

Índice de Mortes por Bilhão de Quilômetros Percorridos - Metodologia e Memorial de Cálculo

Jorge Tiago Bastos Coca Ferraz Pedro Augusto Borges dos Santos
Louise Fuhrmann Marco Antonio Silva Guibor

2023-11-13

Índice

1	Objetivos e escopo do documento	2
2	Diretrizes iniciais	3
3	Planilha Full Data Auxiliar	3
3.1	Aba ONSV_AUX_<ANO>: Frota de veículos	3
3.1.1	Tabela 1: Frota por tipo de combustível	3
3.1.2	Tabela 2: Sintetização da Tabela 1	3
3.1.3	Tabela 3: Frota por tipo de veículo	4
3.1.4	Fator de correção da frota	4
3.1.5	Tabela 4: Correção da Tabela 3 pelo fator de correção	5
3.2	Aba <ESTADO>: Frota por estado	5
3.2.1	Tabela 5 e Tabela 6: Frota	6
3.2.2	Tabela 7: Veículos elétricos	6
3.2.3	Ônibus, Micro-ônibus, Caminhão e Caminhão Trator	6
3.2.4	Motocicleta e Motoneta	6
3.2.5	Tabela 8: Utilitários	6
3.2.6	Tabela 9: Automóveis	7
3.2.7	Tabela 10: Caminhonetes e Camionetas	8
3.2.8	Tabela 11: Resumo das frotas por tipo e combustível; por estado	8
3.2.9	Aba ONSV_<ANO>: Resultados da frota agregada	8
4	Planilha Full Data	8
4.1	Aba MOR: Mortes no Trânsito	8
4.2	Aba DEN: Frota por tipo de veículo	8
4.3	Aba POP: População Brasileira	9

4.4	Aba COMB: Consumo de combustível	9
4.4.1	Tabela 12: Fatores de Correção - Diesel - CORR-DSL	9
4.4.2	Fator de Correção 1: Valor Nacional - BEN	9
4.4.3	Fator de Correção 2: Transformação - BEN	11
4.4.4	Fator de Correção 3: Setor Energético - BEN	11
4.4.5	Fator de Correção 4: Comercial - BEN	11
4.4.6	Fator de Correção 5: Setor Público - BEN	11
4.4.7	Fator de Correção 6: Setor Industrial - BEN	11
4.4.8	Fator de Correção 7: Diesel Agropecuário - Aba AGRO_DSL	12
4.4.9	Fator de Correção 8: Diesel Ferroviário - Aba FERRO_DSL	12
4.4.10	Fator de Correção 9: Diesel Hidroviário - Aba HIDRO_DSL	12
4.5	Fator de Correção do Álcool: CORR_ALC	13
4.5.1	Fator de Correção 1: Valor Nacional - CORR_ALC	13
4.5.2	Fator de Correção 2: Consumo não energético - CORR_ALC	13
4.5.3	Fatores de Correção: Aba CORR	14
4.6	Aba GNV: Gás Natural Veicular	14
4.7	Aba COMB_CORR: Combustível Corrigidos	14
4.8	Flex	14
4.9	Aba TAX: Taxa de consumo de combustível	15
4.10	Aba KM-ANO: Quilometragem percorrida	15
4.11	Distribuição dos veículos conforme os combustíveis	15
4.11.1	Aba DIST_<COMB>_<VEIC>: Tabela 17	15
4.11.2	Aba DIST_<COMB>_<VEIC>: Tabela 18	16
4.11.3	Aba DIST_<COMB>_TOT: Tabela 19	16
4.12	Aba DIST_FROT_TOT	16
4.13	Aba KMA.FROT: Quilometragem total	16
4.14	Aba KMA: Quilometragem média anual	16
4.15	Aba INDICE: Índice de mortes por bilhão de quilômetros percorridos	16

1 Objetivos e escopo do documento

O presente documento tem como objetivo apresentar a metodologia utilizada para estimar o valor do índice de mortes por quilômetro percorrida pela frota de veículos rodoviários no Brasil e em cada estado da federação durante a 1ª Década de Ação pela Segurança no Trânsito (2011-2021) com o intuito de obter um diagnóstico atualizado e mais preciso acerca da evolução do desempenho da segurança viária no país.

Este índice é composto pelos três indicadores: o número de mortes em sinistros de trânsito a frota de veículos e o volume de vendas por combustível.

2 Diretrizes iniciais

A seguir está apresentado o passo a passo necessário para calcular o índice de mortes por bilhão de quilômetros. Para isto, é necessário utilizar duas planilhas. A primeira é intitulada **Full data auxiliar <ANO> - <ANO>** e está relacionada a frota de veículos. A segunda planilha intitulada **Full data <ANO> - <ANO>** apresenta todos os dados necessários para o cálculo do índice, após a adição das abas **ONSV_ANO** da planilha auxiliar.

Nesta planilha, as células em **vermelho/laranja** devem ser alteradas, isto é, são inputs, as demais são calculadas automaticamente. As palavras em **azul**, neste relatório, referem-se a arquivos em si, abas ou tabelas da planilha.

3 Planilha Full Data Auxiliar

3.1 Aba **ONSV_AUX_<ANO>**: Frota de veículos

Os dados da frota nacional de veículos foram obtidos por meio do Registrado Nacional de Veículos Automotores (RENAVAM) que contém a frota de veículos brasileira de acordo com a Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN, 2023). Estes dados¹ são divulgados para cada estado da federação de forma desagregada por ano de fabricação, CEP, tipo de combustível, cor, potência, tipo de restrição, marca e modelo ou tipo espécie e eixos. Para este estudo, é necessário conhecer a quantidade da frota agregada por tipo de combustível, por categoria de veículo e por estado. No entanto, como a base de dados apresenta ou a frota por categoria de veículo ou por tipo de combustível para cada estado foram realizados alguns procedimentos para agregar estes dois conjuntos de dados. Inicialmente, deve-se baixar as planilhas “quantidade de veículos por uf município e combustível” e “frota por uf e tipo de veículo” ambas no **mês de junho**.

