

REDUÇÃO DO IMPACTO DA POLUIÇÃO DO AR EM USINAS TERMELÉTRICAS ESTUDO DO CASO : USINA TERMELÉTRICA IQITOS.

MSc. Luz Dondero – luz@iee.usp.br

Universidade de São Paulo – Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia PIPGE

Av. Prof. Luciano Gualberto 1289- Cidade universitária CEP 05585-040

São Paulo - Brasil

***Resumo.** O presente trabalho estuda as emissões de poluentes atmosféricos provenientes de usinas termelétricas e a viabilidade para a implementação de equipamentos externos de controle da poluição e/ou troca de tecnologia, como alternativas para a mitigação dos mesmos, considerando a usina termelétrica de Iquitos como estudo de caso.*

Numa primeira etapa, o trabalho propõe uma metodologia de análise ambiental para usinas termelétricas. A metodologia proposta apresenta quatro etapas, dentro das quais o cálculo quantitativo dos fluxos (g/s) dos principais poluentes emitidos (SO_2 , SO_3 , NO_x , CO , MP , e CO_2), e a aplicação de modelos de dispersão devem ser ressaltados.

Numa segunda etapa as possíveis alternativas para a redução das emissões são analisadas. No caso da usina Iquitos, foram estudadas duas estratégias tecnológicas para a mitigação da emissão de poluentes. Primeiro, a implementação de equipamentos externos de controle da poluição do ar e, segundo a substituição dos equipamentos existentes de geração por equipamentos de nova tecnologia.

Finalmente, embora a implementação de equipamentos de controle da contaminação atmosférica na Usina, resulte em maior eficácia para reduzir a emissão total de SO_2 , a estratégia de substituir a atual tecnologia por um gerador de maior eficiência tem se apresentado como mais econômica podendo ser considerada como a opção mais viável.

***Palavras chave :** Poluição do ar, Emissões atmosféricas, Usinas termelétricas.*

1. INTRODUÇÃO

A maior parte dos problemas ambientais que atualmente atingem a humanidade apontam para o uso da energia como sua principal causa, 85% do enxofre lançado na atmosfera provem da queima de combustíveis fósseis bem como 75% das emissões de CO_2 , principal responsável pelo efeito estufa. A produção de eletricidade é responsável por aproximadamente um terço do consumo de energia primária mundial, sendo que, cerca do 30% das emissões globais de CO_2 provém da operação de usinas térmicas.

Por outro lado, o fornecimento de energia elétrica constitui-se como um bem necessário básico, dela depende o desenvolvimento de todos os setores da economia, e dela dependem também muitos dos requisitos primários para uma adequada qualidade de vida, como saúde, habitação, educação e segurança pública; mas o fornecimento de eletricidade tem que estar sempre em consonância com a proteção e respeito ao meio ambiente.

O presente trabalho propõe uma metodologia de análise ambiental aplicado a usinas termelétricas, focalizando-se no estudo das emissões atmosféricas. Isto porque, no caso de termelétricas, o lançamento de gases e partículas para a atmosfera, constitui-se como o maior problema ambiental do seu funcionamento.

Para um melhor desenvolvimento do trabalho procurou-se um estudo de caso, sendo a usina Iquitos a escolhida por ser a maior consumidora de óleo combustível (*petróleo residual*) do Peru, e porque a cidade de Iquitos possui a maior taxa de crescimento populacional do país. Por outro lado, a Usina térmica se localiza no meio da cidade de Iquitos e opera em regime permanente (é um sistema isolado), estando os habitantes expostos permanentemente à emissão dos gases. A geração de energia elétrica na Usina é realizada por três grupos geradores Wartsila (cada um de 6,5 MW), dois grupos Sulzer (cada um de 1,5 MW) e um grupo Skoda a vapor (10 MW), fazendo um total de 32,5 MW de potência instalada.

2. METODOLOGIA

2.1. Análise ambiental em usinas termelétricas

A análise ambiental em usinas termelétricas adotada neste trabalho, consta de quatro etapas. É importante frisar que, antes de iniciar a aplicação das mesmas, deve ser feita uma detalhada caracterização tanto dos grupos geradores da termelétrica, como das condições meteorológicas e geográficas da região, que virão a ser o objeto do estudo.

