

# **VALORAÇÃO DE DADOS AMBIENTAIS DA GERAÇÃO TERMELÉTRICA: USINA DE CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ**

**Silvia Machado de Castro**  
**Engenharia Ambiental/PEA/UFRJ**

**Josimar Ribeiro de Almeida**  
**Escola Politécnica/UFRJ e Instituto de Química/UERJ**

**Manoel Gonçalves Rodrigues**  
**Observatório Urbano/OUERJ/UN-Habitat**

## **RESUMO**

Este estudo analisa os impactos ambientais provocados pela usina termelétrica de Campos, no norte do Estado do Rio de Janeiro, e o meio de valoração desses danos provocados. Foram considerados, para efeito de valoração, os poluentes e material particulado por provocarem danos à saúde humana. Adicionalmente foram também analisadas as emissões decorrentes da utilização de gás natural, sendo os principais produtos decorrentes de sua queima o dióxido de nitrogênio e material particulado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Usina Termelétrica, Danos Ambientais, Valoração.

## **ABSTRACT**

This research analyzes the environmental impacts caused by the power plant of Campos, in the northern state of Rio de Janeiro, and the means of assessment of damage. For this study were considered, for purposes of valuation, pollutants and particulate matter to cause health damage to human beings. The emissions from the use of natural gas were highlighted particularly the main products resulting from burning nitrogen dioxide and particulate matter.

**KEYWORDS:** Thermal Power Plant, Environmental Damage, Valuation.

## **INTRODUÇÃO**

A usina termelétrica de Campos, situada na cidade de Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, opera com 2 unidades iguais de 15 MW e usa como principal fonte de energia o óleo combustível tendo, atualmente, disponibilidade de chegar até 30 MW utilizando somente gás natural (ANEEL, 2008; ELETROBRAS FURNAS, 2010).

O crescimento do setor energético, diretamente relacionado com a subsistência e o conforto social, no âmbito das políticas, planos e programas do governo federal

(BRASIL, 2000. MME, 2010) prevê a ampliação da usina, cujo nome original era Usina Termelétrica Roberto Silveira, com acréscimo de 80 MW (MP, 2010).

As usinas termelétricas geram energia a partir da queima de um combustível. Além do combustível principal, no processo de geração participam combustíveis auxiliares com ar, água e produtos químicos que, juntos, geram efluentes causadores de danos ao meio ambiente.

As termelétricas são responsáveis por parte da emissão dos gases que contribuem para o aquecimento global, de modo que a eficiência na geração de eletricidade é fator determinante, principalmente quando existem as energias renováveis. Portanto, impactos ambientais pela geração de energia elétrica, desde alterações no clima, na fauna e flora até contaminação do solo e água, devem ser considerados (CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S/A – ELETROBRÁS, 2000; GUENA, ALMEDA & AQUINO, 2006).

A quantidade e o tipo de efluente gerados no processo variam conforme a tecnologia e o combustível utilizados, mas, em geral, compreendem: efluentes sólidos, líquidos e aéreos, emissões térmicas, ruídos e efeitos estéticos. Ocorrem principalmente na geração termelétrica a carvão e são constituídos por cinzas leves ou secas, resultantes da captação de material carreado das caldeiras pela corrente de gases de exaustão; cinzas pesadas ou úmidas, resultantes da limpeza hidráulica das caldeiras; e lama do sistema de dessulfuração de gases (quando existe esse sistema), que são gerados a partir de produtos químicos introduzidos junto aos gases de exaustão para remoção do enxofre (STAMM, 2003).

A produção de cinzas depende da qualidade do carvão utilizado e a sua deposição em bacias de estocagem leva a problemas estéticos, ocupação de terras e contaminação do solo e lençol freático.

Na geração termelétrica a gás natural, particularmente, não são produzidos efluentes sólidos e, no caso dos combustíveis fósseis líquidos, tais efluentes não chegam a ser relevantes (ALMEIDA, AGUIAR & RODRIGUES, 2005).

A produção de efluentes líquidos ocorre principalmente em usinas que empregam ciclo de vapor e o impacto pode acontecer através da contaminação de corpos hídricos pela disposição de efluente e através de consumo de água da usina.

