

Emissões e Consumo de Veículos Leves
Cartilha do Poço à Roda – Coletiva de Imprensa AEA

30/11/2022

CARTILHA

DO POÇO À RODA

VEÍCULOS LEVES

1ª EDIÇÃO 2022

AEA
Associação Brasileira
de Engenharia Automotiva

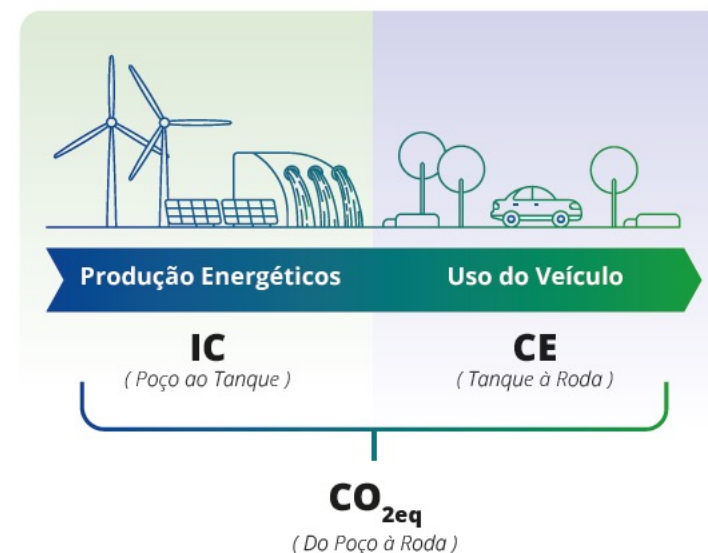
Esta cartilha foi elaborada pela AEA baseado nos trabalhos realizados pela Comissão de Eficiência Energética e o Grupo de trabalho de Intensidade de Carbono.



Indústria automobilística mundial encontra-se em um dos momentos mais importantes de **transformação tecnológica**

O cálculo “Do poço à roda” leva em consideração a matriz energética brasileira:
~ **80% de energias renováveis** (hidráulica, biomassa, eólica e solar)

Passo a passo de como calcular as emissões de CO₂ “Do poço à roda” (CO_{2eq}) baseado em **dados públicos**



CARTILHA: DO POÇO À RODA - VEÍCULOS LEVES

INSTRUÇÕES

Para o cálculo das emissões de CO₂ “Do poço à roda” serão necessárias as seguintes informações:

- 1** O consumo energético (no caso de mono combustível ou elétrico) ou da autonomia (no caso dos veículos flex). Esses dados podem ser consultados no site do INMETRO no Programa PBEV²;
- 2** A intensidade de carbono dos energéticos conforme estudo realizado pela AEA coordenado pela EPE (vide anexo 1). A intensidade varia ao longo dos anos baseado nas projeções dos dados de produção dos energéticos. Escolha o ano em que deseja calcular as emissões;
- 3** A densidade energética dos combustíveis conforme NBR 7094 (vide anexo 2);
- 4** No caso de veículos flex, o fator de uso do etanol conforme estudo realizado pela AEA coordenado pela EPE (vide anexo 3). O fator de uso varia ao longo dos anos baseado na projeção de consumo de etanol hidratado.

² <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular>

SITE INMETRO

- I. Definir o veículo que se deseja calcular as emissões de CO₂ "Do poço à roda" (CO_{2eq}).
- II. Pesquisar no site do INMETRO no Programa PBEV³: o consumo energético (no caso de mono combustível ou elétrico) ou da autonomia (no caso dos veículos flex).

The image shows a screenshot of the INMETRO website interface. It features a navigation menu on the left and a main content area. Two tables are overlaid on the screenshot to illustrate data structure. The first table, titled 'Quilometragem por Litro' (km/l), is divided into 'Etanol' and 'Gasolina ou Diesel ou Elétrico (km/l equivalente)'. The 'Etanol' section has columns for 'Cidade (km/l)' and 'Estrada (km/l)'. The 'Gasolina ou Diesel ou Elétrico' section also has columns for 'Cidade (km/l)' and 'Estrada (km/l)'. A legend indicates that green represents 'FLEX' and blue represents 'MONO COMBUSTÍVEL OU ELÉTRICO'. The second table, titled 'Consumo Energético (MJ/km)', is divided into 'Etanol' and 'Gasolina ou Diesel ou Elétrico (km/l equivalente)'. The 'Etanol' section has columns for 'Cidade (km/l)' and 'Estrada (km/l)'. The 'Gasolina ou Diesel ou Elétrico' section also has columns for 'Cidade (km/l)' and 'Estrada (km/l)'. A legend indicates that yellow represents 'Consumo Energético (MJ/km)'.