3.1.1 Tabela 1: Frota por tipo de combustível

Em seguida, deve-se inserir os dados referentes a quantidade de veículos por combustível por estado na **Tabela 1** da planilha.

3.1.2 Tabela 2: Sintetização da Tabela 1

No Quadro 1, estão os tipos de combustíveis disponíveis nos dados do SENATRAN e a sintetização dos combustíveis nas categoriais mais relevantes para esta pesquisa, visto que há uma grande diversidade de combustíveis. Assim, nesta pesquisa foram consideradas as seguintes categorias de combustíveis: veículos à álcool, a gás natural veicular (GNV), a diesel, flex, elétricos e a gasolina. Na planilha, a **Tabela 2** apresenta apenas os dados das categorias citadas anteriormente.

Quadro 1 - Combustíveis considerados na análise:

Tipo de Combustível	Categoria Considerada
ALCOOL	ALCOOL
ALCOOL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL	ALCOOL
ALCOOL/GAS NATURAL VEICULAR	GNV
ALCOOL/GASOLINA	FLEX
DIESEL	DIESEL
DIESEL/ELETRICO	ELÉTRICO
DIESEL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL	DIESEL
DIESEL/GAS NATURAL VEICULAR	GNV

¹<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/senatran/estatisticas>

ELETRICO/FONTE EXTERNA	ELÉTRICO
ELETRICO/FONTE INTERNA	ELÉTRICO
ETANOL/ELETRICO	ELÉTRICO
GAS METANO	DESCONSIDERADO
GAS NATURAL VEICULAR	GNV
GAS/NATURAL/LIQUEFEITO	DESCONSIDERADO
GASOGENIO	DESCONSIDERADO
GASOL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL	GASOLINA
GASOLINA	GASOLINA
GASOLINA/ALCOOL/ELETRICO	ELÉTRICO
GASOLINA/ALCOOL/GAS NATURAL	GNV
GASOLINA/ELETRICO	ELÉTRICO
GASOLINA/GAS NATURAL VEICULAR	GNV
HÍBRIDO PLUG-IN	DESCONSIDERADO

3.1.3 Tabela 3: Frota por tipo de veículo

Em seguida, utilizou-se os dados do RENAVAM referentes a categoria de veículos para realizar uma seleção das categorias de veículos relevantes para esta pesquisa. No Quadro 2, estão representadas as categorias e quais foram considerados ou desconsiderados. Assim, nesta pesquisa as categorias consideradas são: automóvel, caminhão, caminhão trator, caminhonete, camioneta, micro-ônibus, motocicleta, motoneta, ônibus e utilitário. Na planilha, deve-se preencher a [Tabela 3](#) apenas com as categorias consideradas.

Quadro 2 - Veículos considerados na análise:

Tipo de Veículo SENATRAN	Categoria Considerada
AUTOMÓVEL	CONSIDERADO
BONDE	DESCONSIDERADO
CAMINHÃO	CONSIDERADO
CAMINHÃO TRATOR	CONSIDERADO
CAMINHONETE	CONSIDERADO
CAMIONETA	CONSIDERADO
CHASSI PLATAFORMA	DESCONSIDERADO
CICLOMOTOR	DESCONSIDERADO
MICRO-ÔNIBUS	CONSIDERADO
MOTOCICLETA	CONSIDERADO
MOTONETA	CONSIDERADO
ÔNIBUS	CONSIDERADO
QUADRICICLO	DESCONSIDERADO
REBOQUE	DESCONSIDERADO
SIDE-CAR	DESCONSIDERADO
OUTROS	DESCONSIDERADO
TRATOR ESTEIRA	DESCONSIDERADO
TRATOR RODAS	DESCONSIDERADO
TRICICLO	DESCONSIDERADO
UTILITÁRIO	CONSIDERADO

3.1.4 Fator de correção da frota

Com as duas bases de dados apenas com os dados relevantes para a pesquisa, foi verificado que havia uma diferença no total da frota por categoria e da frota por combustível de modo que foi necessário aplicar um fator de correção para poder calcular a frota agregada por categoria e por

combustível para cada estado, o fator de correção FC_{frota} foi calculado conforme a Equação 1, onde o numerador F_{ct} é o total da frota da Tabela 2 e o denominador F_{vt} é o total da frota da Tabela 3.

$$FC_{frota} = \frac{F_{ct}}{F_{vt}} \quad (1)$$

3.1.5 Tabela 4: Correção da Tabela 3 pelo fator de correção

Para esta pesquisa, os dados da frota por tipo de veículo foram seguidos fielmente e os da frota por combustível foram utilizados apenas como uma referência para os cálculos. Por isso, o fator de correção calculado anteriormente é utilizado para multiplicar cada valor da Tabela 3, resultando na Tabela 4.

3.2 Aba <ESTADO>: Frota por estado

Em seguida, foi necessário considerar algumas premissas para encontrar a quantidade da frota por veículo e por combustível de forma agregada. Para isto, foi considerado, conforme o Quadro 3, os seguintes combustíveis para as seguintes categorias de veículos.

