



II CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

03 a 05 de dezembro de 2025

As Engenharias na Transformação Digital das PMEs

Análise da representatividade dos custos de manutenção no custo operacional total (COT) de veículos pesados no Brasil

Alisson Luís Becker

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Flávio Trojan

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo: O objetivo do artigo visa determinar o quanto o custo de manutenção representa no custo total da operação de veículos pesados, destacando sua importância para a eficiência financeira e operacional das frotas. A pesquisa foi conduzida em uma frota de 20 caminhões, com idade média de 03 anos, utilizando dados financeiros e operacionais coletados ao longo de 12 meses. Os resultados indicam que o custo de manutenção representa 18% do custo total operacional, ficando atrás apenas do combustível (70%). Dentro da manutenção, 55% dos custos são corretivos, associados a falhas emergenciais, enquanto 45% correspondem à manutenção preditiva e preventiva. O sistema do motor foi o componente mais custoso, seguido pela suspensão e freios. A discussão ressalta a necessidade de ampliar o uso de estratégias preditivas para reduzir custos corretivos e aumentar a disponibilidade da frota. Também destaca a importância da gestão do ciclo de vida dos veículos e da renovação programada para o controle financeiro. O estudo sugere que a incorporação de tecnologias emergentes, como IoT e análise preditiva, pode otimizar a manutenção e reduzir custos operacionais. Limitações incluem a análise restrita a uma única frota e período específico, recomendando-se futuras pesquisas mais abrangentes e com dados em tempo real. Conclui-se que uma gestão eficiente da manutenção é essencial para maximizar a rentabilidade e sustentabilidade das operações com veículos pesados, com foco em monitoramento contínuo, tecnologias preditivas e planejamento estratégico.

Palavras-chave: Manutenção, Custos, veículos pesados, gestão eficiente.

Analysis of the Representativeness of Maintenance Costs in the Total Cost Operating (TCO) of Heavy Vehicles in Brazil

Abstract: The objective of the article is to determine how much maintenance costs represent in the total operating cost of heavy vehicles, highlighting their importance for the financial and operational efficiency of fleets. The research was conducted on a fleet of 20 trucks, with an average age of 03 years, using financial and operational data collected over 12 months. The results indicate that maintenance costs account for 18% of the total operational cost, second only to fuel (70%). Within maintenance, 55% of costs are corrective, associated with emergency failures, while 45% corresponds to predictive and preventive maintenance. The engine system was the most costly component, followed by the suspension and braking. The discussion emphasizes the need to expand the use of predictive strategies to reduce corrective costs and increase fleet availability. It also highlights the importance of vehicle lifecycle management and scheduled renewal for financial control. The study suggests that the incorporation of emerging technologies, such as IoT and predictive analytics, can optimize maintenance and reduce operating costs. Limitations include the analysis being restricted to a single fleet and specific period, recommending broader future research

with real-time data. It is concluded that efficient maintenance management is essential to maximize profitability and sustainability of heavy vehicle operations, focusing on continuous monitoring, predictive technologies, and strategic planning.

Keywords: Maintenance, Costs, Heavy Vehicles, Efficient Management.

1. Introdução

A operação de veículos pesados, tais como caminhões, ônibus e máquinas rodoviárias, desempenha papel fundamental para o desenvolvimento econômico e logístico em diversos setores produtivos, como o transporte de cargas, construção civil, mineração e agronegócio. A eficiência e a sustentabilidade dessas operações dependem diretamente da gestão eficaz dos custos envolvidos, principalmente quando se trata de frotas de grande porte que demandam investimentos significativos em manutenção, combustível, mão de obra e demais insumos.

Entre os diversos custos que compõem o custo total de operação, o custo de manutenção destaca-se por influenciar não apenas a disponibilidade e a segurança dos veículos, mas também a produtividade da frota e a rentabilidade das empresas.

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a representatividade do custo de manutenção no custo total da operação de veículos pesados, detalhando a participação dos custos corretivos e preditivos/preventivos, bem como identificando os componentes críticos que mais impactam os custos.

