

Análise de emissão de CO₂ considerando despacho de geração térmica, eólica e fotovoltaica

Laura S. Pereira,¹ Antonio M. Cossi²
FEIS/Unesp, Ilha Solteira, SP

O setor elétrico brasileiro é responsável por uma parcela da emissão de CO₂ na atmosfera, devido a energia elétrica fornecida por fontes de energia que utilizam a queima de combustíveis fósseis, como por exemplo as usinas termelétricas [1]. No entanto, é possível reduzir a emissão de CO₂ na atmosfera através da utilização de fontes de energias limpas, como por exemplo as fontes de energias eólicas [1] e fotovoltaicas [2], e conseqüentemente redução no fornecimento de energia das fontes poluentes. Assim, este trabalho apresenta uma análise de emissão de CO₂ na atmosfera devido à redução no fornecimento de energia provinda de usinas termelétricas em substituição por fontes de geração de energia eólica e fotovoltaica para manter o suprimento de energia ao sistema elétrico, em especial os sistemas de distribuição de energia elétrica.

A emissão de CO₂ é medida através do cálculo de uma função ambiental Fca [1]. A função ambiental Fca considera a potência Pt gerada pelas unidades térmicas, pertencentes ao conjunto de unidades térmicas Nut , e seus respectivos coeficientes de emissão de poluentes (α, β, γ) [3], dada em (kg/h), conforme equação (1).

$$Fca = \sum_{i=1}^{Nut} [\alpha_i Pt_i^2 + \beta_i Pt_i + \gamma_i] \quad (1)$$

Como restrição do problema, para que o sistema de distribuição de energia elétrica opere dentro dos limites técnicos e operacionais, considera-se: balanço de potência no sistema elétrico (a soma das potências injetadas no sistema pelas unidades térmicas (Pt), eólicas (Pe) e fotovoltaicas (Pf) é igual a demanda total D do sistema) [4], descrito pela equação (2); e limites operacionais de geração térmica [1], eólica [1] e fotovoltaica [2], descritos pelas equações de (3) a (5), respectivamente.

$$D = Pt + Pe + Pf \quad (2)$$

$$Pt_{min} \leq Pt \leq Pt_{max} \quad (3)$$

$$0 \leq Pe \leq Pe_{max} \quad (4)$$

$$0 \leq Pf \leq Pf_{max} \quad (5)$$

Para fins de comparação da quantidade de emissão de CO₂, foram realizadas simulações considerando dois cenários: cenário 1) apenas geração por unidades térmicas (ut); cenário 2) geração por unidades térmicas (ut), eólicas (ue) e fotovoltaicas (uf). No primeiro cenário, foram consideradas 6 unidades de geração térmica para o cálculo da função ambiental. No segundo cenário, foram retiradas 4 unidades de geração térmica e inseridas 2 unidades de geração eólica e 2 unidades de

¹laura.s.pereira@unesp.br

²antonio.cossi@unesp.br

geração fotovoltaica. Os coeficientes de emissão de poluentes das unidades térmicas estão apresentados na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta os resultados do cenário 1 e a Tabela 3 os resultados do cenário 2.

Tabela 1: Coeficientes de emissão de poluentes de geração térmica.

Unidades térmicas	α	β	γ
ut1 e ut2	0,00419	0,32767	13,85932
ut3 e ut4	0,00683	-0,54551	40,26590
ut5 e ut6	0,00461	-0,54551	40,26590

Tabela 2: Geração de energia e emissão de CO₂ - cenário 1

Unidade	P(kW)	kg/h	Unidade	P(kW)	kg/h
ut1	179,109	206,965	ut4	35,000	29,539
ut2	32,244	28,091	ut5	17,244	30,865
ut3	16,959	33,028	ut6	12,037	33,703
total	292,595 (kW)		362,191 (kg/h)		

Tabela 3: Geração de energia e emissão de CO₂ - cenário 2.

Unidade	P(kW)	kg/h	Unidade	P(kW)	kg/h
ut1	179,109	206,965	ue2	37,500	0,000
ut4	35,000	29,539	uf1	0,270	0,000
ue1	32,500	0,000	uf2	0,330	0,000
total	284,709 (kW)		236,504 (kg/h)		

De acordo com a análise de emissão de CO₂, foi possível avaliar o quanto a geração térmica contribui para a emissão de CO₂ no meio ambiente. Este fato é confirmado quando comparamos o total de emissões entre os cenários 1 e 2. Nessa comparação, percebe-se que com a entrada de geração de fontes não poluente, no caso geração de fontes eólicas e fotovoltaicas, e consequentemente diminuição na geração de fontes térmicas, houve uma redução na emissão de CO₂ de 34,8%.

Referências

- [1] A. C. S. Martins e A. R. Balbo. “A modelagem matemática de um problema de despacho térmico e eólico e sua influência na redução da emissão de CO₂”. Em: **Revista Eletrônica Paulista de Matemática** 14 (2019), pp. 230–253. ISSN: 2316-9664.
- [2] A. C. G. Carvalho, C. E. A. Santos, Y. B. Moreira e B. F. S. Junior. “Despacho Econômico de Unidades Térmicas Considerando a Presença de Usinas Fotovoltaicas Conectadas ao Sistema de Potência”. Em: **The 12TH Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission**. 2017, pp. 1–7.
- [3] E. Gonçalves. “Métodos híbridos de pontos interiores/exteriores e de aproximantes de funções em problemas multiobjetivo de despacho econômico e ambiental”. Dissertação de mestrado. Unesp, 2015.
- [4] N. Kagan, C. C. B. Oliveira e E. J. Robba. **Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**. 2a. ed. São Paulo: Blucher, 2010. ISBN: 8521205392.