



METODOLOGIA TERO.005, V1.0
TBS, TRANSPORTE, MUDANÇA DE COMBUSTÍVEL
TERO CARBON AVALIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES S.A.



TERO.005 - REDUÇÃO DE EMISSÕES DE GEE POR VEÍCULOS ELÉTRICOS

VERSÃO 1.0

METODOLOGIA, TRANSPORTE, MUDANÇA DE COMBUSTÍVEL

TERO CARBON AVALIAÇÕES E CERTIFICAÇÕES S.A.

IDENTIFICAÇÃO

METODOLOGIA	Redução de Emissões de GEE por Veículos Elétricos
VERSÃO	1.0
STATUS	Aprovada
DATA DA PUBLICAÇÃO	8 de julho de 2024 (08/07/2024)
AUTOR	BVM12 - Plataforma de Captação para Startups Ltda
PROGRAMA	Solução Baseada na Tecnologia (TBS)
SETOR	Transporte
TIPO	Mudança de Combustível
ATIVO GERADO	Crédito de Carbono (tCO ₂ e)
ATIVIDADES DO PROJETO	Substituição da frota terrestre por veículos elétricos
MITIGAÇÃO DE GEE	Redução de emissões de GEE

ACRÔNIMOS

CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CO₂e	Dióxido de carbono Equivalente
DCP	Documento de Concepção de Projeto
FENABRAVE	Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHG	Greenhouse Gases, em português, Gases de Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito do Petróleo
GNV	Gás Natural Veicular
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
MRV	Mensuração, Relato e Verificação
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
RENAVAM	Registro Nacional de Veículos Automotores
VE	Veículo Elétrico
TBS	Soluções Baseadas na Tecnologia, em Inglês, <i>Technology-Based Solutions</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

DEFINIÇÕES

Desenvolvedor	Empreendedor pessoa jurídica, admitida a pluralidade, que implementa, com base em uma metodologia, por meio de custeio, prestação de assistência técnica ou outra maneira, projetos de geração de créditos de carbono, em associação com o seu gerador.
Gerador	Pessoa física ou jurídica, povos indígenas ou povos e comunidades tradicionais que tenham a propriedade ou o usufruto de bem que se constitua como base para projetos de redução de emissões ou remoção de GEE.
Implementador	É a organização responsável pela governança do projeto durante o período de execução. Cabe ao implementador executar e/ou coordenar as atividades previstas nas metodologias.

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	7
2. PROGRAMA DA METODOLOGIA E ATIVO GERADO	7
3. ESCOPO DA METODOLOGIA	7
3.1 Aplicabilidade	7
3.2 Atividades do Projeto	7
3.3. Escopo Tecnológico	8
4. CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE	8
4.1. Proponente	8
4.2. Frota de Veículos Terrestres	8
4.3. Quantidade mínima de veículos	9
4.4. Substituição Voluntária da Frota à Combustão por VE	9
4.5. Dupla Contagem	9
4.6. Demonstrar Capacidade de MRV	9
5. PARTICIPANTES DO PROJETO	9
5.1. Gerador (Proponente)	10
5.2. Desenvolvedor	10
5.3. Implementador	10
6. GOVERNANÇA	10
6.1. Estrutura Organizacional	10
6.2. Estrutura de Processos	11
6.3. Infraestrutura Tecnológica	11
6.4. Monitoramento, Armazenamento e Controle de Dados	11
6.5. Evitação de Dupla-Contagem	11
6.6. Repasse de Benefícios	11
7. LIMITES TEMPORAIS	11
7.1. Período de Duração do Projeto	11
7.2. Início do Projeto	12
7.3. Período de Monitoramento	12
7.4. Retroatividade	12
8. LINHA DE BASE	12
8.1. Definição de Modelos de Veículos à Combustão	12
8.2 Tamanho de Frota	13
8.3 Temporalidade	13
8.4 Consumo de Combustível	13
8.5. Teste de Linha de Base	13

9. ADICIONALIDADE	14
9.1. Tese de Adicionalidades	14
9.2. Teste de Adicionalidade	14
10. PERMANÊNCIA	15
11. VAZAMENTO	15
12. SALVAGUARDAS SOCIOAMBIENTAIS	15
13. QUANTIFICAÇÃO DA REDUÇÃO DE EMISSÕES DE GEE	15
14. PERÍODO DE CREDITAÇÃO	17
15. CONTRIBUIÇÃO COM OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	17
16. PLANO DE MONITORAMENTO	18
ANEXO I	19
REFERÊNCIAS	30

1. OBJETIVO

O propósito desta metodologia é fornecer um arcabouço claro e abrangente para a submissão de projetos voltados à redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) por meio da substituição da frota terrestre de veículos à combustão por veículos elétricos. Ela estabelece diretrizes precisas e criteriosas, assegurando a geração de créditos de carbono de forma íntegra e transparente, seguindo critérios internacionalmente aceitos para o mercado de carbono.