Quilometragem por Litro				Consumo Energético (MJ/km)
Etanol		Gasolina ou Diesel ou Elétrico (km/l equivalente)		
Cidade (km/l)	Estrada (km/l)	Cidade (km/l)	Estrada (km/l)	

Quilometragem por Litro				Consumo Energético (MJ/km)
Etanol		Gasolina ou Diesel ou Elétrico (km/l equivalente)		
Cidade (km/l)	Estrada (km/l)	Cidade (km/l)	Estrada (km/l)	

III. Calcular as emissões “do poço a roda”.

Veículos Mono Combustível (combustão ou híbrido) ou Elétrico

As emissões do poço a roda para os veículos mono combustível ou elétrico é o produto da multiplicação do consumo energético pela intensidade de carbono do combustível:

$$CO_{2eq} = \underbrace{\text{Consumo Energético}}_{\text{INMETRO}} \times \underbrace{\text{Intensidade de Carbono}}_{\text{ANEXO 1}}$$

EXEMPLOS (fonte: PBEV 2022 / Anexo 1 - 2020)

- i. Veículo a gasolina (veículo pequeno de luxo)

$$CO_{2eq} = 2,29 \text{ MJ/km} * 77,52 \text{ g } CO_{2eq}/\text{MJ} = 178 \text{ g } CO_{2eq}/\text{km}$$

- ii. Veículo a diesel (caminhonete)

$$CO_{2eq} = 2,54 \text{ MJ/km} * 82,40 \text{ g } CO_{2eq}/\text{MJ} = 209 \text{ g } CO_{2eq}/\text{km}$$

- iii. Veículo elétrico (veículo pequeno)

$$CO_{2eq} = 0,46 \text{ MJ/km} * 31,77 \text{ g } CO_{2eq}/\text{MJ} = 15 \text{ g } CO_{2eq}/\text{km}$$



CARTILHA: DO POÇO À RODA - VEÍCULOS LEVES

CÁLCULO "PASSO A PASSO"

As emissões do poço a roda para os veículos flex é um pouco mais complexa de se calcular pois no site do INMETRO não está disponível o Consumo Energético de cada combustível. Primeiramente será calculado o Consumo Energético com etanol (CE_{E100}) e com gasolina (CE_{E22}) baseado nos dados de autonomia de cada combustível em km/L do INMETRO:

Veículos Flex (combustão ou híbrido)

$$CE_{E100} = \left[\underset{\substack{\text{Densidade energética dos combustíveis} \\ \text{(MJ/L) conforme NBR 7024 (Anexo2)}}}{20,09} / \left[\frac{\underset{\substack{\text{Autonomia estrada [km/l]} \\ \text{(a)}}}{(Autonomia estrada [km/l] * 1,3466)}}{1 - (Autonomia estrada [km/l] * 0,0032389)}} \right] \times 0,45 + \left[\frac{\underset{\substack{\text{Autonomia cidade [km/l]} \\ \text{(a)}}}{(Autonomia cidade [km/l] * 1,18053)}}{1 - (Autonomia cidade [km/l] * 0,0076712)}} \right] \times 0,55$$
$$CE_{E22} = \left[28,99 / \left[\frac{(Autonomia estrada [km/l] * 1,3466)}{1 - (Autonomia estrada [km/l] * 0,0032389)}} \right] \times 0,45 + \left[\frac{(Autonomia cidade [km/l] * 1,18053)}{1 - (Autonomia cidade [km/l] * 0,0076712)}} \right] \times 0,55$$

(a) Dados INMETRO. * Conversão da autonomia ajustada conforme Portaria INMETRO 377/2011.