Etapa 1 : Cálculo das emissões de gases e partículas. O cálculo quantitativo dos fluxos (g/s) dos principais poluentes emitidos (SO₂, SO₃, NO_x, CO, MP, e CO₂) em uma usina termelétrica pode ser feito aplicando os chamados Fatores de Emissão¹, ou fazendo as medições diretamente na saída da chaminé.

Muitas são as variáveis das quais depende a emissão dos poluentes atmosféricos em fontes fixas (carga do combustível, temperatura de combustão, mecanismos de queima, composição do combustível, etc.). Por isso, a eleição do Fator de Emissão mais adequado para cada grupo gerador envolve o conhecimento detalhado da Usina, bem como das próprias limitações destes fatores. No caso da usina Iquitos, os Fatores de Emissão utilizados, correspondem aos adotados pela EPA (Environmental Protection Agency), segundo sua publicação AP-42 (1996).

Etapa 2 : Cálculo da taxa de emissão por MWh gerado. No sistema elétrico, cada MWh de eletricidade gerada pode estar associada a quantidade de poluente emitido através da taxa

¹ O Fator de Emissão relaciona a quantidade de poluente emitido para a atmosfera e a atividade geradora desta descarga.

de emissão. Este fator é a relação entre a quantidade de poluente emitido dividido pela energia produzida (toneladas de poluente/MWh gerado). Estes coeficientes são de grande utilidade já que quando multiplicados pelas quantidades de energia gerada, determinam as emissões atmosféricas totais produzidas.

Etapa 3 : Cálculo da Rosa de Ventos. O gráfico denominado “Rosa de Ventos” é uma ferramenta bastante útil para a análise dos gases e partículas que são lançados na atmosfera, já que, permite melhor visualizar qual a direção e velocidade preferencial com que o vento sopra em determinado tempo e espaço.

Etapa 4: Estudo de Dispersão. Quando se determina a concentração de um poluente na atmosfera, mede-se o grau de exposição dos receptores (seres humanos, outros animais, plantas, materiais) como resultado final do processo de lançamento do poluente na atmosfera por suas fontes de emissão. Os dados de concentração podem ser obtidos mediante a aplicação de modelos de dispersão ou pela medição direta em campo. É importante frisar que, mesmo mantidas as emissões, a concentração dos poluentes na atmosfera (qualidade do ar) pode mudar em função, basicamente, das condições meteorológicas que determinam sua maior ou menor dispersão. É por isto que a qualidade do ar piora durante os meses de inverno, quando as condições meteorológicas são mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

Muitos são os modelos de dispersão atualmente utilizados. Existem modelos complexos e sofisticados, porém para o seu uso demandam uma grande quantidade de dados meteorológicos específicos. No caso de sistemas isolados nem sempre é possível contar com todos estes dados, e modelos de dispersão muito complexos dificilmente podem ser aplicados na prática (a usina Iquitos é um claro exemplo disto).

No caso da Usina Iquitos o modelo de dispersão aplicado foi o modelo SCREEN 3.0, desenvolvido pelo Scientific Software Group. O SCREEN 3.0 é um modelo de pluma gaussiana que simula fluxo contínuo.

2.2. Análise técnica e econômica das alternativas para a mitigação das emissões de gases e partículas poluentes.

Com base nos resultados obtidos da análise ambiental da Usina, os contaminantes podem ser identificados permitindo que sua redução possa ser estudada. A seguir comentamos algumas das alternativas técnicas mais úteis na mitigação das emissões atmosféricas.

Alternativa I Substituição de combustíveis fósseis por outros, com menor potencial poluidor. O potencial poluidor dos combustíveis depende principalmente da sua composição química, sendo que os combustíveis sólidos, como o carvão, acabam sendo os mais poluentes; seguido pelos combustíveis líquidos (óleo pesado, óleo diesel, gasolina etc.) e os gasosos (GLP e gás natural) que apresentam menor potencial poluidor.