Este artigo está estruturado em seis seções: a seção 2 apresenta a revisão bibliográfica sobre custos operacionais e estratégias de manutenção; a seção 3 detalha a metodologia utilizada para coleta e análise dos dados; a seção 4 traz os resultados obtidos; a seção 5 traz as conclusões e recomendações para gestores de frotas.

2. Revisão Bibliográfica

Identificar no texto, após o trecho citado, as referências entre parênteses no seguinte padrão: sobrenome do autor em letras maiúsculas, ano (e página, quando a citação for direta). Exemplos: um autor: (TOZZI, 2002, p. 3); dois autores: (FERLIN; DZIEDZIC, 1990, p. 55); três ou mais autores: (BERTÃO *et al.*, 1998, p. 20).

Segundo (DIAS *et al.*, 2019, p. e20180052) o custo de manutenção pode representar entre 20% e 40% do custo total de operação de veículos pesados, variando conforme o perfil da frota, as condições de uso dos veículos e as estratégias de manutenção adotadas. Dessa forma, compreender a participação desse custo no total é essencial para embasar decisões gerenciais que visem a otimização dos recursos e a melhoria da performance operacional.

A manutenção dos veículos pode ser classificada em preventiva, preditiva e corretiva, cada uma com características próprias, custos e impactos distintos. A manutenção preditiva, fundamentada no monitoramento contínuo do estado dos componentes, tem-se mostrado uma estratégia eficaz para prevenir falhas inesperadas e otimizar os custos, enquanto a manutenção corretiva, realizada após a ocorrência de falhas, normalmente acarreta custos elevados devido à paralisação não programada e possíveis danos adicionais (DIAS *et al.*, 2019, p. e20180052). A escolha adequada e o equilíbrio entre essas estratégias são cruciais para maximizar a disponibilidade da frota e minimizar os custos operacionais (JARDINE *et al.*, 2006, p.1483).

2.1. Custos Operacionais em Frotas de Veículos Pesados

A gestão financeira de frotas de veículos pesados envolve o controle rigoroso dos custos operacionais, que impactam diretamente a viabilidade econômica das operações. Esses

custos podem ser subdivididos em diversas categorias, incluindo combustível, manutenção, pneus, mão de obra, seguros, impostos e despesas administrativas. O combustível é geralmente o maior custo individual, representando em média 50% e podendo representar até 80% do total em algumas frotas, seguido pela manutenção, que constitui um percentual expressivo dos custos, com forte influência na disponibilidade e segurança dos veículos (COSTA *et al.*, 2018, p. e20170045).

O controle e a análise detalhada desses custos permitem aos gestores identificar oportunidades de redução de despesas e otimizar o uso dos recursos disponíveis. Além disso, a correta contabilização dos custos auxilia na definição de preços, negociações contratuais e planejamento estratégico da frota (JARDINE *et al.*, 2006, p.1485).

2.2. Estratégias de Manutenção e seus Custos

A manutenção de veículos pesados pode ser classificada em três grandes categorias, conforme critérios técnicos e operacionais (JARDINE *et al.*, 2006, p.1486-1490):

- **Manutenção Preventiva:** Realizada em intervalos programados, conforme recomendações do fabricante ou análises históricas, com o objetivo de evitar falhas futuras. Tem custo previsível e permite planejar as paradas dos veículos, minimizando impactos operacionais (JARDINE *et al.*, 2006, p.1486-1487).
- **Manutenção Preditiva:** Baseada em monitoramento contínuo ou periódico do estado dos componentes, utilizando técnicas como análise de vibração, termografia, análise de óleo e sensores de IoT. Visa identificar fadigas e desgastes antes que ocorram falhas, reduzindo custos emergenciais e aumentando a disponibilidade (JARDINE *et al.*, 2006, p.1487-1488).
- **Manutenção Corretiva:** Realizada após a ocorrência de falhas, normalmente de forma emergencial. Apesar de ser inevitável em alguns casos, tende a ter custos elevados devido à paralisação não planejada, necessidade de substituição rápida de peças e possíveis danos adicionais ao veículo (JARDINE *et al.*, 2006, p.1488-1490).

A combinação equilibrada entre as estratégias é fundamental para o sucesso da gestão da manutenção, ressaltando que a manutenção preditiva, embora demande investimentos em tecnologia, pode reduzir significativamente os custos corretivos e aumentar a vida útil dos componentes (JARDINE *et al.*, 2006, p.1490).