Os efluentes aéreos constituem a principal ação impactante das usinas termelétricas. As emissões aéreas se originam da descarga de material particulado e de gases da queima do combustível, cuja quantidade e composição dependem da tecnologia e do combustível utilizado. O material particulado é resultante do inerte contido no combustível, principalmente pela utilização do carvão e, em menor quantidade, pelo emprego de óleo combustível pesado.

Os gases emitidos compreendem compostos sulfurosos ( $H_2$ , S,  $SO_2$ ), óxido de nitrogênio ( $NO_x$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e ácidos (HCl e HF). A combustão incompleta do combustível pode ainda gerar monóxido de carbono, hidrocarbonetos e compostos orgânicos complexos, como aldeídos. A emissão desses gases, assim como os particulados, ocorre em função das características químicas dos combustíveis e das tecnologias utilizados para geração, incluindo seus sistemas de retenção (ANEEL, 2008).

O presente trabalho se deterá na análise dos danos causados à saúde, uma vez que estes são os objetos de estudo dos trabalhos de valoração ambiental dos danos causados pela termelétrica.

## **METODOLOGIA**

Só foram considerados, para efeito de valoração, os poluentes e material particulado por causarem danos à saúde humana. Foram analisadas também as emissões decorrentes da utilização de gás natural, do qual os principais produtos decorrentes de sua queima são  $NO_x$  e material particulado, apesar da presença

de traços de SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, CO e compostos orgânicos voláteis metálicos (RABELLO, 1999).

A área de influência, como um dos atributos do empreendimento (CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S/A – ELETROBRÁS, 2000), foi determinada como sendo um raio de 21 km da usina, onde não se encontra outro município além do próprio município de Campos, simplificando o trabalho. Foi considerado que o centro de Campos está localizado a 5 km da usina e 90% da população estaria sendo afetada pela poluição (aproximadamente 352.200 habitantes).

Em todos os casos, levou-se em conta uma margem de erro na determinação do raio da área de influência (Quadro 1).

**QUADRO 1**  
**Unidades 1 e 2 da Usina de Campos**

<b>Dados de Óleo</b>	<b>Unidade 1</b>	<b>Unidade 2</b>
Poder Calorífico (kcal/kg)	9.800	9.800
Teor de Enxofre (%)	5,0	5,0
Teor de Cinzas (%)	-	-
<b>Dados da Usina</b>		
Potência (MW)	15	15
Fator de Capacidade Anual (%)	25	25
Consumo Anual (1000 ton/ano)	1,580	1,580
<b>Emissões de Poluentes</b>		
Dióxido de Enxofre (mg/kcal)	8,2	8,2
Material Particulado (mg/kcal)	0,04	0,04

Fonte: EIA/RIMA.

Utilizou-se um intervalo, cujos limites foram extraídos de estudos de valoração realizados para países desenvolvidos (PD) e países em desenvolvimento (PED), o qual representa a incerteza desse valor. O limite superior do intervalo foi obtido do estudo de Ottinger (1992), que representa valores estatísticos para vida humana que variam de US\$ 440 mil até US\$ 12,8 milhões, e sugere o uso de US\$ 4 milhões por ser um valor consistente e intermediário.

O limite interior foi obtido a partir do valor indicado por um estudo desenvolvido pelo Banco Mundial (MARGULIS, 1992). O valor de US\$ 75 mil, baseado no salário anual médio mexicano, foi calculado pelo conceito de capital humano e representa o valor da mortalidade devido às partículas suspensas totais.

Em função das dificuldades relacionadas aos estudos de valoração do risco incremental por doença, os estudos de valoração para os custos de morbidez, nesse caso, buscaram quantificar o risco incremental com base em dois critérios distintos: considerar o valor dos riscos de doenças proporcionais ao valor do incremento do risco de morte, adotando como próximo o valor da produção sacrificada nos dias perdidos em função da doença (XAVIER, 1998).

As tabelas 1 e 2 apresentam os coeficientes dose-reposta utilizados no caso estudado e, a tabela 3, os valores do risco incremental por unidade de diferentes eventos da poluição do ar.