Dentro das possibilidades de substituição de combustíveis fósseis é interessante ressaltar a tendência atual da substituição dos mesmos por gás natural, em regiões onde há disponibilidade deste recurso. A principal barreira na implementação desta substituição é a adaptação das instalações existentes para a queima do gás (troca de queimadores, etc.) e os custos adicionais para efetuar a adaptação.

Alternativa II Substituição de combustíveis fósseis por outros, com menor potencial poluidor, a través da introdução de tecnologias mais eficientes. A opção da introdução de tecnologias mais eficientes é um mecanismo eficaz para redução de emissões quando não se pode alterar o combustível primário e, mais ainda, quando é combinada com a troca de combustível (óleo diesel/combustível sendo substituído por gás natural, por exemplo). No caso de sistemas isolados, a alternativa de substituir os geradores diesel de pequeno porte, por novos ou por turbinas a gás da mesma capacidade, operando em ciclo simples, chegam a obter bons benefícios em termos ambientais.

Alternativa III : Substituição de combustíveis fósseis por biomassa. Uma outra alternativa importante a ser ressaltada, principalmente no caso da Amazônia, é a utilização da biomassa. Uma das principais barreiras da sua utilização é que, em geral as tecnologias para sua utilização disponíveis no Peru, ainda são de baixo rendimento, principalmente pelo pequeno porte das instalações. A principal vantagem da biomassa reside no fato de que suas emissões de carbono são praticamente nulas (pelo balanço de carbono devido à fotossíntese).

Alternativa IV : Uso de equipamentos de controle da poluição do ar. O uso de equipamentos externos de controle da poluição do ar tem sido amplamente considerados, principalmente em países desenvolvidos, porém o seu uso gera resíduos líquidos, transportando o problema de poluição do ar para a contaminação da água.

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1. Análise ambiental na Usina Iquitos

A figura 1 mostra os resultados dos fluxos (g/s) de SO₂, SO₃, NO_x, CO, e MP, emitidos pela Usina. É importante mencionar que os diferentes geradores da Usina (Wartsila1, Wartsila2, Wartsila3, Skoda, Sulzer3 e Sulzer5) consomem tanto óleo combustível residual 6 (R6) como diesel (D2), pelo que, houve a necessidade de calcular as emissões provenientes da queima de cada combustível separadamente, para logo depois sumariá-las no item emissões totais. No caso do CO₂ calculo-se uma emissão total de 4337,70 gramas por segundo.

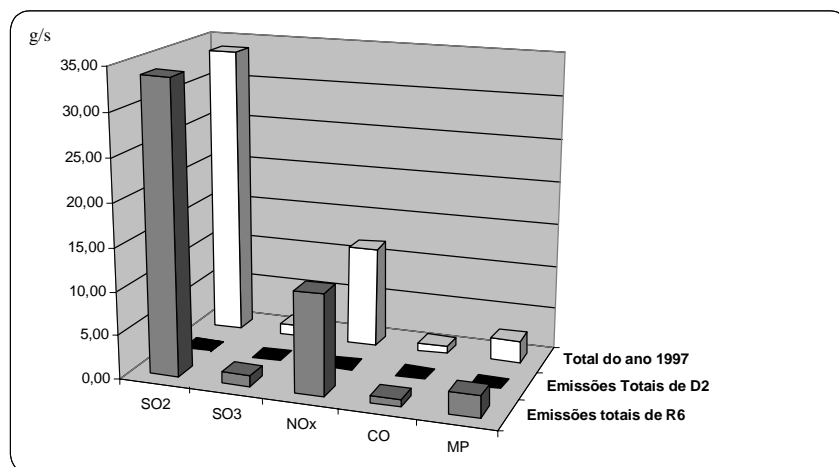


Figura 1- Emissões Totais da Usina Iquitos para 1998 (g/s)

A tabela 1 mostra as taxas de emissão por MWh gerado, obtidas para os tipos de geradores Skoda e Wartsila.

Tabela 1. Taxa de emissão para cada tipo de gerador da usina Iquitos

Poluente	Skoda (Kg/MWh)	Wartsila (Kg/MWh)
SO₂	10,040	5,370
SO₃	0,360	0,190
Nox	3,457	1,840
CO	0,250	0,138
MP	0,750	0,400
CO₂	1287,150	688,470

Foram feitos os gráficos da Rosa de Ventos para cada mês do ano. As figuras 2 e 3 mostram as rosas de ventos para os meses de julho e agosto que correspondem aos meses mais críticos para a dispersão de poluentes.