Quadro 3 - Relação tipo de combustível – Categoria de veículo:

Categoria de veículo	Tipo de combustível
AUTOMÓVEL	GNV
	FLEX
	ÁLCOOL
	GASOLINA
	ELÉTRICO
CAMINHÃO	DIESEL
CAMINHÃO TRATOR	DIESEL
CAMINHONETE	GASOLINA
	DIESEL
	ELÉTRICO
CAMIONETA	GASOLINA
	DIESEL
	ELÉTRICO
MICRO-ÔNIBUS	DIESEL
MOTOCICLETA	GASOLINA
MOTONETA	GASOLINA
ÔNIBUS	DIESEL
UTILITÁRIO	FLEX
	GASOLINA
	ELÉTRICO

Foi realizado alguns procedimentos e verificou-se que com estas premissas, é possível calcular a frota. Nas próximas seções, encontra-se a metodologia que deve ser utilizada para determinar a frota por tipo de combustível e por tipo de veículo para cada estado. A variação que pode haver de estado para estado é a presença ou não da gasolina nos veículos de passeio². Assim, cada estado em cada ano possui uma Caixa de Texto na planilha onde está especificado conforme o uso ou não dos combustíveis para cada tipo de veículo.

²Automóveis, utilitários, caminhonetes e camionetas.

3.2.1 Tabela 5 e Tabela 6: Frota

As Tabelas 5 e 6 correspondem, respectivamente, a frota por combustível (Tabela 2) e a frota corrigida por tipo de veículo (Tabela 4) de cada ano e estado. Na Tabela 6, há uma terceira coluna que representa a quantidade de veículos desconsiderando os veículos elétricos, calculados na Tabela 7, para poder determinar a quantidade de veículos para cada combustível.

3.2.2 Tabela 7: Veículos elétricos

Nesta pesquisa, apenas o automóvel, a caminhonete, a camioneta e o utilitário apresentaram a modalidade elétrica. Assim, para determinar a quantidade destes veículos, deve-se calcular, primeiramente, a quantidade total de veículos de passeio VP_t , ou seja, todos os veículos que possuem uma parcela elétrica (Equação 2).

$$VP_t = Automoveis + Caminhonetes + Camionetas + Utilitrios \quad (2)$$

Em seguida, deve-se extrair a proporção destes veículos, isto é, calcular a porcentagem que cada categoria possui do resultado da Equação 2 por meio da Equação 3. Aqui, P_{tipo} representa essa proporção, F_{tipo} representa o tamanho da frota *tipo* e F_{elec} representa o tamanho da frota de veículos elétricos.

$$P_{tipo} = \frac{F_{tipo}}{F_{elec}} \quad (3)$$

Assim, ao multiplicar os resultados da Equação 3 com o valor da frota elétrica Tabela 5, tem-se a quantidade de veículos elétricos para cada categoria. A quantidade de veículos para cada categoria desconsiderando os modelos elétricos é determinada pela subtração da segunda coluna da Tabela 6 pelo resultado da multiplicação da Equação 2 pela frota elétrica (Tabela 5) para cada categoria, apresentando o resultado na terceira coluna da Tabela 6.

3.2.3 Ônibus, Micro-ônibus, Caminhão e Caminhão Trator

A frota de ônibus, micro-ônibus, caminhão e caminhão-trator foi considerada apenas com o combustível óleo diesel, portanto não foi necessário nenhum procedimento de cálculo.

3.2.4 Motocicleta e Motoneta

A frota de motocicleta e motoneta foi considerada apenas com a gasolina, portanto não foi necessário nenhum procedimento de cálculo.

3.2.5 Tabela 8: Utilitários

Os veículos utilitários foram divididos em flex e gasolina. Como os automóveis também foram considerados flex, é necessário incluir os dados dos automóveis para determinar a quantidade de utilitários flex. O primeiro passo consiste em calcular o total de automóveis e utilitários. Em seguida, deve-se calcular a proporção de automóveis e utilitários em relação a soma de ambos.

Dependendo do estado, esta proporção pode ou não ser utilizada para determinar a quantidade de utilitários flex. Há algumas condições que devem ser impostas para não haver um resultado negativo para a quantidade de veículos flex: se a multiplicação da porcentagem de utilitários pela frota flex (álcool/gasolina) for superior a quantidade total de utilitários, deve-se considerar que a quantidade total de utilitários é totalmente flex, sem a parcela da gasolina. Caso contrário, se a multiplicação da porcentagem de utilitários pela frota flex (álcool/gasolina) for inferior a

quantidade total de utilitários, deve-se utilizar o resultado desta multiplicação para a quantidade de utilitários flex. Este cálculo está representado na Equação 4.

$$U_{flex} = \begin{cases} U, & \text{se } (flex \times P_U) > U \\ flex \times P_U, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4)$$

Em que U_{flex} é a frota de utilitários flex, U é a frota de utilitários, $flex$ é a frota de veículos flex e P_U é a proporção de utilitários em comparação com a frota automóveis + utilitários.

Por fim, para determinar a quantidade de utilitários à gasolina, basta subtrair os utilitários flex dos utilitários. Lembrando que como os veículos flex operam em álcool e gasolina, ao não haver nenhum veículo à gasolina, isto significa que não há nenhum veículo a gasolina pura.

3.2.6 Tabela 9: Automóveis

Os automóveis foram divididos em quatro categorias, sendo que todos os veículos à álcool e a GNV foram considerados como automóveis. Para determinar a quantidade de automóveis flex, deve-se realizar o cálculo conforme a Equação 5, em que algumas condições foram estabelecidas para que não haja uma quantidade superior de automóveis flex do que o disponível em automóveis.

