. Diferencia-se de outras formas de avaliar projetos de investimentos estratégicos por trazer mais clareza para os cálculos e evidenciações.

Foi possível evidenciar que existe um padrão, confirmando o que se propôs nesse estudo, no entanto com tecnologia disruptivas, ocorre novo padrão, com o modelo *e-delivery*, havendo a necessidade de aprofundar os estudos. Mas de acordo com informações da própria Ambev o consumo energético representa uma economia de 70% em relação ao *diesel*.

3 CONCLUSÃO

A pesquisa apresenta um estudo para decisões de investimentos estratégicos, foi inspirado no caso Ambev que fez investimentos em caminhões elétricos para compor sua frota de entregas. As recomendações de pesquisas anteriores sobre os fundamentos do TCO foram seguidas, além disso, foram feitas adaptações do modelo para o ciclo de vida dos bens em evidência neste estudo. As atividades acadêmicas e o diálogo entre os fundamentos da literatura e aplicação no ambiente organizacional foram contribuições relevantes neste trabalho.

No que se refere a contribuições gerenciais, concentra-se na apresentação e divulgação do artefato que pode auxiliar em decisões de compra, processo de avaliação, manutenção e troca de bens. O tratamento e taxonomia dentro da organização é algo importante para o processo de análise do ciclo de vida e para tomada de decisão. Os investimentos e projeções de gastos foram identificados para duas categorias de caminhões com metas operacionais idênticas: i) 11-180 *Delivery 4x4 2p (diesel)(E5)*; ii) 11-410 *e-Delivery 4X2 2p (Elétrico)*. Constatou-se um TCO 58% menor para *e-delivery* o que é positivo, no entanto, com base nos dados fornecidos por fontes oficiais a aquisição do caminhão elétrico ainda apresenta maior desembolso, sendo compensado pelos custos de uso e manutenção. Além disso, há perspectiva de benefícios não-financeiros que não foram plenamente explorados.

A pesquisa possibilitou comparar as alternativas, por meio de um instrumento de análise e planejamento bastante versátil, em uso pode ser ampliado e melhorado para avaliar alternativas de investimentos em novas tecnologia, com benefícios financeiros e não-financeiros, como foi o caso analisado.

Apesar dos achados a pesquisa possui algumas limitações, por focar em estudo de caso e fornecedor selecionado. Dessa forma, não foram investigadas outras marcas de fornecedores equivalentes para verificar as variações do desempenho e gastos do ciclo. O trabalho não aborda os benefícios indiretos e sobre riscos inerentes a falta de infraestrutura nacional, especialmente em relação às regiões e estados para atender às novas demandas do transporte descarbonizado. Em futuras pesquisas pelo menos qualitativamente é importante detalhar os benefícios não financeiros associados aos caminhões elétricos, mesmo que não seja possível quantificá-los. Outro ponto que pode ser explorado é sobre as políticas referente incentivos fiscais e subsídios para o Brasil, bem como em relação aos riscos em adotá-los. E por fim, para ampliar as análises quantitativas pode

ser acrescentado dados para um período maior de tempo e outras marcas do caminhão elétrico de modelo similar existente no mercado.

REFERÊNCIAS

AMBEV S.A. (2021). **Relatório Anual e ESG 2021 da Ambev**. Recuperado em setembro de 2022 de:

<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/c8182463-4b7e-408c-9d0f-42797662435e/735be995-4658-0bbb-0c66-3be9f0987be0?origin=1>.

AMBEV S.A. (2022). Site ambev.com.br. Ação Climática – Caminhão Elétrico. Recuperado em abril de 2023 em: <https://www.ambev.com.br/sustentabilidade/acoes-climaticas#accordion-item-1254343317>

BNDES-Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Transport – Topics - IEA. Painel NDC - Nossa contribuição para as metas de redução de emissões do Brasil (bndes.gov.br)**. Recuperado em setembro de 2022 de:

<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/resultados/emissoes>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conferência de Clima de Paris de 2015 (COP21). **Ministério do Meio Ambiente**. Recuperado em março de 2023, de:

<https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>.