CARTILHA: DO POÇO À RODA - VEÍCULOS LEVES

CÁLCULO “PASSO A PASSO”

Depois se calcula as emissões do poço a roda, multiplicando o consumo energético de cada combustível pela sua intensidade de carbono (conforme Anexo 1) e pelo fator de uso (conforme anexo 3):

$$CO_{2eq} = CE_{E100} \times IC_{E100} \times FU + CE_{E22} \times IC_{E22} \times (1 - FU)$$

ANEXO 1
ANEXO 3

EXEMPLOS (fonte: PBEV 2022 / Anexo 1 & 3 - 2020)

i. Veículo flex a combustão (veículo grande)

$$CE_{E100} = \left[20,09 / \left(\frac{9,8 * 1,3466}{1 - (9,8 * 0,0032389)} \right) \right] \times 0,45 + \left[20,09 / \left(\frac{8,3 * 1,18053}{1 - (8,3 * 0,0076712)} \right) \right] \times 0,55 = 1,72$$

$$CE_{E22} = \left[28,99 / \left(\frac{14,2 * 1,3466}{1 - (14,2 * 0,0032389)} \right) \right] \times 0,45 + \left[28,99 / \left(\frac{11,9 * 1,18053}{1 - (11,9 * 0,0076712)} \right) \right] \times 0,55 = 1,68$$

$$CO_{2eq} = 1,72 \times 28,52 \times 0,28 + 1,68 \times 77,52 \times (1 - 0,28) = 108 \text{ gCO}_{2eq} / \text{km}$$

ii. Veículo híbrido flex (grande)

$$CE_{E100} = \left[20,09 / \left(\frac{10,5 * 1,3466}{1 - (10,5 * 0,0032389)} \right) \right] \times 0,45 + \left[20,09 / \left(\frac{11,8 * 1,18053}{1 - (11,8 * 0,0076712)} \right) \right] \times 0,55 = 1,34$$

$$CE_{E22} = \left[28,99 / \left(\frac{15,4 * 1,3466}{1 - (15,4 * 0,0032389)} \right) \right] \times 0,45 + \left[28,99 / \left(\frac{17,9 * 1,18053}{1 - (17,9 * 0,0076712)} \right) \right] \times 0,55 = 1,25$$

$$CO_{2eq} = 1,34 \times 28,52 \times 0,28 + 1,25 \times 77,52 \times (1 - 0,28) = 80 \text{ gCO}_{2eq} / \text{km}$$

CARTILHA: DO POÇO À RODA - VEÍCULOS LEVES

ANEXOS

ANEXO 1	Intensidades de Carbono dos Energéticos (CO ₂ /MJ)				
		2019	2020	2027	2032
	Etanol hidratado (E100)	28,45	28,52	24,63	21,61
	Eletricidade	34,22	31,77	22,58	26,62
	Gasolina (E22)	77,54	77,52	76,9	76,44
Diesel B7	82,41	82,40	82,37	82,21	

ANEXO 2	Densidade Energética dos Combustíveis Conforme NBR 7094	MJ/L
	Gasolina E22	28,99
	Etanol Hidratado (E100)	20,09
	Diesel	35,65

ANEXO 3	Fatores de uso de etanol por energia (FU) ⁴			
	2019	2020	2027	2032
	30%	28%	38%	38%



⁴ Cálculo realizado a partir das demandas de energéticos (energia) ao longo dos anos. Demanda de Etanol sobre a Demanda Total de Combustíveis do Ciclo Otto.

Acesse e Faça o Download do Conteúdo Completo no Site AEA

www.aea.org.br → **Comissões Técnicas e GT's** → **Publicações Técnicas**

*também será disponibilizada uma “calculadora” para ajudar nos cálculos

Obrigada



Raquel Mizoe

Diretora de Emissões e Consumo de Veículos Leves AEA



diretoria@aea.org.br

Exemplos: Fonte PBEV (2022) & 2020 como ano de referência

15 gCO_{2eq}/km

- Veículo elétrico pequeno

80 gCO_{2eq}/km

- Veículo Híbrido Flex grande

108 gCO_{2eq}/km

- Veículo Flex grande

178 gCO_{2eq}/km

- Veículo à gasolina pequeno de luxo

209 gCO_{2eq}/km

- Caminhonete à diesel

*Flex calculado baseada na demanda etanol/gasolina do anexo III