2.3. Modelos de Análise de Custos em Frotas

Para analisar os custos de manutenção e operação, diversos modelos têm sido aplicados na literatura e na prática. A análise ABC, por exemplo, permite identificar os itens e serviços que mais impactam os custos, ajudando a priorizar investimentos (JARDINE *et al.*, 2006, p.1495). Ferramentas de Business Intelligence e sistemas ERP também são utilizados para monitorar tendências, emitir alertas e planejar intervenções (SI, X.-S *et al.*, 2011, p.2).

Ainda, técnicas estatísticas e modelos de confiabilidade são empregados para prever falhas e estimar custos futuros, permitindo uma gestão mais proativa e eficiente (SI, X.-S *et al.*, 2011, p.3).

2.4. Tecnologias Emergentes e Impacto na Manutenção

A incorporação de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Big Data, inteligência artificial e machine learning tem transformado a gestão da manutenção em veículos pesados. Tais tecnologias possibilitam o monitoramento em tempo real do estado dos veículos, análise preditiva avançada e tomada de decisão automatizada, contribuindo para reduzir custos e aumentar a eficiência operacional (SI, X.-S *et al.*, 2011, p.5).

Além disso, o uso de sensores embarcados e sistemas integrados permite coletar dados que auxiliam na identificação precoce de falhas, planejamento de manutenção e otimização dos recursos (SI, X.-S *et al.*, 2011, p.4).

3. Metodologia

3.1. Caracterização da Frota

O estudo foi realizado em uma frota composta por 20 veículos pesados, predominantemente caminhões rodoviários utilizados em transporte de cargas a nível nacional. A frota apresenta idade média de 03 anos, com veículos variando entre 02 e 04 anos de uso. Os veículos apresentam duas capacidades de carga, 53 e 74 toneladas, e o perfil de operação é no segmento de transporte de cimento (silo com tomada de força), refletindo uma aplicação considerada severa.

3.2. Coleta de Dados

Os dados utilizados foram obtidos a partir dos sistemas internos de gestão da empresa, abrangendo registros financeiros, ordens de serviço da manutenção, relatórios de consumo de combustível, controle de pneus, seguros e demais despesas operacionais. O período analisado compreendeu 12 meses consecutivos, a partir de setembro 2024 a agosto 2025, garantindo a representatividade e atualidade dos dados.

3.3. Classificação dos Custos

Para facilitar a análise, os custos foram classificados em:

- **Custos Diretos de Manutenção:** gastos com aquisição de peças, materiais e mão de obra para reparos e revisões.
- **Custos Indiretos de Manutenção:** perdas associadas ao tempo de parada dos veículos e redução da produtividade da operação.
- **Outros Custos Operacionais:** despesas com combustível, pneus, seguros, impostos e mão de obra operacional.

Adicionalmente, os custos de manutenção foram divididos em corretiva e preditiva/preventiva, conforme os registros das ordens de serviço.

3.4. Análise dos Dados

A análise quantitativa envolveu o cálculo dos custos totais da frota, identificando a participação percentual dos custos de manutenção no custo operacional global. Análises descritivas e comparativas foram realizadas para entender a influência da idade dos veículos e do tipo de manutenção nos custos. Os resultados foram apresentados em tabelas e gráficos para facilitar a visualização.

4. Resultados

A Tabela 1 apresenta a lista dos caminhões que compõe a frota analisada, além da idade, o modelo, a tração, a quilometragem total rodada nos últimos 12 meses e a velocidade média de operação.

