

AVALIAÇÃO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS USINAS TERMOELÉTRICAS A GÁS NATURAL NO ESTADO DE SÃO PAULO

***JOSÉ FERNANDO LEME ROMERO ; **CÉLIO BERMANN.**

***ALUNO DE MESTRADO DO PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENERGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

****PROFESSOR DO PROGRAMA INTERUNIDADES DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENERGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar se as áreas escolhidas para a instalação de 3 usinas termoeletricas, movidas a gás natural, no Estado de São Paulo, são compatíveis do ponto de vista sócio-ambiental e se a capacidade de suporte dessas regiões serão extrapoladas. As usinas escolhidas para compor essa análise são: Usina Termoeletrica (UTE) de Americana (1200 MW), localizada na bacia do Rio Piracicaba; UTE Santa Branca (1097 MW), localizada na bacia do Rio Paraíba do Sul e UTE Piratininga (1471 MW) [1], localizada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Essas usinas fazem parte do Programa Prioritário das Termoeletricas (PPT), considerado fundamental para o suprimento nacional de energia elétrica, e foram escolhidas de forma criteriosa, representando regiões com diferentes características geomorfológicas dentro do Estado. Dentre os quesitos considerados mais importantes para a escolha da macrolocalização dessas Termoeletricas estão: proximidade dos insumos de produção, isto é; gás natural e água, proximidade dos centros consumidores e da rede de alta tensão e finalmente as usinas devem estar inseridas em locais que apresentem índices de qualidade do ar satisfatório.

ABSTRACT

This article intends to analyze some thermoelectrical plants using natural gas as fuel. These plants will be build in São Paulo State and belong to Thermoelectrical Priority Program (TPP) – an important energy strategy to improve electric power generation in Brazil. Besides Program's importance, it is necessary look into environmental problems caused by these plants due to water using and atmospheric pollution emission. The article's aim is search if these Thermoelectrical plants will bring environmental impacts to areas where they will be situated, because region's environmental endurance capacity can not be overload.

1. INTRODUÇÃO

A proposta do presente trabalho é analisar a inserção das UTEs, movidas a gás natural, na matriz energética brasileira e avaliar se a localização proposta para essas usinas é impactante do ponto de vista sócio-ambiental.

Segundo LUCON (2001), os principais impactos ambientais associados as UTE, âncoras do consumo do gás natural, referem-se ao ozônio (O_3) troposférico e seus precursores, como óxidos de nitrogênio (NO_x), ao uso consuntivo da água para refrigeração e à geração de gases do efeito estufa, em especial ao dióxido de carbono (CO_2) liberado na queima do gás natural.

Na análise dos impactos ambientais das UTEs, movidas a gás natural, realizada nesse trabalho, além dos poluentes citados no parágrafo anterior, será também considerada a emissão de dióxido de enxofre (SO_2), causador da chuva ácida.

Por fim, será possível avaliar o impacto ambiental de cada usina isoladamente e associado às outras fontes de poluição já existentes, na região de influência dessas usinas. Isso permitirá inferir se a somatória da poluição já existente com a poluição adicional, proporcionada pelas UTE a gás natural nessas regiões, ultrapassará a capacidade de suporte dos ecossistemas locais. O mesmo procedimento se aplicará ao uso consuntivo da água, nesse caso considerando a capacidade de suporte das bacias hidrográficas envolvidas.

2. METODOLOGIA UTILIZADA

Segundo RIBEIRO (2004), pode-se afirmar que na pesquisa científica, os modelos são aquilo que se observa dos objetos de estudo, ou seja, o conjunto de informações que são coletadas e separadas da realidade por serem de interesse ao pesquisador.

Como exposto por ANDERY et al. (1988), “a ciência se caracteriza por ser uma tentativa do homem em entender e explicar racionalmente a natureza, buscando formular leis que, em última instância, permitem a atuação humana”. Segundo os autores, enquanto tentativa de explicar a realidade, a ciência se caracteriza por ser uma atividade metódica, sendo o método um reflexo das nossas necessidades e possibilidades.