2. PROGRAMA DA METODOLOGIA E ATIVO GERADO

Esta metodologia faz parte do Programa de Soluções Baseadas na Tecnologia, em Inglês, *Technology-Based Solutions* (TBS). O ativo gerado é o Crédito de Carbono por emissão reduzida.

3. ESCOPO DA METODOLOGIA

Esta metodologia compreende a redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) da atmosfera pela substituição da frota terrestre de veículos à combustão pela de veículos elétricos.

3.1 Aplicabilidade

A metodologia se aplica às empresas que possuem frota veicular e empresas de aplicativos para logística ou mobilidade.

3.2 Atividades do Projeto

O proponente deverá promover a mudança de combustível substituindo os veículos à combustão de sua frota por Veículos Elétricos (VEs).

As atividades e ações, elegíveis e aplicáveis, para garantir e assegurar a redução de emissão GEE podem incluir, mas não se limitar a:

- Implementação de uma política de substituição de veículos à combustão por VEs;
- Implementação de uma política de aumento de frota por aquisição de VEs; e
- Implementação de ações de engajamento para motoristas/entregadores autônomos de aplicativos para utilizarem VEs.

3.3. Escopo Tecnológico

A tecnologia aplicável é a utilização de veículos elétricos em substituição aos veículos à combustão. Nos casos de veículos elétricos com baterias substituíveis e carregáveis, a tecnologia de pontos de carregamento e substituição de bateria deverá estar disponível para os usuários.

4. CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Os projetos de carbono contemplados por esta metodologia precisam atender, necessariamente, a critérios mínimos, como:

4.1. Proponente

A empresa proponente deve ser uma pessoa jurídica instalada no Brasil, que possua frota veicular ou empresa de aplicativos para logística ou mobilidade.

4.2. Frota de Veículos Terrestres

Os veículos elétricos devem ser de propriedade da empresa proponente ou comprovados por meio de contratos de locação ou arrendamento.

4.3. Quantidade mínima de veículos

A empresa deve contar com pelo menos 5% (cinco por cento) ou 50 (cinquenta) VEs (próprios e/ou locados) na sua frota terrestre.

4.4. Substituição Voluntária da Frota à Combustão por VE

Apresentar compromisso voluntário de substituição da frota terrestre à combustão por VE.

4.5. Dupla Contagem

A empresa não pode ter um projeto de redução de emissões de GEE por substituição de combustível por meio de substituição de veículos à combustão por veículos elétricos registrado/certificado por outro padrão/ metodologia no mesmo período de creditação utilizando os mesmos veículos.

4.6. Demonstrar Capacidade de MRV

O projeto deve demonstrar meios MRV (Mensuração, Reporte e Verificação) para a coleta dos dados utilizados para a quantificação da redução de emissões de GEE.

5. PARTICIPANTES DO PROJETO

Os participantes do projeto devem estar claramente identificados no Documento de Concepção de Projeto (DCP), dentre outros, contando com o nome da organização, endereço completo, dados do representante e seus contatos. Esta metodologia solicita que os seguintes participantes sejam identificados:

5.1. Gerador (Proponente)

É a pessoa jurídica que tem a frota terrestre ou usufruto da mesma, essa utilizada nas atividades de redução de emissões de GEE do projeto. O projeto pode ter:

1. proponente individual: Apenas uma empresa é a proponente do projeto e é a detentora dos ativos; ou
2. consórcio: Uma empresa é a líder e responsável do projeto e deve estar apresentada como principal proponente, e as demais se apresentam como proponentes secundárias.

5.2. Desenvolvedor

É a pessoa jurídica responsável pelo desenvolvimento do projeto, registro e coordenação. Deve apenas existir 1 (um) Desenvolvedor para cada projeto

5.3. Implementador

É a pessoa jurídica responsável pela governança do projeto durante o período de execução. Cabe ao implementador executar e/ou coordenar as atividades previstas nas metodologias. É admitido que uma mesma pessoa jurídica seja tanto Desenvolvedor, quanto Implementador do projeto.

6. GOVERNANÇA

O projeto deve apresentar como será feita a Governança, visando a execução das atividades previstas nesta metodologia. Recomenda-se que haja minimamente:

6.1. Estrutura Organizacional

O projeto deve apresentar papéis claros de cada organização e como elas se relacionam.

6.2. Estrutura de Processos

O projeto deve definir as atividades essenciais, os responsáveis pelas atividades e o fluxo dos processos.

6.3. Infraestrutura Tecnológica

O projeto deve informar a Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) que será utilizada com comprovada segurança e robustez.

6.4. Monitoramento, Armazenamento e Controle de Dados

O projeto deve apresentar minimamente quais os dados coletados e sua periodicidade de coleta; o formato de monitoramento, armazenamento e controle de dados. O projeto deve demonstrar como irá garantir a integridade destes dados.