**TABELA 1**  
**Coeficientes Dose-Resposta (evento/mg/m<sup>3</sup>)**

Efeitos	Coeficiente Dose-Resposta (evento/mg/m <sup>3</sup> )		
	SO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	Particulado
Morte	1,5 x 10 <sup>6</sup>	15 x 10 <sup>-3</sup>	1,0 x 10 <sup>6</sup>
Pneumonia	1,3 x 10 <sup>-5</sup>	5,0 x 10 <sup>-4</sup>	n.d*
Bronquite	1,0 x 10 <sup>-4</sup>	4,5 x 10 <sup>-3</sup>	3,6 x 10 <sup>-4</sup>
Doenças do aparelho respiratório	7,5 x 10 <sup>-3</sup>	7,9 x 10 <sup>-4</sup>	n.d*

inferior

Doenças agudas  $4,0 \times 10^{-6}$   $4,5 \times 10^{-6}$   $7,0 \times 10^{-6}$

\* Coeficiente de dose-resposta não disponível na literatura consultada.

Fontes: ECO Northwest, 1987; ECO Northwest, 1993.

**TABELA 2**  
**Coeficientes Dose-Resposta (evento/mg/m<sup>3</sup>)**

Efeitos	Coeficiente Dose-Resposta (evento/mg/m <sup>3</sup> )		
	SO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	Particulado
Morte	$1,5 \times 10^{-6}$	$5,6 \times 10^{-6(*)}$	$5,5 \times 10^{-6(*)}$
Pneumonia	$1,0 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4(*)}$	$3,6 \times 10^{-4}$
Bronquite	$1,0 \times 10^{-4}$	$4,5 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-4}$
Doenças do aparelho respiratório inferior	$7,5 \times 10^{-5}$	$7,9 \times 10^{-4}$	n.d*
Internações por problemas respiratórios	n.d.	$1,6 \times 10^{-5(*)}$	n.d.
Agravamento de sintomas asmáticos	n.d.	$6,7 \times 10^{-1(*)}$	n.d.

Fontes: ECO Northwest, 1987; ECO Northwest, 1993; (\*) Chestnut, 1995.

Os danos causados à população exposta ao poluente são estimados através de dados demográficos: identifica-se a densidade demográfica média por região e obtém-se uma referência da população que residirá na área de influência da usina (CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S/A – ELETROBRÁS, 2000; SERÔA DA MOTA, s.d.; SERÔA DA MOTA, 1995).

O valor econômico dos danos causados nesta etapa é obtido calculando-se o custo para morbidade e para a mortalidade. Foram consideradas, para efeito de cálculos de morbidade, as perdas econômicas decorrentes de dias perdidos por doença (TOLMASQUIN, 2000). No caso de morte, o estudo utilizou um intervalo para representar a incerteza do valor do risco incremental de morte. Neste intervalo, o limite superior foi obtido através de um estudo americano (OTTINGER, 1992) e o limite foi atribuído a partir de um estudo desenvolvido pelo

Banco Mundial (MARGULIS, 1992), para estimar o custo de degradação ambiental decorrente da poluição na Cidade do México.

**TABELA 3**  
**Valores do Risco Incremental por Unidade de Diferentes Eventos da Poluição do Ar**

Efeitos	Valores por unidade de evento (US\$/evento)	
	Mínimo	Máximo
Morte	75.000	4.000.000
Pneumonia	0	4.500
Bronquite	0	4.500
Doenças do aparelho respiratório inferior	0	4.500
Doenças agudas	0	4.500

Valor de US\$ 5 milhões para cada morte (OTTINGER, 1992) e US\$ 4,5 mil para cada caso de doença (ECO NORTHWEST, 1983).

Valor de US\$ 75 mil para cada caso de mortalidade (MARGULIS, 1992); valores de morbidez já estão embutidos na mortalidade (ECO NORTHWEST, 1986).

Fonte: Rosa, 1996.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram considerados apenas os impactos das emissões aéreas de SO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub> e material particulado sobre a saúde humana em termos de morte e doença.

A avaliação admite como válido o uso de coeficientes dose-resposta para relacionar concentrações de substâncias poluentes com seus efeitos.

A determinação da dispersão atmosférica baseou-se nos resultados limitados pelo modelo de dispersão de pluma Gaussiana.

A valoração de dano à saúde teve por base uma faixa de valores obtida de estudos realizados para países estrangeiros de forma que os resultados não devem ser tomados como absolutos para o caso brasileiro. Estes resultados devem ter caráter mais qualitativo do que quantitativo.

No cálculo da emissão atmosférica, os resultados são: função da potência, da tecnologia, do nível de operação e do combustível utilizado na geração. As tabelas mostram os dados referentes a cada um dos casos, podendo-se constatar a diferença entre eles.