De acordo com BRANCO (1989) apud RIBEIRO (2004), pode-se entender os modelos como instrumentos de trabalho e operacionalização do método científico, sendo uma representação sintética e, portanto, não analítica da realidade. Desta forma, a elaboração de um modelo significa não um processo de decomposição do objeto observado em suas partes, peculiar ao procedimento analítico, mas sim uma tentativa de compor as diversas facetas do objeto num todo, consolidado e representativo da essência da realidade observada, fruto do procedimento sintético – este sim passível de análise.

Dessa forma, busca-se nesse trabalho a interpretação e análise da consolidação de dados representativos de três Termoelétricas [2], movidas a gás natural, que expressem de maneira significativa o universo das UTEs a serem instaladas no Estado de São Paulo.

A análise é conduzida a partir de dois eixos fundamentais: a emissão de poluentes e o uso consuntivo da água. Para a emissão de dióxido de carbono (CO_2) utilizou-se como parâmetro a quantia de 453kg de CO_2 por MWh, conforme Barbier [3] (1991). Para quantificar a emissão de óxidos de nitrogênio (NO_x) considerou-se o padrão de 230g de NO_x por MWh, conforme FLAVIN & LENSSEN (1994) [4]. O NO_x

é o principal poluente atmosférico proveniente de UTEs a gás natural e precursor do ozônio (O_3) troposférico. No entanto, a legislação ambiental brasileira não prevê padrões de emissão para NO_x a partir de fontes fixas.

Com relação ao dióxido de enxofre (SO_2) considerou-se um fator de emissão equivalente a porcentagem de enxofre existente no gás natural importado da Bolívia – por ser este o combustível a ser utilizado nas UTEs a serem instaladas em São Paulo. Sendo assim, foi estabelecido um padrão de 110 mg por m^3 consumido de gás natural [5].

No que tange ao uso da água, os dados foram obtidos através das informações fornecidas pelos EIA/RIMA pesquisados na biblioteca da CETESB.

Finalizando, deve se ter em mente, que o estabelecimento do modelo a ser estudado é de suma importância, devendo ser considerada com cautela qualquer simplificação da realidade, e que as conclusões estabelecidas representam, sobretudo, uma interpretação dessa mesma realidade, que enxerga os fatos levando em consideração o determinismo histórico e incorpora nessas conclusões uma interpretação teleológica do processo de mudança sócio-ambiental.

3. EMISSÃO DE POLUENTES EM CENTRAIS TERMOELÉTRICAS

Dentre as fontes de emissão antropogênicas, a geração de energia constitui a atividade econômica que maior quantidade de poluentes gasosos emite à atmosfera (LORA e TEIXEIRA, 2001). Em se tratando de emissões em termoelétricas, os principais poluentes formados são: CO_2 , NO_x , SO_2 , COV (compostos orgânicos voláteis) – que são hidrocarbonetos [6] do tipo aldeídos, cetonas, solventes clorados, substâncias refrigerantes entre outros – e material particulado (MP), cujas emissões estão diretamente relacionadas com a qualidade e tipo do combustível empregado.

Considera-se material particulado qualquer substância, com exceção da água pura, que exista como líquido ou sólido na atmosfera e tenha dimensões microscópicas ou submicroscópicas, porém maiores que as dimensões moleculares. Os particulados presentes na atmosfera classificam-se em finos, com um diâmetro < 2,5 μm , e grossos, com um diâmetro > 2,5 μm .

Dependendo de sua origem, os particulados atmosféricos podem ser primários ou secundários. Neste último caso, os particulados originam-se na atmosfera, a partir de reações químicas na fase gasosa que geram compostos condensáveis. O tempo de residência dos particulados na atmosfera inferior é de alguns dias a uma semana. Os mecanismos de remoção dos mesmos são: sedimentação em superfícies e deposição úmida (LORA e TEIXEIRA, 2001).

A seguir, será apresentada uma breve explicação sobre a formação dos poluentes que serão quantificados e analisados nessa dissertação, ou seja, óxidos de nitrogênio, dióxido de carbono e óxidos de enxofre, bem como alguns métodos de controle.