6.5. Evitação de Dupla-Contagem

Apresentar plano para evitar dupla contagem, as ações de mitigação e plano de contingência.

6.6. Repasse de Benefícios

Apresentar plano de repasse dos benefícios (créditos de carbono) e formatos de comprovação.

7. LIMITES TEMPORAIS

7.1. Período de Duração do Projeto

O período mínimo de duração do projeto é de 3 (três) anos e deve ser definido em comum acordo com os participantes, sendo possível sua prorrogação.

7.2. Início do Projeto

O projeto precisa definir claramente a data de início..

7.3. Período de Monitoramento

O período de monitoramento é do início do projeto até a sua data final, ou no caso de prorrogação, até a última data prevista.

7.4. Retroatividade

O projeto pode solicitar a contabilização de emissões de GEE reduzidas geradas anteriormente à data de início do projeto, desde que seja possível comprovar a autenticidade e integridade dos dados coletados, sendo respeitados todos os critérios definidos nesta metodologia.

8. LINHA DE BASE

O cenário da linha de base desta metodologia assume que a frota possui majoritariamente seus veículos à combustão. Assume também que os veículos a combustão são comparáveis aos veículos elétricos (VEs), fornecendo o mesmo serviço e pertencendo à mesma categoria e modelo, segundo a FENABRAVE.

8.1. Definição de Modelos de Veículos à Combustão

Na elaboração da linha de base, o projeto precisa identificar quais seriam os veículos a combustão hipotéticos que teriam sido adquiridos, caso não fossem substituídos por VEs. Devem ser considerados:

- Para substituição de veículo à combustão, utilizar o mesmo modelo e marca do veículo anterior, com um adendo de atualização para o ano de fabricação, que deve ser igual ao do VE substituído;
- Quando não for possível determinar o veículo substituído ou quando a aquisição do VE for para aumento de frota, deve-se fazer uma comparação dos VEs pelos veículos à combustão,

determinando-os por categoria e modelo conforme tabela da FENABRAVE; e

- Assumir que o veículo a combustão que seria adquirido, caso não houvesse o projeto, teria uma probabilidade de ser adquirido conforme quantidade de veículos emplacados segundo tabela do mesmo modelo e categoria de emplacamento da FENABRAVE naquele mês e ano do emplacamento do VE.

8.2 Tamanho de Frota

O projeto deve definir o tamanho da frota para a construção da linha de base, levando em consideração os modelos definidos no item anterior.

8.3 Temporalidade

O projeto deve definir o período de coleta de dados para criar a linha de base.

8.4 Consumo de Combustível

O projeto deve definir a média de consumo dos veículos comparativos por meio de dados do INMETRO, fabricantes e outras fontes oficiais, onde:

- Para os casos de substituição dos veículos, os dados de consumo devem ter como base o mesmo modelo de veículo substituído, atualizando o ano de fabricação, que deverá ser o mesmo do VE; e
- Para quando não for possível determinar o veículo substituído ou para aumento de frota, o consumo de combustível a ser considerado é a média ponderada de consumo dos carros à combustão de acordo com a tabela FENABRAVE, que deverá ser a do mesmo mês e ano de emplacamento do VE.

8.5. Teste de Linha de Base

O projeto deve fazer uma comparação de dados de emissão GEE entre veículos à combustão e os VEs, utilizando a mesma distância percorrida.

9. ADICIONALIDADE

9.1. Tese de Adicionalidades

O projeto deve apresentar a tese de adicionalidade, considerando os seguintes pontos:

- Legislativa (Leis Federais, Estaduais e Municipais): ausência de leis que obriguem a substituição de frotas terrestres baseadas em motores a combustão por motores elétricos;
- Financeira: o custo de investimento para VEs e infraestrutura de carregamento deve ser superior ao preço dos veículos à combustão;
 - Ausência de adicionalidade financeira: se o valor do veículo elétrico for menor ou igual ao de um veículo à combustão, a adicionalidade ainda existirá quando comprovada conforme teste de adicionalidade.
- Social: O repasse do crédito de carbono ou o valor financeiro do crédito de carbono deverá ser parte integrante do projeto quando houver autônomos que utilizem VEs (entregadores, motoristas de aplicativos entre outros).

9.2. Teste de Adicionalidade

O projeto precisa demonstrar que atende o seguinte teste de adicionalidade:

- Barreira devido à prática prevalecente: prática prevalecente, regulamentação, política existente ou requisitos que teriam levado à implementação de uma tecnologia com maiores emissões;
- Adicionalidade financeira: Demonstração de que existem alternativas aos VEs que são mais atrativas financeiramente e atendem as mesmas necessidades mas que levariam a emissões GEE mais elevadas.
- Adicionalidade tecnológica: Deve ser demonstrado uma alternativa menos avançada tecnologicamente ao projeto, atividade envolve riscos menores devido à incerteza de desempenho ou baixa participação de mercado da nova tecnologia adotada para a atividade de projeto e assim irá ocorrer emissões mais elevadas;

10. PERMANÊNCIA

O projeto precisa demonstrar a capacidade de garantir que os benefícios de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) sejam sustentáveis e duradouros ao longo do tempo.