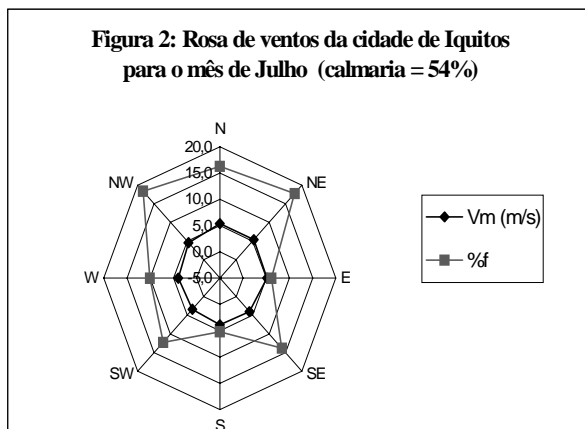


Figura 2 - Rosa de ventos (Julho)

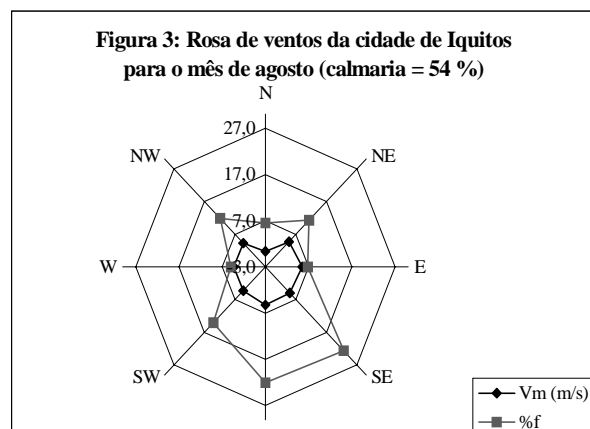


Figura 3 - Rosa de ventos (Agosto)

Considerando a análise das rosas de ventos, as condições meteorológicas de Iquitos e a classificação feita por Pasquill; chegamos a conclusão de que a estabilidade atmosférica dominante na cidade de Iquitos é do tipo B. Com esta premissa, podemos aplicar o modelo de dispersão SCREEN 3.0.

Os resultados de concentração de SO₂ obtidos mediante a aplicação do modelo de dispersão podem ser observados na figura 4. As concentrações nas distâncias de 300, 400, e 600 metros da usina ultrapassaram o limite recomendado pela OMS, mas encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela lei peruana.

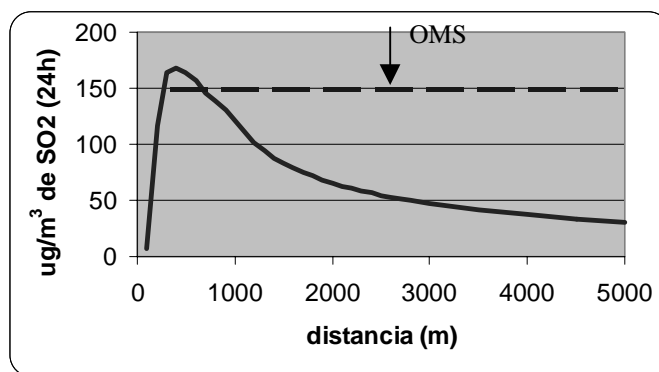


Figura 4 - Concentrações totais de SO₂ provenientes da Usina Iquitos para 24h (µgdeSO₂/m³)

No caso dos outros gases e partículas estudadas (NO_x, CO, e MP) os resultados mostraram que as suas concentrações cumprem com os limites recomendados pela OMS.

3.2. Implementação de equipamentos externos de controle da poluição ou troca de tecnologia como alternativas de redução da emissão de SO₂.

O grupo gerador Skoda contribui com 56% das emissões atmosféricas totais da usina, por isso, duas alternativas para a redução da emissão de SO₂ no gerador Skoda, foram comparadas. O uso de equipamentos externos de controle da poluição e a substituição do gerador Skoda por um outro novo.