Frota	Início da vida útil	Idade (anos)	Tração	Km Total rodada (ano)	Velocidade Média (Km/h)
1	24/09/2021	4	6X2	105743	58,63
2	24/09/2021	4	6X4	98825	54,89
3	29/09/2021	4	6X2	112529	54,9
4	21/06/2022	3	6X4	80818	55,43

5	20/06/2022	3	6X2	90986	57,81
6	07/06/2023	2	6X2	92589	55,72
7	07/06/2023	2	6X2	112430	57,48
8	10/02/2021	5	6X2	6642	49,62
9	04/11/2021	4	6X4	28174	53,94
10	04/11/2021	4	6X2	30590	47,58
11	04/11/2021	4	6X4	17406	46,31
12	28/09/2021	4	6X2	15053	54,35
13	08/02/2022	4	6X2	18811	57,93
14	07/02/2023	3	6X2	94187	51,78
15	21/12/2022	3	6X2	103257	54,3
16	10/11/2021	4	6X4	23721	51,16
17	28/09/2021	4	6X4	86503	53,26
18	07/02/2023	3	6x4	115312	53,95
19	13/06/2023	2	6X2	90134	49,85
20	13/06/2023	2	6X2	102046	52,5
20		3			54

Fonte: Autoria própria.

4.1. Custos com combustível

A Tabela 2 traz o consumo de diesel por caminhão, bem como os gastos para a frota no período de 12 meses e o custo por quilometro rodado com combustível. Para o cálculo desta despesa, foi considerado o valor médio de R\$6,07 o litro de diesel. Dessa forma, foram gastos R\$4.042.296,41, o que representa um custo médio de R\$2,8304 por quilometro rodado.

Tabela 2 – Custo de combustível na operação

Frota	Média Consumo Mensal (L)	Consumo Total (L)	Custo diesel (R\$/ano)		Custo diesel (R\$/KM)
1	2411	28935	R\$	175.638,30	R\$ 1,6610
2	3466	41593	R\$	252.469,45	R\$ 2,5547
3	3872	46463	R\$	282.030,65	R\$ 2,5063
4	2806	33675	R\$	204.408,28	R\$ 2,5292
5	3063	36754	R\$	223.093,75	R\$ 2,4520
6	3149	37789	R\$	229.377,71	R\$ 2,4774
7	3930	47163	R\$	286.279,96	R\$ 2,5463
8	195	2339	R\$	14.197,73	R\$ 2,1375
9	1069	12823	R\$	77.835,61	R\$ 2,7627
10	1263	15153	R\$	91.978,35	R\$ 3,0068
11	772	9270	R\$	56.266,17	R\$ 3,2326
12	558	6699	R\$	40.664,33	R\$ 2,7015
13	658	7893	R\$	47.911,36	R\$ 2,5470
14	4728	56738	R\$	344.397,96	R\$ 3,6565
15	4702	56423	R\$	342.489,80	R\$ 3,3169
16	1108	13291	R\$	80.678,01	R\$ 3,4011
17	4001	48010	R\$	291.420,28	R\$ 3,3689
18	5229	62743	R\$	380.851,35	R\$ 3,3028
19	3903	46831	R\$	284.261,86	R\$ 3,1538
20	4613	55362	R\$	336.045,52	R\$ 3,2931
20	55496	665947	R\$	4.042.296,41	R\$ 2,8304

Fonte: Autoria própria.

4.2. Custos com pneus

Os gastos com pneus somaram R\$418.600,00, num total de 182 pneus substituídos. Esses gastos representam em média um custo por quilometro rodado de R\$0,4224, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Custos com substituição de pneus

Frota	Qtd pneus	Pneus substituídos	Total pneus (R\$)		Pneus (R\$/km)	
1	18	12	R\$	27.600,00	R\$	0,2610
2	18	12	R\$	27.600,00	R\$	0,2793
3	18	12	R\$	27.600,00	R\$	0,2453
4	18	6	R\$	13.800,00	R\$	0,1708
5	18	6	R\$	13.800,00	R\$	0,1517
6	18	6	R\$	13.800,00	R\$	0,1490
7	18	6	R\$	13.800,00	R\$	0,1227
8	24	4	R\$	9.200,00	R\$	1,3850
9	24	6	R\$	13.800,00	R\$	0,4898
10	24	6	R\$	13.800,00	R\$	0,4511
11	24	6	R\$	13.800,00	R\$	0,7928
12	24	4	R\$	9.200,00	R\$	0,6112
13	24	6	R\$	13.800,00	R\$	0,7336
14	24	12	R\$	27.600,00	R\$	0,2930
15	24	12	R\$	27.600,00	R\$	0,2673
16	24	6	R\$	13.800,00	R\$	0,5818
17	24	18	R\$	41.400,00	R\$	0,4786
18	24	6	R\$	13.800,00	R\$	0,1197
19	24	18	R\$	41.400,00	R\$	0,4593
20	24	18	R\$	41.400,00	R\$	0,4057
20		182	R\$	418.600,00	R\$	0,4224

Fonte: Autoria própria.