11. VAZAMENTO

O projeto precisa apresentar formas de considerar e mitigar o risco de vazamento de emissões de GEE durante a sua execução.

12. SALVAGUARDAS SOCIOAMBIENTAIS

As salvaguardas são entendidas como diretrizes que visam potencializar os impactos positivos e evitar ou reduzir os impactos negativos do projeto. Assim, o projeto precisa comprovar o atendimento das seguintes salvaguardas:

- Avaliação de impacto ambiental;
- Monitoramento e avaliação para quantificar a redução GEE; e
- Expansão dos pontos de recarga ou substituição de baterias.

A metodologia prevê que caso existam motoristas autônomos ou entregadores de aplicativos, deve-se prever:

- Consulta Livre, Prévia e Informada, com garantia de seus direitos;
- Geração adicional de receita por meio da substituição de matriz de combustível utilizando VEs; e
- Avaliação de impacto social.

13. QUANTIFICAÇÃO DA REDUÇÃO DE EMISSÕES DE GEE

A estimativa da redução média de emissões de GEE, dada em CO₂e, devido a implementação da atividade do projeto deve ser calculada em comparação com dados de veículos à combustão compatíveis para uma mesma categoria, modelo e ano, conforme explicado na Linha de Base. Para tanto, deve-se considerar:

- O dado comum utilizado para comparação entre os modelos de veículos será a distância percorrida, medido em km;
- A média de consumo (km/litro) dos veículos à combustão será calculada conforme determinado na Linha de Base.

13.1. Cálculo

13.1.1. Emissão de GEE para Veículo Elétrico

A emissão de GEE de veículos elétricos será calculada utilizando o GHG Protocol Brasileiro. Para o cálculo utilizando esta metodologia, é necessário identificar a fonte de matriz energética da região, como a matriz energética brasileira está integrada, usaremos os dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), conforme anexo.

$$E_{elétrico} = C_{elétrico} \cdot FE$$

$E_{elétrico}$ representa as emissões totais do veículo elétrico em kg.CO₂.

$C_{elétrico}$ é o consumo de eletricidade em um período (kW.h).

FE é o fator de emissão para a fonte.

13.1.2. Emissão GEE para Veículos à Combustão

A emissão de GEE de veículos à combustão será calculada utilizando o GHG Protocol Brasileiro. Para o cálculo utilizando esta metodologia, é necessário identificar a quantidade de combustível consumido, conforme anexo.

$$E_{combustão} = C_{combustível} \cdot FE$$

$E_{combustão}$ representa as emissões totais do veículo à combustão em kg.CO₂

$C_{combustível}$ representa o consumo de combustível em litros (L).

FE é o fator de emissão para a fonte.

13.1.3. Emissões de GEE Reduzidas por Veículos Elétricos

O cálculo das emissões de GEE reduzidas pela substituição de veículos à combustão pelos elétricos é dada pela diferença entre a emissão de veículos à combustão e a emissão de veículos elétricos.

$$E_{reduzida} = E_{combustão} - E_{elétrico}$$

$E_{reduzida}$ são as emissões reduzidas.

$E_{combustão}$ são as emissões dos veículos a combustão.

$E_{elétrico}$ são as emissões dos veículos elétricos.

14. PERÍODO DE CREDITAÇÃO

O período de creditação sempre será retroativo com base nos dados coletados por um período pré-determinado no Plano de Monitoramento, visto que o cálculo de redução depende das distâncias percorridas pelos veículos elétricos dentro de um determinado período.

15. CONTRIBUIÇÃO COM OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O projeto precisa contribuir com ao menos 3 (três) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sendo a aderência ao ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima, é obrigatória. Neste sentido o projeto precisa apresentar as contribuições diretas do benefício (ODS-13) e, ao menos, mais dois co-benefícios (demais ODS) por meio indicadores que possuam características MRV (Mensuração, Reporte e Verificação).