Na estimativa da dispersão do poluente emitido pela usina, foram utilizados modelos matemáticos escolhidos de forma a considerar as características individuais das emissões, resultando nas estimativas de máxima concentração dos poluentes considerados mais importantes ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_4$  e material particulado) ao nível do solo. É nesta etapa que se estabelece a área de influência dos impactos causados pelas termelétricas.

Estima-se o risco associado à população exposta a cada poluente, a partir de coeficientes dose-resposta estima-se o risco individual do impacto. Os coeficientes de dose-resposta para impactos sobre a saúde são obtidos na literatura americana. Os resultados obtidos têm, então, um caráter mais qualitativo do que quantitativo, uma vez que os fatores que influenciam o padrão e qualidade de vida americana diferem muito do brasileiro, tais como alimentação, moradia, acesso a medicamentos e hospitais, dentre outros.

Ao comparar os resultados das concentrações de poluentes com os padrões brasileiros de qualidade do ar estabelecido pela Resolução nº 03/1990 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1990), chegou-se às seguintes conclusões:

- 1- [A] Caso as duas unidades da Usina Termelétrica de Campos fossem a única fonte emissora de material particulado, a área de influência com raio de 21 km analisada, apresentaria concentrações abaixo dos padrões brasileiros estabelecidos de qualidade do ar para partículas totais de 80 g/Nm<sup>3</sup> (primário) e 60 g/Nm<sup>3</sup> (secundário). Apesar da incerteza, foi possível constatar que as duas unidades da Usina talvez sejam as menos responsáveis pela poluição de material particulado no município de Campos dos Goytacazes, contribuindo com apenas 1/10 da concentração;
- 2- [B] Com relação ao SO<sub>4</sub>, não foi possível estabelecer comparação, pela falta de parâmetros na legislação ambiental brasileira, uma vez que esta não estabelece padrões para este poluente. Contudo, observou-se que, dada a relação do SO<sub>4</sub> com o SO<sub>2</sub>, admiti-se que sua concentração poderia exceder a um possível padrão nos pontos onde isso ocorre com o SO<sub>2</sub>;
- 3- [C] Para o risco social foi utilizado como critério de comparação o risco de mortes retardados devido a câncer utilizado pela *Nuclear Regulatory Commission* (U.S. NCR, 1974), de onde se conclui que o máximo aceitável seria de 2,4 mortes/ano. Se considerado um raio menor, tal como o de 10 km, em que a maioria das mortes ocorre devido à poluição, certamente o risco social calculado para a população exposta nesse raio seria 50 a 100 vezes maior; e
- 4- [D] A adoção de uma área de influência com raio de 21 km a partir das duas unidades da Usina Termelétrica de Campos, conforme dito anteriormente, foi para simplificação do trabalho e por ter sido constatado que essa extensão se mantém dentro do mesmo município de Campos dos Goytacazes. As concentrações médias de SO<sub>2</sub> foram obtidas no EIA/RIMA. A determinação das concentrações além desse raio foi definida por extrapolação, através de funções exponenciais.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R. de; AGUIAR, L. A.; RODRIGUES, M. G.. **Impactos Ambientais de Usinas Termelétricas a Gás. Estudo de Caso da UTG Duque de Caxias.** Associação Educacional Dom Bosco - AEDB. II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGET, 2005. Disponível em: <<http://www.aedb.br/seget/artigos.php?pag=5>>. Acesso: 20 out. 2010.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica. 3ª edição. Parte III – **Fontes não-renováveis. Gás Natural.** Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=1689](http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689)>. Acesso: 14 out. 2010.

AQUINO, A. R.; ALMEIDA, J. R. **Perfil de demanda e elasticidade de tarifa de energia elétrica em Natal-RN.** Ver. Brás. Pesq. Dês. – Vol. 5 - nº 2 – Agosto de 2003.

BRASIL. Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto 3.371, de 24 de Fevereiro de 2000. **Programa Prioritário de Termelétricidade.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D3371.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3371.htm)>. Acesso: 10 out. 2010.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S/A – ELETROBRÁS. **Metodologia de Valoração das Externalidades Ambientais da Geração Hidrelétrica e Termelétrica com vistas à sua Incorporação no Planejamento de Longo Prazo do Setor Elétrico.** Centrais Elétricas Brasileiras S/A., DEA; coordenado por Miriam Regini Nutti. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2000.