COP2021 - 21ª Conferência das Partes (COP21) da UNFCCC. **Conferência de Clima de Paris de 2015**. Recuperado em fevereiro de 2023, de:

<https://unfccc.int/process/conferences/pastconferences/paris-climate-change-conference-november-2015/overview>.

ELLRAM, L. M. A taxonomy of total cost of ownership models. **Journal of Business Logistics**. 1994, v. 15, n.1, p. 171-192, 1994.

ELLRAM, L. M.; SIFERD, S. P. Purchasing: the cornerstone of the total cost of ownership concept. **Journal of Business Logistics**, v.14, n.1, p. 163-187, 1993.

ELLRAM, L. M.; SIFERD, S. P. Total cost of ownership: a key concept in strategic cost management decisions. **Journal of Business Logistics**, v. 19, p. 55-84, 1998.

GARTNER. TCO Analyst: A White Paper on Gartner Group's **Next Generation Total Cost of Ownership Methodology**, Gartner Group Inc., 1997. GARTNER Group. IT Glossary. Total Cost of Ownership. 2017 Disponível em: <http://www.gartner.com/it-glossary/total-cost-of-ownership-tco/>. Acesso: 03 de Fev, 2017.

HANSEN, D.R.; MOWEN, M.M. Gestão de custos: **contabilidade e controle**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2001.

LÉVAY, P. Z.; DROSSINOS, Y.; THIEL, C. The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership. **Energy Police [On line]**, n. 105, pp. 524-533, 2017.

MALDONADO, T. V.; LONGO, L.; PAVÃO, J. A.; VOESE, S. B. Valeu a pena a compra? Análise do custo total de propriedade de veículos de passeio mais vendidos no Brasil. **Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC**, [S. l.], 2018. Recuperado em 08 de março de 2022 em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4452>.

MARINHO, Flavia. Parceria para compra de caminhões elétricos. Publicado em 15 de julho de 2021. <https://clickpetroleoegas.com.br/>. Recuperado em abril de 2023 em: <https://clickpetroleoegas.com.br/ambev-coca-cola-e-jbs-sao-as-primeiras-a-comprar-os-caminhoes-eletricos-da-volkswagen-caminhoes-e-onibus-do-e-consorcio-em-conjunto-com-gigantes-globais-como-bosch-abb-siemens-e-gdsolar/>. **Revista Click Petróleo e Gás**, 2021.

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: Atlas-Gen, 2010.

MARTINS, G. de A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MITROPOULOS, L. K.; PREVEDOUROS, P. D.; KOPELIAS, P. Total cost of ownership and externalities of conventional, hybrid and electric vehicle. **Transportation Research Procedia**, v. 24, pp. 267-274, 2017.

RIGGS, E.A., ROBBINS, S.L. **The Executive's Guide to Supply Management Strategies**, New York: American Management Association, 1998.

SACCANI, N.; PERONA, M.; BACCHETTI, A. The total cost of ownership of durable consumer goods: A conceptual model and an empirical application. **Int. J. Production Economics**, 183, p. 1–13, 2017.

SOUZA, K. Além da Ambev e JBS, caminhão elétrico da Volkswagen tem 58 interessados. **Revista Exame**, 2021. Recuperado em abril de 2023, de: <https://exame.com/negocios/coca-cola-e-jbs-vao-usar-caminhao-100-eletrico-da-volkswagen/>

SAKURAI, M. **Gerenciamento integrado de custos**. São Paulo: Atlas, 1997.

VWCO. **Volkswagen Caminhões e Ônibus**. Ambev e VW Caminhões fecham parceria em 2021 para entrega dos primeiros e-Delivery. Recuperado em setembro de 2023 em: <https://www.vwco.com.br/news/151>