Na Equação 5, caso a multiplicação da proporção de automóveis pela frota flex resultar maior que a quantidade de automóveis (Tabela 6) ou se a soma da quantidade de automóveis a álcool, a GNV e flex resultar superior a quantidade de automóveis, em ambos os casos, haveria um aumento na quantidade da frota. Por isso, nestes dois casos, a quantidade de veículos flex é determinada pela subtração da frota de automóveis (Tabela 6) pela frota de automóveis a álcool e a GNV. Dessa forma, não há nenhum automóvel repetido ou faltando e, portanto, não há nenhum automóvel a gasolina pura.

Caso essas condições resultem em um valor inferior a quantidade de automóveis, a quantidade de automóveis flex é determinada pela multiplicação da proporção de automóveis pela frota flex.

$$A_{flex} = \begin{cases} A - A_{alcool} - A_{GNV}, & \text{se } (P_A \times flex > A) \vee (A_{alcool} + A_{GNV} + P_A \times flex > A) \\ flex \times P_A, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (5)$$

Notação:

- A : Frota total de automóveis
- A_{flex} : Frota de automóveis flex
- A_{alcool} : Frota de automóveis à álcool
- A_{GNV} : Frota de automóveis à GNV
- P_A : Proporção de automóveis em comparação com a frota automóveis + utilitários

O valor de automóveis à gasolina é obtido por meio da Equação 6, podendo retornar positivo ou nulo. O cálculo apresenta a seguinte condição, caso subtração da quantidade de automóveis pela quantidade da frota de automóveis a álcool, a GNV e flex resulte negativa, não há automóveis a gasolina. No entanto, caso o resultado seja positivo, este valor representa a quantidade de automóveis a gasolina.

$$A_{gasolina} = \begin{cases} 0, & \text{se } A - A_{alcool} - A_{flex} - A_{GNV} < 0 \\ A_{alcool} - A_{flex} - A_{GNV}, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (6)$$

3.2.7 Tabela 10: Caminhonetes e Camionetas

As caminhonetes e as camionetas foram divididas em elétricas, a gasolina e a diesel. Na Tabela 10, inicialmente, é necessário determinar a frota de diesel disponível ($diesel_{disp}$), visto que outros veículos utilizam apenas diesel (caminhão, caminhão trator, micro-ônibus e ônibus; presentes na Tabela 6), isto é calculado pela Equação 7, com a subtração entre a frota total a *diesel* e os tipos previamente descritos

$$diesel_{disp} = diesel - caminhao - caminhao-trator - micro-onibus - onibus \quad (7)$$

Em seguida, é realizada a mesma proporção que foi realizada anteriormente (para os automóveis e utilitários), para caminhonetes e camionetas já descontando a parcela que é elétrica de ambos os veículos. O próximo passo consiste em determinar a quantidade de caminhonetes e camionetas que são à gasolina, subtraindo a frota total destes tipos pelas quantias que são à diesel.

3.2.8 Tabela 11: Resumo das frotas por tipo e combustível; por estado

A Tabela 11 apresenta o resultado de cada tipo de veículo por tipo de combustível em cada estado e ano.

3.2.9 Aba ONSV_<ANO>: Resultados da frota agregada

Nesta aba, encontra-se os resultados agrupados pela categoria veicular e tipo de combustível por estado. Deve-se inserir esta aba na Planilha Full Data.

4 Planilha Full Data

4.1 Aba MOR: Mortes no Trânsito

As informações sobre as mortes no trânsito foram obtidas por meio do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS)³. Selecionou-se os óbitos por ocorrência dentro dos seguintes grupos CID10:

- Pedestre traumatizado em um acidente de transporte;
- Ciclista traumatizado em um acidente de transporte;
- Motociclistas traumatizado em um acidente de transporte;
- Ocupante triciclo motorizado traumatizado em acidente de transporte;
- Ocupante automóvel traumatizado em acidente de transporte;
- Ocupante caminhonete traumatizado em acidente de transporte;
- Ocupante de veículo de transporte pesado traumatizado em acidente de transporte;
- Ocupante de ônibus traumatizado em acidente de transporte;
- Outros acidentes de transporte terrestre.

4.2 Aba DEN: Frota por tipo de veículo

As informações referentes a frota por tipo de veículo estão no site da Secretária Nacional de trânsito. Deve-se realizar o mesmo procedimento da Seção 3.1.3

³Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/mortalidade-desde-1996-pela-cid-10>

4.3 Aba POP: População Brasileira

Nesta aba, há a população para cada ano conforme os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Deve-se utilizar os dados do Censo 2010⁴ e para os demais anos utiliza-se as estimativas do CGU⁵

4.4 Aba COMB: Consumo de combustível

Nesta pesquisa, foi necessário encontrar a quantidade de cada combustível comercializado em cada ano por estado. Os combustíveis mais utilizados pela frota brasileira de veículos são o óleo diesel, o álcool hidratado, a gasolina e o Gás Natural Veicular. Por isso, esses tipos foram considerados nesta pesquisa e foram realizados os procedimentos a seguir para encontrar o consumo individual destes combustíveis.

Os dados da quantidade de combustível vendida para cada estado em cada ano são disponibilizados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)⁶. Na seção [Vendas de derivados de petróleo e biocombustíveis](#), deve-se baixar a planilha [Vendas, pelas distribuidoras, dos derivados combustíveis de petróleo \(metros cúbicos\)](#), que contém o tipo de combustível por estado, mas pode-se encontrar também as planilhas separadas por combustível e município, além disso deve-se realizar a conversão para litros já que os valores estão em metro cúbico ($1\text{m}^3 = 1.000\text{L}$).

