

## Exercício – Etapa 5

### PEA 3100/2021

## Etapa 5 – Energia e Meio Ambiente.

### Parte 1

#### 1 - Objetivo

Essa etapa do Seminário tem o objetivo de permitir aos alunos realizar uma avaliação da emissão de CO<sub>2</sub> equivalente relativas ao consumo de energia das etapas 1 e 2 do seminário.

#### 2- Metodologia

Serão determinadas as emissões de CO<sub>2</sub> equivalentes com base nos valores obtidos da matriz de consumo de energia da casa escolhida para a etapa 1 e etapa 2.

Devido à complexidade da modelagem e análise, não será avaliado a emissão de CO<sub>2</sub>eq do ciclo de vida completo (ACV) de cada fonte energética e combustível utilizado, mas o aluno deve ter consciência da importância desta análise mais completa. Vamos, portanto nos restringir a emissão na fase de operação, ou seja, uso dos equipamentos de uso final de energia.

#### Passo 1

##### Teoria:

Para fazer este levantamento vamos detalhar como se determina a emissão de CO<sub>2</sub> equivalente em função da matriz energética da residência.

A matriz brasileira de produção de energia elétrica é predominantemente baseada na produção de energia hidroelétrica, como já visto nas aulas. A composição de emissão de CO<sub>2</sub> equivalente devido ao setor de energia elétrica é feita pela contribuição das diversas fontes de energia primária que são utilizadas para produzir energia elétrica. O peso é proporcional ao despacho de operação (quantidade de energia gerada por cada tipo de fonte de energia elétrica no período), portanto muda em função da priorização dada pelo **Operador Nacional do Sistema Elétrico- ONS-** (Órgão do Setor Elétrico responsável pela definição, para cada período do tempo, de quais usinas atenderão a carga e os montantes de energia gerados por cada uma), em função de restrições técnicas,

econômicas e ambientais. Como o potencial de energia hidráulica é sazonal, tem sido uma prática em períodos úmidos com pouca chuva, realizar o despacho de usinas térmicas para preservar a água nos reservatórios para o período seco. Esta prática acaba elevando o custo da energia e aumentando muito a emissão de CO<sub>2</sub> equivalente, pois as usinas termelétricas usam os seguintes combustíveis: Óleo combustível, Gás Natural, diesel, carvão mineral, biomassa, dentre outros.

Podemos ter uma ideia da equivalência relativa dos GEE (gases de efeito estufa) em relação ao CO<sub>2</sub> eq. observando os dados da tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Equivalência relativa dos GEE em relação ao CO<sub>2</sub>eq.

Gás	Potencial de Aquecimento Global (CO <sub>2</sub> equivalente)
Dióxido de Carbono	1
Metano	21
Óxido nitroso	310
Hidrofluorcarbonos	23900
Perfluorcarbonos	140 a 11700
Hexafluoreto Sulfúrico	6500 a 9200

No site do MCTI (Ministério de Ciência, Tecnologia e Informação) temos os valores **médios mês a mês** da emissão de CO<sub>2</sub> equivalente do setor de energia elétrica dado em toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> por kWh gerado. Também é possível obter deste “site” o **valor médio diário** e também o horário dia a dia.

**Ano base: 2022**

<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>

Com o consumo diário calculado (kWh) (levantado na etapa 1) multiplicado pelo número de dias de cada mês, é possível determinar as emissões mensais de CO<sub>2</sub>eq na etapa 1.

Para a etapa 2, considerando as ações realizadas de conservação de energia, foi obtido reduções no consumo de energia elétrica impactando de forma igual todos os diversos meses do ano (diferenciado apenas pelos número de dias no mês).

- a) Coloque em um gráfico de barras os consumos mensais de energia elétrica da etapa 1 e 2 lado a lado. Passem os consumos mensais das etapas 1 e 2 para a unidade MWh.