4.3. Custos com seguros e impostos

Os impostos e seguros pagos para os caminhões da frota representam um custo médio por quilometro rodado de R\$0,3618. Foram gastos R\$231.893,00, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Custos com seguro e impostos

Frota	Seguro e impostos (R\$)		Seguro e impostos (R\$/km)	
1	R\$	8.203,00	R\$	0,0776
2	R\$	7.632,00	R\$	0,0772
3	R\$	8.331,00	R\$	0,0740
4	R\$	7.987,00	R\$	0,0988
5	R\$	8.120,00	R\$	0,0892
6	R\$	7.774,00	R\$	0,0840
7	R\$	8.952,00	R\$	0,0796
8	R\$	13.012,00	R\$	1,9589
9	R\$	13.456,00	R\$	0,4776
10	R\$	14.088,00	R\$	0,4605
11	R\$	12.897,00	R\$	0,7410
12	R\$	13.923,00	R\$	0,9250
13	R\$	13.140,00	R\$	0,6985
14	R\$	13.675,00	R\$	0,1452
15	R\$	12.934,00	R\$	0,1253
16	R\$	13.321,00	R\$	0,5616
17	R\$	14.100,00	R\$	0,1630
18	R\$	13.087,00	R\$	0,1135
19	R\$	13.856,00	R\$	0,1537
20	R\$	13.405,00	R\$	0,1314
	R\$	231.893,00	R\$	0,3618

Fonte: Autoria própria.

4.4. Custos com manutenção

As despesas gastas por caminhão com manutenção estão apresentadas na Tabela 5. Foram R\$1.057.143,61, uma média de R\$0,9751 por quilometro rodado.

Tabela 5 - Custos com manutenção				
Frota	Manutenção (R\$)		Manutenção (R\$/km)	
1	R\$	67.310,80	R\$	0,6366
2	R\$	57.917,62	R\$	0,5861
3	R\$	37.994,64	R\$	0,3376
4	R\$	18.010,39	R\$	0,2229
5	R\$	33.417,38	R\$	0,3673
6	R\$	184.135,33	R\$	1,9887
7	R\$	72.173,94	R\$	0,6419
8	R\$	19.901,01	R\$	2,9961
9	R\$	18.369,99	R\$	0,6520
10	R\$	37.308,81	R\$	1,2196
11	R\$	29.647,85	R\$	1,7033
12	R\$	11.922,38	R\$	0,7920
13	R\$	15.599,45	R\$	0,8293
14	R\$	93.972,74	R\$	0,9977
15	R\$	91.743,48	R\$	0,8885
16	R\$	60.864,43	R\$	2,5658
17	R\$	9.072,56	R\$	0,1049
18	R\$	49.451,15	R\$	0,4288
19	R\$	69.510,30	R\$	0,7712
20	R\$	78.819,36	R\$	0,7724
20	R\$	1.057.143,61	R\$	0,9751

Fonte: Autoria própria.

4.5. Custos Operacionais Totais

O custo total da operação (COT) da frota no período analisado (12 meses) foi de R\$ 287.496,65, distribuído conforme a Tabela 6, que apresenta a participação percentual e valores absolutos por categoria.