A partir de 2013, a ANP não disponibilizou os dados sobre a venda do gás natural veicular, assim, houve a necessidade de utilizar dados antigos para estimar a quantidade vendida atualmente. Além disso, apesar da maioria dos volumes de combustíveis comercializados serem destinados ao transporte rodoviário, ainda há outros usos conforme o tipo de combustível. Por isso, foi necessário aplicar alguns fatores de correção.

4.4.1 Tabela 12: Fatores de Correção - Diesel - CORR-DSL

Para os fatores de correção relacionados a valor nacional, transformação, setor energético, setor comercial, setor público e setor industrial, foi necessário utilizar os dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) que anualmente elabora um relatório com o Balanço Energético Nacional⁷. Neste relatório encontra-se a “Tabela 2.19” (Figura 1) onde estão os valores para poder determinar os fatores de correção.

Nesta tabela, o consumo total corresponde ao valor nacional. Na aba CORR_DSL, há a [Tabela 12](#) que deve ser preenchida com os valores referentes ao Brasil da Figura 1.

4.4.2 Fator de Correção 1: Valor Nacional - BEN

Para calcular o Fator de Correção 1 (FC_1) que é referente ao valor nacional apresentado na Figura 1 como consumo total em 10^3 m^3 , deve-se multiplicar este valor por 1.000.000 para transformar em litros. Além disso, deve-se calcular a proporção que cada estado contribuiu nas vendas da ANP em cada ano e, assim, seguir a Equação 8.

$$FC_1 = \frac{P_{ANP} \times \text{valor-nacional}}{ANP} \quad (8)$$

⁴Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9673>

⁵Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>.

⁶Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>

⁷Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>

Figura 1: Óleo diesel total

Tabela 2.19 – Óleo Diesel Total¹Table 2.19 – Total Diesel Oil¹10³ m³

FLUXO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	FLOW
PRODUÇÃO	52.118	52.770	53.092	48.607	44.284	46.628	46.603	47.981	49.619	51.636	PRODUCTION
IMPORTAÇÃO	10.024	11.275	6.940	8.469	12.955	11.650	13.008	11.995	14.437	14.385	IMPORT
EXPORTAÇÃO	-1.030	-936	-768	-832	-687	-1.429	-600	-950	-590	-645	EXPORT
VARIAÇÃO DE ESTOQUES, PERDAS E AJUSTES ²	-427	-367	366	-166	-132	209	-214	-154	33	-660	STOCK VARIATIONS, LOSSES AND ADJUSTMENTS ²
CONSUMO TOTAL	60.686	62.742	59.630	56.078	56.420	57.058	58.796	58.871	63.499	64.715	TOTAL CONSUMPTION
TRANSFORMAÇÃO ³	3.814	4.696	3.471	1.808	1.556	1.719	1.976	1.943	2.285	1.698	TRANSFORMATION ³
CONSUMO FINAL	56.872	58.047	56.159	54.270	54.864	55.339	56.820	56.928	61.213	63.016	FINAL CONSUMPTION
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	56.872	58.047	56.159	54.270	54.864	55.339	56.820	56.928	61.213	63.016	FINAL ENERGY CONSUMPTION
SETOR ENERGÉTICO	869	945	972	761	672	656	660	591	602	686	ENERGY SECTOR
COMERCIAL	7	8	5	10	16	27	36	38	45	57	COMMERCIAL
PÚBLICO	6	5	3	3	3	2	5	6	7	5	PUBLIC
AGROPECUÁRIO	6.944	7.292	7.461	7.288	7.863	7.865	8.067	8.276	8.298	8.468	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
TRANSPORTES	47.686	48.372	46.400	44.953	45.104	45.570	46.815	46.709	50.861	52.244	TRANSPORTATION
RODOVIÁRIO	46.082	46.770	44.850	43.444	43.513	43.839	45.109	45.091	49.229	50.571	HIGHWAYS
FERROVIÁRIO	1.202	1.186	1.145	1.123	1.217	1.362	1.281	1.249	1.237	1.251	RAILROADS
HIDROVIÁRIO	402	416	405	386	374	369	425	370	396	423	WATERWAYS
INDUSTRIAL	1.361	1.425	1.318	1.255	1.206	1.219	1.237	1.308	1.400	1.557	INDUSTRIAL
CIMENTO	80	85	70	65	61	65	70	77	38	52	CEMENT
FERRO-GUSA E AÇO	44	42	34	30	33	32	32	35	46	44	PIG-IRON AND STEEL
MINERAÇÃO E PELOTIZAÇÃO	467	500	465	454	434	427	441	450	522	555	MINING/PELLETIZATION
QUÍMICA	27	23	21	19	21	21	20	22	25	27	CHEMICAL
ALIMENTOS E BEBIDAS	306	293	282	286	276	277	282	279	275	309	FOODS AND BEVERAGES
TÊXTIL	7	5	3	2	2	1	2	1	1	0	TEXTILES
PAPEL E CELULOSE	161	194	204	216	217	243	226	273	307	382	PAPER AND PULP
CERÂMICA	29	31	28	23	20	19	22	21	25	23	CERAMICS
OUTROS	240	252	209	160	142	134	143	151	162	164	OTHERS

4.4.3 Fator de Correção 2: Transformação - BEN

Para calcular o Fator de Correção 2 (FC_2) que é referente a transformação apresentada na Figura 1 em 10^3 m^3 , deve-se multiplicar este valor por 1.000.000 para transformar em litros. Além disso, deve-se calcular a proporção que cada estado contribuiu nas vendas da ANP em cada ano e, assim, seguir a Equação 9.