16. PLANO DE MONITORAMENTO

O plano de monitoramento é particular para cada projeto. Deve ser simples o suficiente para garantir a implementação e continuidade durante toda execução, mas robusto o suficiente para garantir a veracidade e credibilidade das informações. Neste sentido, o plano de monitoramento deve conter, no mínimo, os seguintes itens:

- Objetivo do Monitoramento: detalhar qual o objetivo do monitoramento;
- Responsabilidades e atribuições: apresentar as responsabilidades e atividades de cada pessoa jurídica que esteja participando da implementação e monitoramento do projeto;
- Dados brutos para quantificação das reduções de GEE: os dados para cálculo da quantificação de reduções de GEE devem contar com pelo menos: (a) distância percorrida; (b) consumo de energia (KW.h) pela distância percorrida por cada veículo; (c) quantidade de veículos; (d) fatores de emissão de CO₂ da eletricidade e do combustível;
- Procedimentos de coletas de dados: definir os procedimentos e protocolos a serem seguidos para coletar, registrar e armazenar os dados de monitoramento;
- Frequência e locais de monitoramento: definir uma frequência de coleta de dados e de monitoramento bem como o local de coleta;
- Indicadores ODS: apresentar os indicadores que serão coletados para mostrar o benefício e co-benefícios do projeto;
- Relatórios de Monitoramento: os relatórios devem ser periódicos e abordar os itens supracitados, além de, mas não se limitar a falar sobre o desempenho do projeto, as reduções de emissões alcançadas e qualquer desafio ou desvio em relação ao plano original.

Com base nos resultados do monitoramento, realizar ajustes necessários no projeto para garantir a eficácia e conformidade contínuas.

ANEXO I

1. Base metodológica para determinar o consumo de energia (kW.h) de veículos elétricos

1.1. Funcionamento dos motores elétricos

O princípio de funcionamento dos motores elétricos se baseia na interação entre campos magnéticos. Um estator, composto por bobinas de fio condutor, cria um campo magnético rotativo quando energizado por corrente elétrica. Esse campo magnético interage com o rotor, que também é composto por ímãs permanentes ou eletroímãs, gerando torque e movimento rotacional. Existem dois tipos principais de motores elétricos utilizados em veículos elétricos:

- **Motores de Corrente Contínua (CC):** São mais simples e robustos, mas possuem menor eficiência e torque em baixas rotações.
- **Motores de Corrente Alternada (CA):** São mais eficientes e oferecem maior torque em baixas rotações, mas são mais complexos e exigem um inversor para converter a corrente contínua da bateria em corrente alternada.

Para o funcionamento dos motores, os veículos elétricos embarcam no seu sistema pelo menos os 3 componentes:

- **Controlador Eletrônico:** Controla a velocidade e o torque do motor, gerenciando o fluxo de corrente elétrica.
- **Inversor:** Converte a corrente contínua da bateria em corrente alternada para alimentar o motor CA.
- **Redutor:** Adapta a velocidade do motor à velocidade das rodas.

A vantagem de se utilizar os motores elétricos são:

- **Eficiência:** Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores de combustão interna, convertendo mais energia em movimento, aproximadamente 90% ao invés de 30%, de uma forma geral.

- **Emissões Zero:** Não geram emissões de gases poluentes durante a operação.
 - o Apesar da não emissão durante sua operação, a energia consumida teve emissão de GEE durante sua produção na sua grande maioria das vezes.
- **Menos Ruído:** São mais silenciosos do que os motores de combustão interna.
- **Torque Instantâneo:** Fornece torque máximo instantaneamente, proporcionando melhor aceleração.
- **Manutenção Reduzida:** Possuem menos partes móveis e exigem menos manutenção do que os motores de combustão interna.

1.2. Quantificação do consumo de energia

A quantificação do consumo de energia durante o período de utilização de VE pode ser contabilizado de duas formas.

1.2.1. Forma Direta

O consumo de energia pelos veículos elétricos pode ser mensurado diretamente por meio de telemetria, verificando por meio da curva de corrente de saída (Ampère) das baterias ou por meio de medidores eletrônicos (kW.h) instalados também na saída das baterias.

$$CE = U.I.t$$

CE é a energia consumida durante um determinado período de tempo (kW.h).

U é a tensão de saída das baterias (Volts).

I é a corrente elétrica na saída das baterias (Ampère).

t é o tempo de consumo (Hora).

1.2.2. Forma Indireta

Para calcular o consumo de forma indireto, usaremos da estimativa a partir de dados de consumo de um grupo amostral.

Esta segunda forma possibilita que, mesmo não tendo telemetria para mensurar os dados da bateria em todos os veículos, seja possível estimar com um grau de precisão estatístico o consumo a partir de dados de distância percorrida.

Neste método, estima-se o consumo médio de energia por km rodado a partir de um grupo amostral, com um nível de incerteza calculado por meio do intervalo de confiança da média.

Estratificação por modelos de veículos para Forma Indireta

A estratificação dos modelos serve para que a variância seja reduzida dentro dos estratos, é importante que os veículos elétricos sejam agrupados pelas suas classes:

Modelo de veículo (carro, moto, caminhão, etc.); e
Tipos de veículos.

Caso sejam identificadas mais de 2 classes, mesmo que a caracterização aponte evidências de que as estratificações são diferentes, não aplicaremos teste estatístico para comprovar a diferença entre consumo entre elas. Isto porque estas classes devem ser usadas para comparar veículos elétricos com veículos à combustão de mesma classe que estariam sendo utilizados.