Considerando as variáveis técnicas calculadas (emissão máxima de dióxido de enxofre igual a 27,9 g/s, vazão dos gases de saída na chaminé igual a 6,5 m³/s, vazão de entrada do petróleo residual 6 (com 1,2 % de conteúdo de enxofre) igual a 2,73 m³/s) e as propriedades químicas e físicas do fluxo dos gases emitidos. Podemos dizer que o equipamento de controle da poluição do ar mais apropriado, é um lavador de gases com soda cáustica como fluido solvente. Por outro lado, considerando a experiência da usina em lidar com geradores do tipo Wartsila, a substituição do gerador Skoda (10 MW) por um novo grupo gerador (10 MW) constitui o equipamento mais apropriado a ser implementado.

A figura 5 foi construída para comparar, em termos ambientais, as emissões futuras da usina Iquitos caso seja implementado um lavador de gases no gerador Skoda ou caso seja substituído o gerador atual por um outro novo. As projeções vão até o ano de 2012 e se baseiam no estudo da demanda de potência fornecida pela empresa.

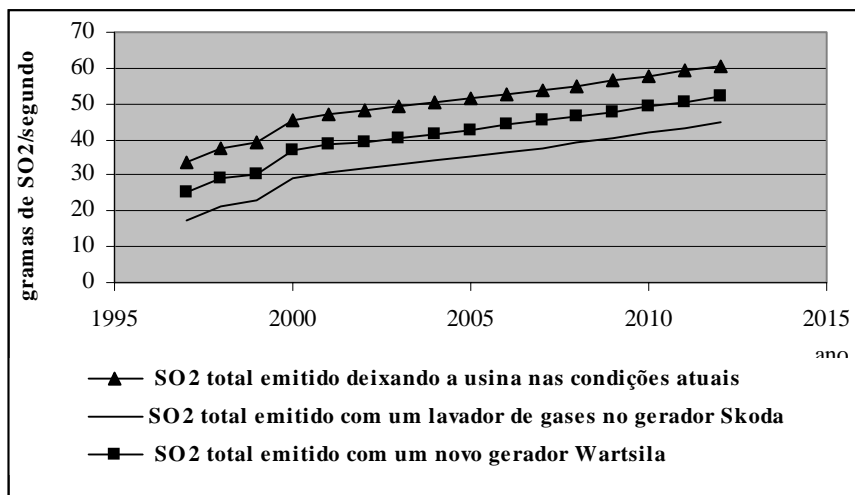


Figura 5 - Projeção comparativa da emissão de SO₂ na usina Iquitos (g/s)

Por outro lado, comprovou-se que o custo de geração do novo equipamento (66,4 US\$/MWh) é menor ao custo de geração do grupo Skoda com o lavador de gases (87,1 US\$/MWh + 7,32 US\$/MWh).

Finalmente é interessante comentar que a substituição de combustível, no caso de Iquitos, não representa uma alternativa real pelo fato de que, na região, não há disponibilidade nem maiores perspectivas de fornecimento de gás natural, principalmente porque a usina encontra-se numa condição de isolamento geográfico longe da jazida mais próxima. O uso de biomassa para a geração de energia poderia ser viável, mais existe a necessidade de estudos complementares para confirmar o real potencial da sua utilização.

4. CONCLUSÕES

- Analisando os gráficos de Rosa de Ventos para a época seca do ano, podemos dizer que as concentrações emitidas pela Usina, calculadas em termos de $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se localizarão preponderantemente ao nordeste da Termelétrica, durante o mês de maio, ao noroeste em agosto, e ao sul em setembro.
- Do ponto de vista ambiental, o uso de um lavador de gases no gerador Skoda representaria uma redução de 53 % na atual emissão da Usina, enquanto que a substituição do gerador Skoda por um novo grupo de combustão interna representaria uma redução de 25 % na emissão de SO₂.
- Do ponto de vista econômico, a implementação de um novo grupo gerador é 33,2% mais econômica que a opção da implementação de um lavador de gases.
- Definimos 1999 o tempo propício para a implementação de medidas de prevenção da poluição e desenvolvimento sustentável na região de Iquitos.
- Existe a necessidade de estudos complementares para confirmar o real potencial de uso de biomassa na região.