CHESTNUT, L. G. **Human Health Benefits Sulfate Reductions Under Title IV of the 1990 Clean Air Act Amendments.** North Caroline, EPA Office of Air and Radiation, Nov. 1995.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Padrões de Qualidade do Ar.** Resolução 03, de 28 de Junho de 1990.

ECO NORTHWEST 1983,, 1986, 1993 e 1987 apud ROSA, Luiz Pinguelli; SCHECHTMAN, Rafael. Avaliação de Custos Ambientais da Geração Termelétrica: Inserção de variáveis no planejamento da expansão do setor elétrico. In: **Diagnóstico Ambiental e Energético das Hidrelétricas na Amazônia**. ENERGE. Cadernos de Energia nº 9, volume II, 1996.

ELETROBRAS FURNAS. Sistema Eletrobrás Furnas. **Usina Termelétrica de Campos. 30 MW.** Disponível em: <<http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/>>. Acesso: 10 out. 2010.

GUENA, A. M. O.; ALMEIDA, J. R.; AQUINO, A. R. **Estudo Comparativo da geração comercial de energia elétrica**. Ver. Brás. Pesq. Des. – Vol. 8 - nº 1 – Março 2006.

MARGULIS, S.. **Back of the Envelope Estimates on Environmental Damage Costs in México**. Working Papers WPS 824, January 1992.

MME – Ministério de Minas e Energia. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão Energética (PDE) 2010-2017**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE>>. Acesso: 05 out. 2010.

MP – Ministério do Planejamento. **Plano Plurianual 2008-2011. Programa 0296: Energia nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste**. Disponível em: <[http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spi/plano\\_plurianual/PPA/110929\\_PPA\\_2008\\_AnexoI.pdf](http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spi/plano_plurianual/PPA/110929_PPA_2008_AnexoI.pdf)>. Acesso: 10 out. 2010.

OTTINGER, R. S. et alli, 1992 apud ROSA, L. P.; SCHECHTMAN, R.. Avaliação de Custos Ambientais da Geração Termelétrica: Inserção de variáveis no planejamento da expansão do setor elétrico. In: **Diagnóstico Ambiental e Energético das Hidrelétricas na Amazônia**. ENERGE. Cadernos de Energia nº 9, volume II, 1996.

RABELLO, R. B. M. **Metodologia para Valoração de Custos Associados a Problemas de Saúde Humana Decorrentes de Emissões Aéreas em Empreendimentos Termelétricos – Estudo de Caso: Usina Termelétrica de Santa Cruz.** Coppe/UFRJ, 1999. (dissertação de mestrado)

ROSA, L. P.; SCHECHTMAN, R.. Avaliação de Custos Ambientais da Geração Termelétrica: Inserção de variáveis no planejamento da expansão do setor elétrico. In: **Diagnóstico Ambiental e Energético das Hidrelétricas na Amazônia.** ENERGE. Cadernos de Energia nº 9, volume II, 1996.

SERÔA DA MOTTA, R. **Internalização de Custos Sociais e Ambientais nos Projetos de Desenvolvimento.** IPE, Rio de Janeiro, s.d.

SERÔA DA MOTTA, R. (coord.). **Teoria, Metodologia e Estudos de Caso no Brasil.** IPEA/DIPES, Rio de Janeiro, 1995.

STAMM, H. R.. **Método para Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) em projetos de grande porte: Estudo de caso de uma Usina Termelétrica.** Tese de Doutorado. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial. Fevereiro, 2003, p. 102-110.

TOLMASQUIN, M. T. (coord.). **Metodologias de valoração de Danos Ambientais Causados pelo Setor Elétrico.** Coppe/UFRJ, 2000.

U.S. NCR – Agência de Legislação Nuclear dos Estados Unidos da América. **Regulamentação para o uso de materiais radioativos.** Criada em 1974. Disponível em: <[www.ncr.gov](http://www.ncr.gov)>. Acesso: 08 out. 2010.

XAVIER, E. E.; NICHIOKA, J. **Avaliação dos Benefícios Ambientais Advindos da Mudança de Combustível da Usina Termelétrica de Campos.** Trabalho de Curso. PPE/Coppe/UFRJ, 1998.