Sistema de amostragem aleatória estratificada para casos indiretos

Para cada classe de veículos identificados anteriormente, será feito uma amostragem aleatória para captura dos dados de telemetria que envolvem a distância percorrida e o consumo de energia dos veículos elétricos.

Para calcular a eficiência energética de veículos elétricos:

$$Ef = \frac{DP}{CE}$$

Ef representa a eficiência energética (km/kWh).

DP é a distância percorrida (km).

CE é o consumo de energia (kW.h).

Cálculo para quantificação indireta

A partir do cálculo de eficiência de cada veículo da amostragem, será necessário calcular o intervalo de confiança deste grupo amostral conforme a estatística inferencial. Usaremos sempre que o nível de confiança será de 95%.

De posse do intervalo de confiança, usaremos sempre o piso do resultado para os cálculos de estimativa para veículos que forneçam apenas a distância percorrida, desta forma, sempre teremos como base a menor eficiência energética calculada.

O consumo de energia de cada veículo será calculado como:

$$CE = \frac{DP}{Ef_{piso}}$$

onde Ef_{piso} representa a menor eficiência energética dentro do intervalo de confiança.

$$Ef_{piso} = \bar{Ef} - EP.Z$$

onde *Z* é o nível de confiança com base no desvio padrão da população, amplitude de variação da média estimada com uma probabilidade de 95%.

2. Estatística

Parâmetro	Descrição	Fórmula
Média	É a soma de um conjunto de valores dividida pelo número de valores. Ela representa a tendência central dos dados.	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$
Média ponderada	É a soma dos valores multiplicados pela contribuição (peso) de cada termo, tendo sua somatória dividido pela soma de todos os pesos	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$
Variância	A variância mede a dispersão dos dados em relação à média. É a média dos quadrados das diferenças entre cada valor e a média.	$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$
Desvio Padrão	O desvio padrão é a raiz quadrada da variância. Ele indica a distância média entre os dados e a média.	$\sigma = \pm\sqrt{\sigma^2}$
Erro Padrão	O erro padrão é o desvio padrão da média de uma amostra de dados. Ele indica a precisão da estimativa	$EP = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

	da média da população.	
Intervalo de confiança	O intervalo de confiança é um intervalo que tem uma certa probabilidade de conter a média real da população.	$\bar{x} \pm Z \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

Obs: Z é o valor crítico da distribuição normal padrão correspondente ao nível de confiança desejado (por exemplo, 1,96 para um IC de 95%).

3. Base metodológica para estimar consumo de combustível de veículos à combustão

3.1. Funcionamento dos motores à combustão

Os motores à combustão de veículos funcionam, em sua maioria, através de um ciclo de quatro tempos:

- **Admissão:** A válvula de admissão abre e o pistão se move para baixo, permitindo que a mistura ar-combustível entre no cilindro.
- **Compressão:** As válvulas de admissão e escape fecham e o pistão se move para cima, comprimindo a mistura ar-combustível.
- **Combustão:** Uma faísca da vela de ignição (motores a gasolina) ou o calor da compressão (motores a diesel) inflama a mistura ar-combustível, gerando uma explosão que empurra o pistão para baixo.
- **Escape:** A válvula de escape abre e o pistão se move para cima, expelindo os gases de escape do cilindro.

Esses quatro tempos se repetem continuamente enquanto o motor estiver funcionando. Os principais componentes de um motor são:

- **Cilindro:** Espaço onde o pistão se move para cima e para baixo.

- **Pistão:** Componente que se move para cima e para baixo dentro do cilindro, comprimindo e expandindo a mistura ar-combustível.
- **Válvulas:** Controlam a entrada e saída de ar, combustão e gases de escape do cilindro.
- **Vela de ignição:** Gera a faísca que inflama a mistura ar-combustível em motores a gasolina.
- **Câmara de combustão:** Espaço onde a mistura ar-combustível é queimada.
- **Biela:** Conecta o pistão ao virabrequim.
- **Virabrequim:** Converte o movimento linear do pistão em movimento rotativo.

Além disso, podemos encontrar no mercado 5 tipos de motores à combustão:

- **Motores a gasolina:** Utilizam gasolina como combustível e a ignição é feita por uma vela de ignição.
- **Motores a álcool:** Utilizam o álcool como combustível e a ignição é feita por uma vela de ignição.
- **Motores flex:** Utilizam gasolina ou álcool como combustível e a ignição é feita por uma vela de ignição. Como o motor é desenhado para atender dois tipos de combustível, sua eficiência é menor em comparação com os outros motores citados anteriormente.
- **Motores a diesel:** Utilizam diesel como combustível e a ignição é feita pela compressão do ar.
- **Motores a gás:** Utilizam gás natural ou gás liquefeito de petróleo (GNV ou GLP) como combustível.