**Tabela 3:**

MESES	ETAPA 1		ETAPA 1		Emissões (tCO2)	% de redução
	Consumo de EE (MWh)	Emissões (tCO2)	Consumo de EE (MWh)	Emissões (tCO2)		
Janeiro						
Fevereiro						
Março						
Abril						
Mai						
Junho						
Julho						
Agosto						
Setembro						
Outubro						
Novembro						
Dezembro						
Ano						

c) Comente os resultados obtidos na tabela 3

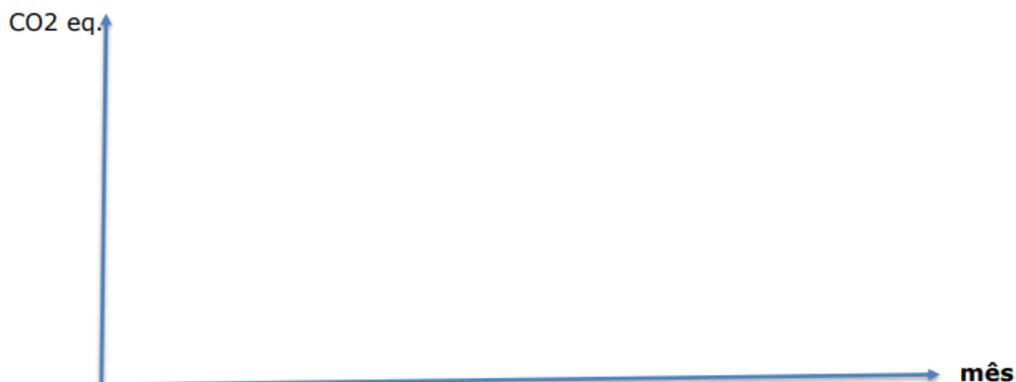
---

---

---

d) Com base na tabela 3, faça um gráfico de barras colocando no mesmo as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente da etapa 1 e etapa 2, lado a lado para cada mês

**Gráfico 2 – Emissões de CO<sub>2</sub> equivalente em cada mês da residência**



## Passo 2

Para os outros energéticos será feito o cálculo de emissão anual de CO<sub>2</sub> só para etapa 1.

Para estes combustíveis (Gás Natural, GLP, gasolina, álcool, diesel) determinar a emissão de CO<sub>2</sub>eq emitido mensalmente utilizando a seguinte equação:

Emissões de CO<sub>2</sub> mensal (tCO<sub>2</sub>eq) = Quantidade mensal de Combustível Consumido (TJ) x Conteúdo de Carbono (tC/TJ) x 44/12 x Fator de Oxidação

OBS: 44/12 é a razão entre os pesos moleculares do CO<sub>2</sub> e do C.

Os valores de conteúdos de carbono e fatores de oxidação para cada tipo de combustível fóssil são apresentados na tabela 5.

## Passo 3

Determinar as emissões totais anuais de CO<sub>2</sub>eq que serão dadas pelas somatórias das emissões anuais de cada um dos energéticos utilizados e calculados nos passos 1 e 2. Lembrar que para a energia elétrica foram calculadas as emissões das etapas 1 e 2 e para os outros energéticos devemos considerar a mesma emissão na etapa 1 e 2, conforme as seguintes equações:

**Emissões de CO<sub>2</sub> totais anuais (tCO<sub>2</sub>eq) da etapa 1 = Emissões de CO<sub>2</sub>(tCO<sub>2</sub>eq) (energia elétrica) da etapa 1 + Σ Emissões de CO<sub>2</sub>(tCO<sub>2</sub>eq) de outros energéticos usados na etapa 1.**

**Emissões de CO<sub>2</sub> totais anuais (tCO<sub>2</sub>eq) da etapa 2 = Emissões de CO<sub>2</sub>(tCO<sub>2</sub>eq) energia elétrica etapa 2 + Σ Emissões de CO<sub>2</sub>(tCO<sub>2</sub>eq) de outros energéticos usados na etapa 1**

e) Preencher tabela 4

Tabela 4 – Emissões anuais totais de tCO<sub>2</sub>eq

<b>Etapa 1</b>	Referente a EE (1)	Referente a outros energéticos (2)	Total (1+2) tCO <sub>2</sub>
	xxxxx	xxxx	xxxx
<b>Etapa 2</b>	Referente a EE (1)	Referente a outros energéticos (2) Usado na Etapa 1	Total (1+2) tCO <sub>2</sub>
	xxxxxxx	xxxxx	xxxxx