- Embora a implementação de equipamentos de controle da contaminação atmosférica na usina resulta mais eficaz para reduzir a emissão de SO₂ a estratégia de substituir a atual tecnologia por um gerador mais eficiente é mais barata e consideramos que representa a opção mais viável.

Agradecimentos

Ao Prof. Dc. José Goldemberg, orientador da dissertação de mestrado, que deu origem ao presente “*paper*”, por todos os ensinamentos recebidos.

A Usina Iquitos pela colaboração na liberação dos dados necessários durante a elaboração do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- AMULYA K.N. REDDY, et al Energy After Rio prospects and challenges, New York, United Nations Publications, 1997.
- ASSUNÇÃO, et al. Estimativa do custo de Controle de Dióxido de Enxofre na Região Metropolitana de São Paulo. Paper apresentado ao 13 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995.
- ASSUNÇÃO, J.V. Curso de Sistemas de Controle da Poluição do Ar, Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, 1998.
- BUONICORE, AJ. & DAVIS.W.T. Air Pollution engineering Manual. Pittsburg, Air and Waste Management Association, 1992.
- ELECTRO ORIENTE S.A. Memoria 1996. Iquitos, ELORS.A, 1998.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS DEL PERU. Plan Referencial de Electricidad. Lima Peru, MEM, 1998.
- GOLDEMBERG, JOSE. Energy Environment & Development. 1ra ed.UK, Earthscan Publications Limited, 1996.
- GOLDEMBERG, J. et al. Energy for a Sustainable World. 1ra ed. India, Wiley Eastern Limited, 1993.
- THE IPCC SCIENTIFIC ASSESSMENT, Climate Change, UK, Cambridge University Press, 1998.
- SWISHER J; MARTINO JANNUZI G. Planejamento Integrado de Recursos, Campinas, Autores Associados, 1997.
- TURNER, D.B. Workbook of atmospheric Dispersion Estimates, 2da Ed. Lewis Publishers, 1994.
- USEPA, Compilation of Air Pollutants Emission Factors. Washington DC, USEPA, 1996. Publication Number AP-42
- USEPA, Screening Procedures for Estimating The Air Quality Impact of Stationary Sources, USEPA, 1996
- VERGNHANINI RENATO FIALHO; HAKUO USIMA ADEMAR. Formação de Poluentes em processos industriais de Combustão, São-Paulo, IPT, 1996.
- WEEB, R, FERNANDEZ, B. G. Perú en Números, 2da ed. Lima, Editora Navarrete, 1992.
- WORLD HEALTH ORGANISATION – WHO. Diesel Fuel and Exhaust Emissions. 1ra ed. Geneva, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, 1996.

AIR POLLUTION REDUCTION IN THERMOELECTRIC POWER STATIONS CASE STUDY: IQUITOS POWER PLANT

Abstract. *This work studies the environmental impacts of atmospheric emissions sent out by the Iquitos thermoelectric power station in Perú. Initially, we compute the quantitative flows (in g/s) of major gas pollutants (SO₂, SO₃, NO_x, CO, CO₂ and MP) emitted by the power plant. Then, we calculate the station's emission rates per kWh generated (in kilogram of pollutant /kWh). Having those inputs, we adopt EPA's SCREEN3.0 dispersion model to simulate the SO₂ and NO_x into the local atmosphere. We also forecast the future evolution of SO₂ emissions considering the potential growth of electricity generation in the power plant. Since the Iquitos power station is located within the city's urban area, with gas emissions having direct impacts upon the local population, we study different strategies for emissions reduction from the plant. Firstly, we consider the upgrading of the existing plant with additional equipment for a more strict emission control. Then, we analyze the option of shutting down the most critical machine (in terms of atmospheric emission) in the old plant, and its substitution by a new and more efficient machine. We concluded that, although the addition of more strict control equipment is more efficient on reducing total emission, the strategy of exchanging machines is less costly and should be considered as the preferable option.*

Keywords : *Air pollution, Atmospheric emissions, Power plant.*