3.2. Cálculo do consumo de forma indireta: A estimativa do consumo de combustível será realizada de forma indireta, uma vez que não se pode

contabilizar diretamente o consumo de algo que foi substituído. Desta forma, usaremos os dados de distância percorrida e de classes dos veículos elétricos para calcularmos o potencial de emissão GEE.

Obs 1: Se o veículo elétrico substituiu um outro veículo à combustão, os dados de consumo do veículo à combustão substituído que serão usados para cálculo deverão ser os fornecidos pelo fabricante, INMETRO (Brasil) ou outro órgão de avaliação de conformidade (fora do Brasil).

Obs 2: Se o veículo elétrico for uma aquisição/locação para aumentar a frota de veículos, devemos fazer a estratificação do modelo à combustão

3.2.1. Estratificação por modelos de veículos à combustão

Partindo da estratificação dos veículos elétricos, será necessário encontrar veículos de mesma classe e categoria que sejam compatíveis com os estratificados anteriormente pelos mesmos critérios.

- Modelo de veículo (carro, moto, caminhão, etc.)
- Tipos de veículos (hatch, SUV, sedan, minivan, micro ônibus, etc.)

Obs: 1: Se na frota do proponente houver veículos de mesma classe compatíveis com os VE, estes serão os modelos utilizados para cálculo, levando em consideração a quantidade de veículos de uma mesma categoria, marca e o consumo de acordo com os dados do fabricante, INMETRO (Brasil) ou outro órgão de avaliação de conformidade (fora do Brasil).

Obs 2: Se não houver veículos compatíveis na frota, a comparação deverá ser feita usando como base o número de veículos a combustão de mesmo modelo e categoria vendidos no mês e ano do emplacamento do veículo elétrico. Esta informação pode ser encontrada na FENABRAVE (Brasil) <https://www.fenabrave.org.br/Portal/conteudo/emplacamentos>.

Abaixo temos um exemplo de sedans pequenos emplacados em março de 2023.

Ed. 243
Informativo - Emplacamentos
São Paulo, Abril de 2023

Modelos mais emplacados acumulado até Março/2023

Sedans Pequenos

	Modelo	2023 Fev	2023 Mar		2023 Acumulado	Part.
1º	FIAT/CRONOS	1.653	3.442	▲	7.576	50,36%
2º	HYUNDAI/HB20S	1.098	2.025	▲	4.807	31,96%
3º	VW/VOYAGE	57	1	▼	2.062	13,71%
4º	RENAULT/LOGAN	54	240	▲	580	3,86%
5º	FIAT/SIENA	2	3	▲	12	0,08%
6º	TOYOTA/ETIOS SEDAN	0	2	▲	2	0,01%
7º	FORD/FIESTA SEDAN	0	1	▲	1	0,01%
8º	FORD/KA SEDAN	0	1	▲	1	0,01%
9º	GM/CLASSIC	0	0	=	1	0,01%
10º	GM/CORSA SEDAN	0	1	▲	1	0,01%
Total		2.864	5.716	▲	15.043	100%

Figura 1 - tabela de emplacamentos - FENABRAVE.

Para cálculo da média de consumo de um suposto veículo a combustão, usaremos os dados de eficiência do fabricante (km/litro) e os números de emplacamentos dos veículos à combustão para encontrar a média e seu intervalo de confiança.

Obs: É sempre importante observar o mês e ano de emplacamento do veículo elétrico como referência, pois estes dados refletem uma compra hipotética de um desses veículos à combustão listados na tabela naquele momento.

3.2.2. Sistema de amostragem aleatório estratificada

De acordo com a classe do veículo elétrico identificado anteriormente, usaremos os dados das tabelas da FENABRAVA para calcular a média de consumo e seu intervalo de confiança. Usaremos como base o número de veículos emplacados no mês e ano de referência e os dados de consumo fornecidos pelos fabricantes, INMETRO (Brasil) ou outro órgão de avaliação de conformidade (fora do Brasil).

Para determinar o consumo de combustível que será usado na estatística inferencial, calcularemos o teto do intervalo de confiança da média de consumo dos veículos à combustão. O teto reflete maior eficiência dos motores a combustão, o que significa dizer que o veículo percorrerá uma distância maior para 1 litro de combustível. Para isso precisamos calcular a

média a partir da eficiência de cada carro e pela quantidade de carros emplacados no mesmo período do emplacamento do VE, calcular o erro padrão e posteriormente o intervalo de confiança.

$$MC_{teto} = \overline{MC} + EP.Z$$

MC_{teto} é o maior consumo possível dentro do intervalo de confiança

\overline{MC} é a média de consumo (km/litro)

O valor de **Z**, assim como no caso anterior, será o de amplitude de variação da média estimada com uma probabilidade de 95%.

Desta forma, o consumo de combustível pode ser calculado pela fórmula abaixo:

$$C_{combustível} = \frac{DP}{MC_{teto}}$$

$C_{combustível}$ é o consumo de combustível

DP é o mesmo valor de distância percorrida pelo veículo elétrico que estamos comparando.