**Tabela 5 – Fatores de emissão por tipo de combustível fóssil.**

<b>Combustíveis Fósseis</b>	<b>Unidade de medida</b>	<b>Densidade</b>		<b>Poder calorífico inferior (TJ/t)</b>	<b>Conteúdo de Carbono (tC/TJ)</b>	<b>Fator de oxidação (%)</b>
Alcatrão	t			0,03580	25,8	99
Carvão Mineral - Aglomerados	t			0,02070	26,6	100
Carvão Mineral – Metalúrgico	t			0,03098	25,8	98
Carvão Mineral – Vapor	t			0,02386	25,8	98
Ceras Parafínicas	t			0,04020	20,0	100
Coque de Carvão Mineral	t			0,02889	29,5	98
Coque de Petróleo	t ou m <sup>3</sup>	1,04	t/m <sup>3</sup>	0,03513	27,5	99
Etano	t			0,04640	16,8	100
Gás de Alto-forno	t			0,00247	70,8	100
Gás de Coqueria	t			0,01800	11,7	99
Gás de Forno de Aciária a Oxigênio	t			0,00706	49,6	100
Gás de Refinaria	t			0,03517	18,2	99
Gás Liquefeito de Petróleo – GLP	t			0,04647	17,2	99
Gás Manufaturado	t			0,03870	12,1	100
Gás Natural (Seco)	t ou m <sup>3</sup>	0	t/m <sup>3</sup>	0,03684	15,3	99,5
Gás Natural Úmido	t ou m <sup>3</sup>	0	t/m <sup>3</sup>	0,04157	15,3	99,5
Gasolina	m <sup>3</sup>	0,74	t/m <sup>3</sup>	0,04354	18,9	99
Gasolina de Aviação	m <sup>3</sup>	0,73	t/m <sup>3</sup>	0,04438	19,5	99
Líquidos de Gás Natural	t			0,04420	17,5	99
Lubrificantes	m <sup>3</sup>	0,88	t/m <sup>3</sup>	0,04237	20,0	99
Matérias-primas para refinaria *	t			0,04300	20,0	99
Nafta	t ou m <sup>3</sup>	0,7	t/m <sup>3</sup>	0,04451	20,0	99
Óleo Combustível	t			0,04015	21,1	99
Óleo de Xisto	t			0,03810	20,0	100
Óleo Diesel	m <sup>3</sup>	0,84	t/m <sup>3</sup>	0,04229	20,2	99
Orimulsão	t			0,02750	21,0	100
Outro Combustível Não-Renovável*	t			0,04020	20,0	99
Petróleo Bruto	t ou m <sup>3</sup>	0,88	t/m <sup>3</sup>	0,04266	20,0	99
Querosene de Aviação	m <sup>3</sup>	0,8	t/m <sup>3</sup>	0,04354	19,5	99
Querosene Iluminante	m <sup>3</sup>	0,8	t/m <sup>3</sup>	0,04354	19,6	99
Turfa	t			0,00976	28,9	100
Xisto Betuminoso e Areias Asfálticas	t			0,00890	29,1	100

\* Valores de poder calorífico inferior e conteúdo de carbono referentes a Other Petroleum Products e de fator de oxidação referente a Outros Produtos Não-Energéticos de Petróleo.

**Nota: Considerar para o álcool anidro (misturado na gasolina) (14,81 tC/TJ); álcool hidratado (etanol) (14,81 tC/TJ). Vale também que 0,174 kg de etanol anidro correspondem a 0,332 kg de CO2 (porção renovável) e o fator de oxidação é de 100%.**

f) Comente os resultados obtidos para o total de redução de emissão para todos os energéticos considerados na análise.

---



---



---



---

## Parte 2

# Pegada ecológica

### O que é “pegada ecológica “?

Segundo WWF (Fundo Mundial para a Natureza), do lado da demanda, a **Pegada Ecológica** mede a quantidade de área terrestre e marinha necessária para produzir todos os recursos consumidos por uma população e para absorver seus resíduos. “O uso de combustíveis fósseis no sistema de transporte e o desperdício de alimentos estão entre os principais vetores de pressão da demanda por recursos naturais no Brasil”.

