

Exercício – Etapa 5

PEA 3100

Etapa 5 - Energia, Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Objetivo

Essa etapa do Seminário tem o objetivo de permitir aos alunos realizar uma avaliação da emissão de CO₂ equivalente relativas ao consumo de energia das etapas 1 e 2 do seminário.

Metodologia

Será determinado a emissão de CO₂ equivalente em função dos valores da matriz de consumo residencial de energia da etapa 1 e da etapa 2, em função das ações realizadas. Para isto serão usados os dados da casa escolhida na etapa 2.

Devido a complexidade da modelagem e análise, não será avaliado a emissão de CO₂ 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.

Passo 1

Para fazer este levantamento vamos detalhar como se determina a emissão de CO₂ equivalente em função da matriz energética da residência.

A matriz brasileira de produção de energia elétrica é predominantemente baseada na produção de energia hidroeétrica, como já visto nas aulas. A composição de emissão de CO₂ devida ao setor de energia elétrica é feita pela contribuição das diversas fontes de energia primária que são utilizadas para produzir energia elétrica, de forma proporcional. O peso é proporcional ao despacho (quais fontes de energia primária e quanto de cada fonte é usada para atender a carga), portanto muda em função da priorização dada pelo operador nacional do sistema elétrico (ONS), 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 CO₂, pois a usinas

termelétricas usam os seguintes combustíveis: Óleo combustível, Gás Natural, diesel, carvão mineral, biomassa, dentre outras).

Podemos ter uma ideia da equivalência relativa dos GEE (Gases de Efeito Estufa) em relação ao CO₂ observando os dados da tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Equivalência relativa dos GEE em relação ao CO₂.

Gás	Potencial de Aquecimento Global (CO ₂ 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 CO₂ equivalente do setor de energia elétrica dado em toneladas equivalentes de CO₂ por kWh gerado. Também é possível obter neste site o valor médio diário e também o horário dia a dia.

Dados de 2018:

http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_des_pacho.html

Com o consumo mensal (kWh) da residência (usar a da etapa 2), que está discriminado na conta de energia elétrica, ou que foi obtido de forma aproximada pelo cálculo do consumo diário (levantado na etapa 1) multiplicado pelo número de dias de cada mês, é possível determinar a emissão mensal de CO₂ 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.

- a) Coloque em um gráfico de barras o consumo de energia elétrica da etapa 1 e 2 lado a lado

Gráfico 1 – Consumo de energia elétrica da residência mês a mês : Etapa 1 e 2



Podemos avaliar assim o efeito das reduções mensais e anual de emissão de CO₂ da etapa 2 em relação a etapa 1 da residência escolhida. A emissão mensal de CO₂ é obtida através do produto do fator de emissão médio mensal (obtido no site do MCTI para cada mês) pelo consumo mensal de energia elétrica, conforme a expressão a seguir:

$$\text{Emissão mensal de CO}_2 \text{ (tCO}_2\text{)} = \text{Quantidade de Energia Elétrica consumida mensalmente (kWh)} \times \text{Fator de emissão de CO}_2 \text{ equivalente mensal (tCO}_2\text{/kWh)}$$

b) Preencher a tabela 1 e tabela 2

Fatores de emissão de CO₂ equivalente (tCO₂/kWh)