4. Definição das fontes de energia elétrica

As fontes de energia elétrica são diversas no país (hidrelétricas, termoelétricas, fotovoltaicas, eólicas entre outras), e o sistema tem se tornado interligado com o passar do tempo (98% da população brasileira está interligada, apenas as regiões remotas da Amazônia não estão), esta interligação se chama Sistema Interligado Nacional (SIN) e integra as 5 regiões do país. Desta forma, é possível que um cliente de um estado esteja consumindo energia gerada de uma outra região do país, suprimindo a necessidade local, evitando os apagões.

Assim, se torna difícil determinar com exatidão se o ponto de carregamento dos VEs utilizou energia gerada por uma fonte eólica ou hidrelétrica em determinado momento, por exemplo. Desta forma, como os

sistemas estão interligados, podemos inferir que uma unidade consumidora usa proporcionalmente a energia vindo de diferentes fontes de energia.

Para determinar o % de consumo de cada fonte de energia, usaremos a base de dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico, acessando o histórico da operação com relação à geração de energia para um determinado período. <https://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/dados-gerais>



Figura 2 - Gráfico de geração de energia - ONS

5. Definição do combustível para cálculos de redução GEE

Temos no Brasil um consumo de combustível variado (diesel, álcool, gasolina) e de difícil mensuração para cada localidade. A escolha do combustível para cálculo deverá ser feita de acordo com a categoria e classe do veículo. Caso o veículo seja passível de ser flex, usaremos o combustível menos poluente nos cálculos para garantir a menor redução GEE possível, garantindo que não haja margem para questionamentos sobre a possibilidade de usar dados estimados de consumo de combustível e gerar créditos de carbono não existentes.

REFERÊNCIAS

PNUD (Programa da ONU para o Desenvolvimento). 2023.

<https://www.undp.org/pt/brazil/news/pnud-faz-lan%C3%A7amento-nacional-do-relat%C3%B3rio-de-desenvolvimento-humano-2020>

Clean Development Mechanism (CDM) - AMS-III.C - Small-scale Methodology - Emission reductions by electric and hybrid vehicles.

https://cdm.unfccc.int/methodologies/standard_base/index.html

Greenhouse Gas Protocol (2004). A Corporate Accounting and Reporting Standard

<https://ghgprotocol.org/corporate-standard>

Greenhouse Gas Protocol (2015). GHG Protocol Scope 2 Guidance.

<https://ghgprotocol.org/scope-2-guidance>.

Greenhouse Gas Protocol (2011). Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard.

<https://ghgprotocol.org/corporate-value-chain-scope-3-standard>

Greenhouse Gas Protocol (2013). Technical Guidance for Calculation Scope 3 Emissions.

<https://ghgprotocol.org/scope-3-calculation-guidance-2>

Greenhouse Gas Protocol. Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories.

<https://ghgprotocol.org/ghg-protocol-cities>

International Organization for Standardization. (2019). ISO 14064-1:2019- Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.

<https://www.iso.org/standard/66453.html>

International Organization for Standardization. (2019). ISO 14064-2:2019 - Greenhouse gases - Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements.

<https://www.iso.org/standard/66454.html>

International Organization for Standardization. (2019). ISO 14064-3:2019 - Greenhouse gases - Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements.

<https://www.iso.org/standard/66455.html>

IPCC. (2006a). Chapter 1.1: Introduction. En 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (pp. 1-12).

<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

IPCC. (2006b). Chapter 1.3: Uncertainties. En 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (pp. 1-66).

IPCC. (2006c). Chapter 2.1: Introduction. En 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (pp. 1-29).

<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

IPCC. (2006d). Emission Factor DataBase.

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef.php?ipcc_code=1.A.3.b&ipcc_level=3

IPCC. (2019). Chapter 1.3: Uncertainties. En 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (pp. 1–48).

Brasil. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Superintendência da Zona Franca de Manaus. Coordenação de Estudos Econômicos e Empresariais. Manaus. 2009

R. M. DINATO, R. S. ARMELIN, M. P. MONZONI NETO e F. G. LUCCAS. Influência da matriz elétrica na adaptação de inventários de ciclo de vida para o cenário brasileiro. São Bernardo do Campo. 2014. IV CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE GESTÃO PELO CICLO DE VIDA.

RIBEIRO, Flavio de Miranda. Inventário de ciclo de vida da geração hidrelétrica no Brasil - Usina de Itaipu: primeira aproximação. 2003. Dissertação (Mestrado em Energia) - Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-23082004-123349>

M.C Fujihara. Método de Cálculo de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Desenvolvimentos Urbanos de Baixo Carbono: O Caso do Parque da Cidade – São Paulo. Universidade de São Paulo - Escola Politécnica.

Bussab, Wilton O., and Paulo A. Morettin. Estatística básica. São Paulo: Saraiva, 2017