Um componente importante da Pegada Ecológica é a **Pegada de Carbono**, que representa a área de terra necessária para sequestrar as emissões de dióxido de carbono geradas pela queima de combustíveis fósseis, desmatamento e outras fontes, como produção de cimento e fermentação entérica de bovinos, por exemplo. **Atualmente, a pegada de carbono representa 60% da Pegada Ecológica total da humanidade** e é também a parte de crescimento mais rápido. Porque estamos emitindo dióxido de carbono no ar a uma taxa muito mais rápida do que pode ser absorvido, ele está se acumulando na atmosfera e no oceano. Ou seja, o aumento em nossa Pegada de Carbono é o principal impulsionador da crise climática, que é o resultado mais conhecido - junto com a perda de biodiversidade - de nosso gasto ecológico excessivo. Portanto, reduzir significativamente a pegada de carbono é um passo essencial tanto para reduzir nossa pegada ecológica como também para mitigar a crise climática.

Segundo WWF “A conta da humanidade com a Terra entrou no vermelho a partir de 29 de julho de 2019”. Desse dia em diante, passamos a consumir mais recursos do que o planeta consegue regenerar.

O motivo pelo qual isso acontece é nosso atual padrão de consumo, que exige uma quantidade maior de recursos do que a natureza consegue oferecer. Projeções moderadas das Nações Unidas para o aumento da população e do consumo indicam que em 2030 precisaríamos da capacidade de duas **Terras** para acompanhar nosso nível de demanda por recursos naturais.

Como medir?

Uma vez que a pegada de carbono está diretamente relacionada com os nossos hábitos diários, é natural que a sua medição incida em fatores tão diversos como: a idade, o local onde vive e o tamanho da sua habitação, os seus custos energéticos mensais (água, luz, gás), a quantidade de lixo que produz em casa e os seus hábitos de reciclagem, os seus hábitos de compra, que tipo de alimentos consome e como é que esses alimentos são produzidos, se viaja muito e quais os meios de transporte que privilegia.

Sob a ótica coletiva, o cálculo da **Pegada** de uma cidade, um estado ou um país tem por missão melhorar a gestão pública e mobilizar a população a rever seus hábitos.

### **Objetivo desta parte do exercício**

Calcular a pegada ecológica, especificamente, a pegada de carbono, da casa escolhida considerando informações da residência entre elas os dados de consumo de energia calculados na **etapa 1**.

a) Usando o link abaixo, calcule a estimativa da pegada de carbono da casa escolhida.

<https://iniciativaverde.org.br/calculadora>

Obs: usando a ferramenta do link até o final. Não será preciso clicar no botão “ QUERO COMPENSAR MINHA PEGADA DE CARBONO”.

**Para isso, levante as seguintes informações, recuperadas da etapa 1.**

- Consumo médio mensal de energia elétrica (kWh/mês) = .....
- Conta de energia (R\$/mês) = .....
- Consumo médio de gás (m<sup>3</sup>/mês) .....
- Consumo médio de gás (R\$/mês) .....
- Ou consumo médio de botijão/ano = .....
- Número de moradores na residência = .....
- Tipo de veículo na residência = .....(o site permite a escolha)
- Média de quilometragem mensal = .....
- Tipo de combustível = .....(o site permite a escolha)
- Tipo de motor = ..... (o site permite a escolha)
- Transporte coletivo usado = ..... (o site permite a escolha)

**Resultados obtidos:**

- Toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas pela casa= .....
  - Toneladas de CO<sub>2</sub> per capita da casa = .....
  
  - Quantidades de árvores necessárias para compensar =  
.....
- a) Compare a pegada de carbono per capita da casa com:
- Pegada per capita de carbono do EUA
  - Pegada per capita de carbono do Brasil

---

---

---

---

---

---

---

**Obs.: Pesquise dados atuais para a pegada per capita (2019- 2022) de ambos os países.**