Tabela 6 – Custo total da operação (TCO)			
Categoria de custo	Custo total (R\$)		Participação (%)
Combustível	R\$	4.042.296,41	70%
Pneus	R\$	418.600,00	7%
Manutenção	R\$	1.057.143,61	18%
Seguro e Impostos	R\$	231.893,00	4%
	R\$	5.749.933,02	100%

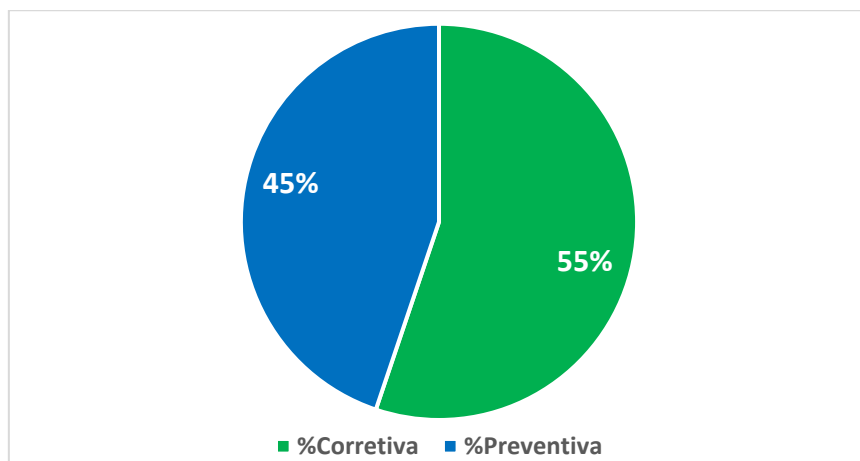
Fonte: Autoria própria.

Observa-se que o combustível corresponde à maior parcela do custo (70%), seguido pelo custo de manutenção, que representa quase 20% do total (18%).

4.6. Tipos de Manutenção e Custos Associados

A análise detalhada dos custos de manutenção revelou que 55% dos gastos referem-se à manutenção corretiva, enquanto os 45% restantes correspondem à manutenção preventiva, conforme demonstrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Distribuição dos custos por tipo de manutenção



Fonte: Autoria própria.

Essa distribuição indica a predominância de intervenções emergenciais, que tendem a ser mais onerosas e prejudiciais à disponibilidade da frota.

4.7. Custos por Componentes Críticos

A Tabela 7 apresenta o custo médio atribuído aos principais componentes que demandaram manutenção corretiva, evidenciando os sistemas com maior impacto financeiro.

Tabela 7 – Custo médio de manutenção por componente

Tipo de sistema com manutenção corretiva	% do custo total de manutenção corretiva
Elétrico	7%
Freio	24%
Suspensão	33%
Motor	36%
Total	100%

Fonte: Autoria própria.

Essa avaliação mostra que o sistema do motor está demandando maior custo de manutenção não programada, seguido pela suspensão destes veículos.

5. Conclusões

Este estudo demonstrou que o custo de manutenção representa aproximadamente 18% do custo total da operação dos veículos pesados estudados, reforçando sua importância para a gestão financeira e operacional das frotas. A predominância dos custos corretivos indica a necessidade de investimentos em estratégias preditivas e preventivas para reduzir falhas inesperadas e otimizar recursos.

Recomenda-se aos gestores de frotas a adoção de práticas de monitoramento contínuo, uso de tecnologias de manutenção preditiva e planejamento estratégico focado na redução dos custos e aumento da disponibilidade operacional.

Futuros estudos poderão explorar análises comparativas entre diferentes tipos de frota, a incorporação de dados em tempo real e o impacto das tecnologias digitais na redução dos custos operacionais.

Referências

COSTA, D. F.; PEREIRA, L. O.; SOUSA, R. M. **Análise da manutenção preditiva em frotas de veículos pesados: um estudo de caso em transportadora.** Produção, v. 28, p. e20170045, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20170045>. Acesso em: 27 jun. 2024.

DIAS, F. F.; RIBEIRO, J. L. D.; SOUSA, R. M. **Gestão de frotas pesadas: análise de custos e manutenção preventiva.** Produção, v. 29, p. e20180052, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-6513.20180052>>. Acesso em: 07 set. 2025.

JARDINE, A. K. S.; LIN, D.; BANJEVIC, D. **A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance.** Mechanical Systems and Signal Processing, v. 20, n. 7, p. 1483-1510, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012>>. Acesso em: 08 set. 2025.

SI, X.-S.; WANG, W.; HU, C.-H.; ZHOU, D.-H. **Remaining useful life estimation – A review on the statistical data driven approaches.** European Journal of Operational Research, v. 213, n. 1, p. 1-14, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.05.042>>. Acesso em: 08 set. 2025.