Jan	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ

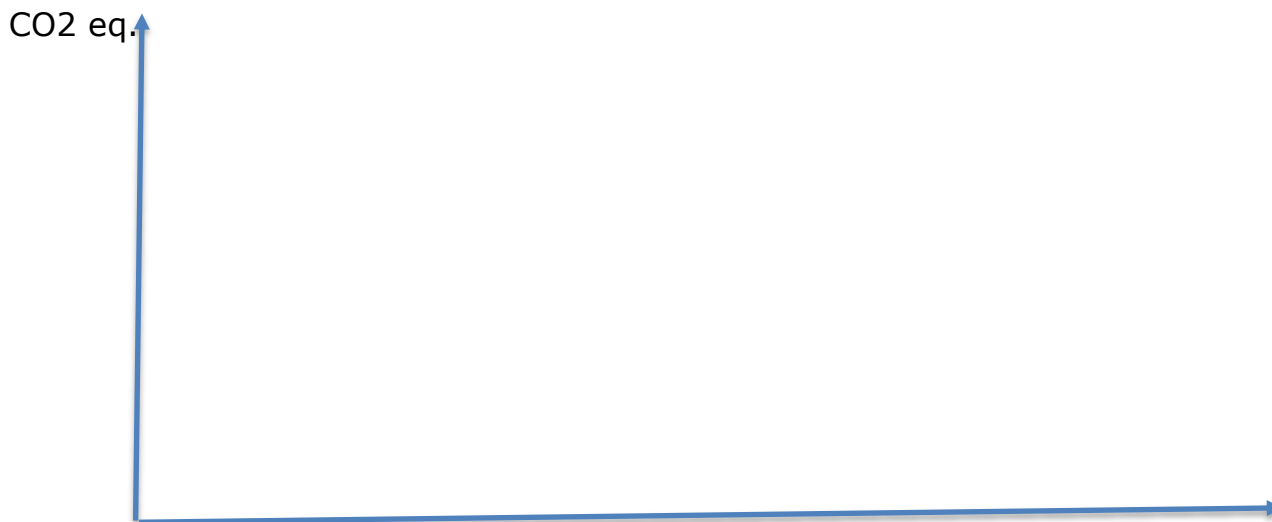
Preencher tabela 2

MESES	Etapa 1		Etapa 2		Redução de CO2 (tCO2eq)	% de redução
	Consumo de EE (kWh)	Emissões (tCO2eq)	Consumo de EE (kWh)	Emissões (tCO2eq)		
JAN						
FEV						
MAR						
ABR						
MAI						
JUN						
JUL						
AGO						
SET						
OUT						
NOV						
DEZ						
ANO						

c) Comente os resultados obtidos na tabela 2

d) Com base na tabela 2, faça uma gráfico de barras colocando no mesmo as emissões de CO2 equiv. da etapa 1 e etapa 2 , lado a lado para cada mês

Gráfico 2 – Emissões de CO2 equivalente em cada mês da residência



Passo 2

Para os outros combustíveis será feito o cálculo de emissão anual de CO₂ só para etapa 1, pois nem todos alunos calcularam a redução das ações de redução de consumo na etapa 2.

Para estes combustíveis (Gás Natural, GLP, gasolina, álcool, diesel) determinar a emissão de CO₂ emitido mensalmente utilizando a seguinte expressão:

Emissões de CO₂ mensal (tCO₂) = Quantidade de Combustível Consumido mensal (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 CO₂ e do C.

Os valores de conteúdos de carbono e fatores de oxidação para cada tipo de combustível fóssil são apresentados na tabela 4.

Passo 3

Determinar as emissões totais anuais de CO₂ 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 expressões:

Emissões de CO₂ total (tCO₂) etapa 1 = Emissões de CO₂(tCO₂) energia elétrica etapa 1 + Σ Emissões de CO₂(tCO₂) de outros energéticos usados na etapa 1

Emissões de CO₂ total (tCO₂) etapa 2 = Emissões de CO₂(tCO₂) energia elétrica etapa 2 + Σ Emissões de CO₂(tCO₂) de outros energéticos usados na etapa 1

e) Preencher tabela 3

Emissão total anual de CO₂e_q

Etapa 1	Referente a EE (1)	Referente a outros energéticos (2)	Total (1+2) tCO ₂
	XXXXX	XXXX	XXXX
Etapa 2	Referente a EE (1)	Referente a outros energéticos (2) Usado na Etapa 1	Total (1+2) tCO ₂
	XXXXXX	XXXXX	XXXXX

Tabela 4 – Fatores de emissão por tipo de combustível fóssil.

Combustíveis Fósseis	Unidade de medida	Densidade		Poder calorífico inferior (TJ/t)	Conteúdo de Carbono (tC/TJ)	Fator de oxidação (%)
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 ³	1,04	t/m ³	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 Manufacturado	t			0,03870	12,1	100
Gás Natural (Seco)	t ou m ³	0	t/m ³	0,03684	15,3	99,5
Gás Natural Úmido	t ou m ³	0	t/m ³	0,04157	15,3	99,5
Gasolina	m ³	0,74	t/m ³	0,04354	18,9	99
Gasolina de Aviação	m ³	0,73	t/m ³	0,04438	19,5	99
Líquidos de Gás Natural	t			0,04420	17,5	99
Lubrificantes	m ³	0,88	t/m ³	0,04237	20,0	99
Matérias-primas para refinaria *	t			0,04300	20,0	99
Nafta	t ou m ³	0,7	t/m ³	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 ³	0,84	t/m ³	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 ³	0,88	t/m ³	0,04266	20,0	99
Querosene de Aviação	m ³	0,8	t/m ³	0,04354	19,5	99
Querosene Iluminante	m ³	0,8	t/m ³	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.

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

Referências:

https://servicos.ibama.gov.br/ctf/manual/html/manual_formulario_emissoes_atmosfericas_fontes_energeticas.pdf

OBS:

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%.

Bom trabalho