$$FC_2 = 1 - \frac{P_{ANP} \times transformacao}{ANP} \quad (9)$$

4.4.4 Fator de Correção 3: Setor Energético - BEN

Para calcular o fator de correção 3 (FC_3) que é referente ao setor energético apresentado na Figura 1 em 10^3 m^3 , deve-se multiplicar este valor por 1.000.000 para transformar em litros. Além disso, deve-se calcular a proporção que cada estado contribuiu nas vendas da ANP em cada ano e, assim, seguir a Equação 10.

$$FC_3 = 1 - \frac{P_{ANP} \times setor-energetico}{ANP} \quad (10)$$

4.4.5 Fator de Correção 4: Comercial - BEN

Para calcular o fator de correção 4 (FC_4) que é referente ao setor energético apresentado na Figura 1 em 10^3 m^3 , deve-se multiplicar este valor por 1.000.000 para transformar em litros. Além disso, deve-se calcular a proporção que cada estado contribuiu nas vendas da ANP em cada ano e, assim, seguir a Equação 11.

$$FC_4 = 1 - \frac{P_{ANP} \times comercial}{ANP} \quad (11)$$

4.4.6 Fator de Correção 5: Setor Público - BEN

Para calcular o fator de correção 5 (FC_5) que é referente ao setor energético apresentado na Figura 1 em 10^3 m^3 , deve-se multiplicar este valor por 1.000.000 para transformar em litros. Além disso, deve-se calcular a proporção que cada estado contribuiu nas vendas da ANP em cada ano e, assim, seguir a Equação 12.

$$FC_5 = 1 - \frac{P_{ANP} \times setor-publico}{ANP} \quad (12)$$

4.4.7 Fator de Correção 6: Setor Industrial - BEN

Para calcular o fator de correção 6 (FC_6) que é referente ao setor energético apresentado na Figura 1 em 10^3 m^3 , deve-se multiplicar este valor por 1.000.000 para transformar em litros. Além disso, deve-se calcular a proporção que cada estado contribuiu nas vendas da ANP em cada ano e, assim, seguir a Equação 10.

$$FC_6 = 1 - \frac{P_{ANP} \times setor-industrial}{ANP} \quad (13)$$

4.4.8 Fator de Correção 7: Diesel Agropecuário - Aba AGRO_DSL

Nesta aba, há o fator de correção do diesel que é destinado à agropecuária. O valor relacionado a agropecuária encontra-se na Figura 1 deste relatório em 10 m³, portanto deve-se realizar a transformação para litros. No entanto, como este valor é para todo o Brasil, foi necessário utilizar os dados mais recentes de venda de óleo diesel destinada a agropecuária por estado elaborado no Censo Agropecuário de 2006⁸, os valores encontram-se na página 561, na coluna óleo diesel e quantidade (1000 L). Assim, foi calculada uma proporção para determinar a parcela que cada estado possui na quantidade de litros vendidos. Seguindo a Equação 14, ao subtrair do total de óleo diesel comercializado no Brasil (Aba COMB) com a multiplicação desta percentagem pelo diesel agropecuário (Tabela 2.19) e dividir pelo óleo diesel comercializado no Brasil (Aba COMB), tem-se a quantidade de litros de óleo diesel destinado para agropecuária por estado.

$$FC_7 = \frac{D_{venda} - P_{2006} \times D_{agro}}{D_{venda}} \quad (14)$$

Em que:

- D_{venda} : Venda de óleo diesel (Aba COMB)
- P_{2006} : Proporção estadual da venda de óleo diesel destinada à agropecuária
- D_{agro} : Venda de diesel agropecuário

4.4.9 Fator de Correção 8: Diesel Ferroviário - Aba FERRO_DSL

Para calcular o fator de correção 8 (FC_8) que é referente ao transporte ferroviário apresentado na Figura 1 em 10³ m³, deve-se multiplicar este valor por 1.000.000 para transformar em litros. Como este valor é para todo o Brasil, precisa-se determinar quanto que cada estado vendeu em cada ano. Isto foi realizado com base na extensão de ferrovias que cada estado possui, conforme o IPEA⁹. O cálculo deste fator de correção está na Equação 15.

$$FC_8 = \frac{D_{venda} - P_{ferrovia} \times D_{ferrovias}}{D_{venda}} \quad (15)$$

- D_{venda} : Venda de óleo diesel (Aba COMB)
- $P_{ferrovia}$: Proporção estadual da extensão rodoviária
- $D_{ferrovias}$: Venda de diesel ferroviário

4.4.10 Fator de Correção 9: Diesel Hidroviário - Aba HIDRO_DSL

Para calcular o fator de correção 9 (FC_9) que é referente ao transporte hidroviário apresentado na Figura 1 em 10³ m³, deve-se multiplicar este valor por 1.000.000 para transformar em litros. Da mesma forma que os fatores de correção anteriores, é necessário determinar a malha hidroviária¹⁰ para cada estado, coletada do site do DNIT.

$$FC_9 = \frac{D_{venda} - P_{hidro} \times D_{ferrovias}}{D_{venda}} \quad (16)$$

- D_{venda} : Venda de óleo diesel (Aba COMB)
- P_{hidro} : Proporção estadual da extensão hidroviária
- D_{hidro} : Venda de diesel hidroviário

⁸Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Censo_Agropecuario/Censo_Agropecuario_2006/Segunda_Apuracao/censoagro2006_2apuracao.pdf

⁹Disponível em: https://www.ipea.gov.br/presenca/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=18

¹⁰Disponível em <http://servicos.dnit.gov.br/dnitcloud/index.php/s/oTpPRmYs5AAdiNr>

4.5 Fator de Correção do Álcool: CORR_ALC

Para os fatores de correção do álcool relacionados ao valor nacional e ao consumo não energético, foi necessário utilizar os dados fornecidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) que anualmente elabora um relatório com o Balanço Energético Nacional¹¹. Neste relatório há a Tabela 2.32 (Figura 2), onde estão os valores para poder determinar os fatores de correção. Ao final da Aba, há Tabela 13 "Outros usos do álcool", que deve ser preenchida com os dados da Figura 2.

Figura 2: Álcool Hidratado

Tabela 2.34 – Álcool Hidratado

Table 2.34 – Hydrated Alcohol

10³ m³

FLUXO	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	FLOW
PRODUÇÃO	15.603	16.296	18.685	16.549	15.999	23.693	24.548	22.187	18.345	19.252	PRODUCTION
IMPORTAÇÃO	97	584	420	478	0	38	0	0	0	0	IMPORT
EXPORTAÇÃO	-1.114	-752	-1.047	-837	-356	-615	-617	-802	-1.262	-996	EXPORT
VARIAÇÃO DE ESTOQUES, PERDAS E AJUSTES	-366	-1.231	1.526	118	-301	-2.142	244	-308	1.700	-131	STOCK VARIATIONS, LOSSES AND ADJUSTMENTS
CONSUMO TOTAL	14.220	14.897	19.584	16.308	15.342	20.973	24.175	21.078	18.782	18.125	TOTAL CONSUMPTION
CONSUMO FINAL	14.220	14.897	19.584	16.308	15.342	20.973	24.175	21.078	18.782	18.125	FINAL CONSUMPTION
CONSUMO FINAL NÃO-ENERGÉTICO	1.029	903	770	697	810	833	911	1.226	1.224	1.161	FINAL NON-ENERGY CONSUMPTION
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	13.191	13.994	18.814	15.611	14.531	20.141	23.264	19.852	17.559	16.964	FINAL ENERGY CONSUMPTION
AGROPECUÁRIO ¹	21	22	25	17	17	17	17	18	17	19	AGRICULTURE AND LIVESTOCK ¹
TRANSPORTES	13.170	13.972	18.789	15.594	14.514	20.124	23.247	19.834	17.541	16.945	TRANSPORTATION
RODOVIÁRIO	13.170	13.972	18.789	15.594	14.514	20.124	23.247	19.834	17.541	16.945	HIGHWAYS

¹ Utilizado como combustível em pequenas aeronaves agrícolas, para a atividade de fertilização. / ¹ Used as fuel in small agricultural aircraft, for the activity of fertilization.

4.5.1 Fator de Correção 1: Valor Nacional - CORR_ALC

O valor utilizado para o Valor Nacional encontra-se na Figura 2 deste relatório, como “consumo total”, em m³, portanto, deve-se passar para litros. Além disso, deve-se calcular qual a porcentagem que cada estado contribuiu nas vendas da ANP em cada ano e, assim, seguir a Equação 17.

$$FC_1 = \frac{A_{nacional} \times P_{estado}}{A_{venda}} \quad (17)$$

Em que:

- $A_{nacional}$: Valor nacional do álcool
- P_{estado} : Porcentagem de cada estado nas vendas da ANP
- A_{venda} : Venda de álcool (Aba COMB)

4.5.2 Fator de Correção 2: Consumo não energético - CORR_ALC

Nesta aba encontra-se os fatores de correção do álcool. O valor relacionado ao Consumo Não Energético (CNE) encontra-se na Figura 2 em m³, portanto deve-se passar para litros. Além disso, deve-se calcular a proporção que cada estado contribuiu nas vendas da ANP em cada ano e, assim, seguir a Equação 18.

$$FC_2 = 1 - \frac{CNE}{A_{nacional}} \quad (18)$$

¹¹Disponível em <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>

4.5.3 Fatores de Correção: Aba CORR

Nesta aba encontra-se todos os fatores de correção para os combustíveis analisados (álcool e óleo diesel).

4.6 Aba GNV: Gás Natural Veicular

Como os dados a partir de 2013 não estão mais disponíveis, foi necessário realizar uma regressão linear com os dados disponíveis dos anos anteriores para calcular a quantidade de gás natural veicular vendida nos anos de interesse deste relatório. A tabela a seguir apresenta os dados de Bastos (2014).

Tabela 3: Dados disponíveis de GNV

Ano	GNV [m^3]	Frota
2004	1.585.637.700	825.803
2005	1.935.630.120	1.031.943
2006	2.315.194.640	1.304.821
2007	2.558.266.740	1.490.943
2008	2.424.887.308	1.567.269
2009	2.101.595.310	1.618.643
2010	2.007.264.580	1.625.953
2011	1.971.808.910	1.668.058
2012	1.947.060.300	1.694.036

Como resultado da regressão ajustada, obteve-se a Equação 19 a seguir.

$$GNV[m^3] = 436,767 \times frota + 1.471.634.162 \quad (19)$$

Considerando que a frota a GNV para cada ano e estado já foi calculada anteriormente, ao substituir a frota total na Equação 19, obtem-se a quantidade de GNV vendida no Brasil em determinado ano. No entanto, por ser para todo o Brasil, é necessário determinar a quantidade para cada estado. Essa quantidade foi obtida por meio do cálculo de proporção da quantidade de veículos a GNV que cada estado possui (Tabela 14). Conforme a Equação 20, ao multiplicar a porcentagem de veículos a GNV em cada estado (P_{veic}) pela estimativa de GNV vendido no Brasil (GNV_{br}), tem-se a quantidade de GNV para cada estado (GNV_{uf}).

$$GNV_{uf} = GNV_{br} \times P_{veic} \quad (20)$$

4.7 Aba COMB_CORR: Combustível Corrigidos

Encontra-se a quantidade de combustível já com os fatores de correção aplicados para os combustíveis que necessitam deste fator.

4.8 Flex

Os preços médios do álcool e da gasolina foram usados como base para transformar os veículos flex em veículo à álcool ou à gasolina conforme os dados da ANP. Para isto, foram utilizados os dados do Anuário Estatístico da ANP¹². Deve-se baixar os seguintes arquivos:

¹²Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/anuario-estatistico-2022>

- “Tabela 4.8 – Preço médio do etanol hidratado combustível ao consumidor, segundo Grandes Regiões e Unidades da Federação – 2012-2021”
- “Tabela 3.20 – Preço médio da gasolina C ao consumidor, segundo Grandes Regiões e Unidades da Federação – 2012-2021”

Na planilha, para escolher entre gasolina ou álcool (E_{flex}) deve-se considerar o fato de a escolha ser pela gasolina quando o litro do álcool (L_{alcool}) é maior que 0,70 vezes o preço do litro da gasolina ($L_{gasolina}$). A seguir, está a Equação 21 que corresponde a este cálculo.

$$E_{flex} = \begin{cases} gasolina, & \text{se } L_{gasolina} \times 0,7 < L_{alcool} \\ alcool, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (21)$$

4.9 Aba TAX: Taxa de consumo de combustível

A Tabela 15 consiste na taxa de consumo de combustível para cada tipo de veículo em cada ano e é baseada nos dados do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)¹³, pelo INMETRO, para automóveis, utilitários, caminhonetes e camionetas. Para motocicletas, motonetas, caminhões, caminhões tratores, ônibus e micro-ônibus, utilizou os dados contidos no 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por veículos automotores rodoviários pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA)¹⁴. Em relação ao Gás Natural Veicular (GNV), foi utilizado os dados do Gasnet¹⁵.

4.10 Aba KM-ANO: Quilometragem percorrida

Nesta aba encontra-se a definição do valor da quilometragem percorrida por ano para cada veículo.

4.11 Distribuição dos veículos conforme os combustíveis

4.11.1 Aba DIST_<COMB>_<VEIC>: Tabela 17

Na Tabela 17 consta a frota que será utilizada para realizar os cálculos. Essa frota consiste na multiplicação da frota de um estado e ano específico conforme a Aba DEN pela porcentagem da Frota por tipo de veículo e combustível Junho/ - Aba ONSV ANO - para a maioria dos combustíveis, exceto para os veículos flex. Para os veículos flex, utiliza-se Equação 22 e Equação 23; e para os demais utiliza-se a Equação 24.

A Equação 22 é para os veículos flex à álcool e a Equação 23 é para os veículos flex à gasolina. O 0,95 consiste na parcela que corresponde à 95% dos veículos bicombustíveis que escolhem um tipo de combustível ao outro baseado na Aba FLEX.

$$flex_{alcool} = F_{senatran} \times P_{onsv} \times \begin{cases} 0,05, & \text{se } E_{flex} = gasolina \\ 0,95, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (22)$$

$$flex_{gas} = F_{senatran} \times P_{onsv} \times \begin{cases} 0,95, & \text{se } E_{flex} = gasolina \\ 0,05, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (23)$$

$$frota = F_{senatran} \times P_{onsv} \quad (24)$$

¹³Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular>

¹⁴Disponível em: http://anuario.antt.gov.br/index.php/content/view/5632/1___Inventario_Nacional_de_Emissoes_Atmosfericas_por_Veiculos_Automotores_Rodoviaros.html

¹⁵Disponível em: <https://www.gasnet.com.br/GNV/Entendendo>

Em que:

- $flex_{alcohol}$: Frota de veículos flex convertidos para álcool
- $flex_{gas}$: Frota de veículos flex convertidos para gasolina
- $F_{senatran}$: Frota de veículos com base nos dados da SENATRAM
- P_{onsv} : Proporção da frota de veículos calculado pelo ONSV

4.11.2 Aba DIST_<COMB>_<VEIC>: Tabela 18

A Tabela 18 representa os valores consumidos de gasolina ($C_{gasolina}$) em Litros para cada ano e estado. Para isto, deve-se seguir a Equação 25.

$$C_{gasolina} = \frac{D_{ano} \times frota}{T_{consumo}} \quad (25)$$

Em que:

- D_{ano} : Distância em quilômetros, percorrida por ano
- $frota$: Dimensão da frota
- $T_{consumo}$: Taxa de consumo

4.11.3 Aba DIST_<COMB>_TOT: Tabela 19

Em seguida, calcula-se a porcentagem de combustível total para cada estado, conforme a Tabela 19. Para isto, deve-se seguir a Equação 26. Após calcular esta percentagem para cada combustível, deve-se normalizar os resultados, de modo que a soma da porcentagem consumida pelos veículos de um mesmo combustível, estado e ano resultem em 100%, conforme a Tabela 20.

$$C_{total}[\%] = \frac{C_{estimado}}{C_{corrigido}} \quad (26)$$

4.12 Aba DIST_FROT_TOT

4.13 Aba KMA.FROT: Quilometragem total

4.14 Aba KMA: Quilometragem média anual

4.15 Aba INDICE: Índice de mortes por bilhão de quilômetros percorridos