3.1 Formação de Óxidos de Nitrogênio

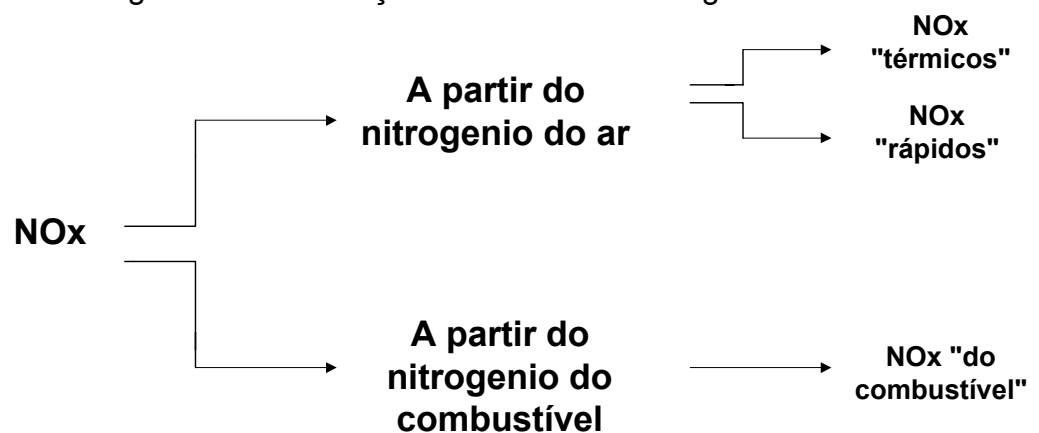
Os óxidos de nitrogênio (NO_x) podem se formar a partir do nitrogênio do combustível e a partir do nitrogênio do ar. De acordo com o mecanismo de formação, podem ser classificados como mostrado na figura 1. Segundo LORA e TEIXEIRA (2001), a importância relativa dos diferentes mecanismos de formação dos óxidos de nitrogênio depende dos seguintes fatores: temperatura no núcleo da chama, conteúdo de nitrogênio no combustível e parâmetros do processo na fornalha (excesso de ar).

Em primeiro lugar será apresentada a formação deste poluente a partir do nitrogênio do ar, e em seguida, a partir do nitrogênio do combustível.

3.1.1 Formação dos óxidos de nitrogênio a partir do nitrogênio do ar

Os óxidos de nitrogênio formados a partir do nitrogênio do ar dividem-se em NO_x "térmicos" e NO_x "rápidos". Segundo LORA e TEIXEIRA (2001), a reação do nitrogênio atmosférico com o oxigênio livre durante a combustão é, na realidade, uma reação em cadeia. De acordo com a equação de ZELDOVICH [7], pode-se concluir que a concentração dos óxidos de nitrogênio "térmicos" cresce linearmente com o acréscimo da concentração de oxigênio atômico e exponencialmente com a temperatura. As conclusões de ZELDOVICH evidenciam o aspecto impactante das UTEs, à medida que as centrais termoelétricas contribuem para a formação do *mau ozônio*. O ozônio troposférico, ou o *mau ozônio* (O_3), é formado através da reação química do oxigênio atômico (O) - liberado pela reação da luz solar com os NO_x , com o oxigênio molecular (O_2). Ao nível do solo, o ozônio é um componente do 'smog' urbano causando problemas respiratórios aos seres humanos, também prejudicando a flora, plantações e danificando as construções (CETESB).

Figura 1: Classificação dos óxidos de nitrogênio



Fonte: Adaptado de LORA & TEIXEIRA (2001).

Com relação aos óxidos de nitrogênio "rápidos", foram descobertos pelo cientista norte-americano FENNIMORE, em 1971, e chamados de óxidos de

nitrogênio “rápidos” devido à velocidade de sua formação na zona da frente da chama ser muito alta. As características fundamentais da oxidação rápida são:

- Duração breve do processo: a zona de formação de NO está localizada numa seção pequena da frente da chama;
- Dependência fraca entre a emissão de NO e a temperatura;
- Forte dependência da emissão de NO com a relação ar/combustível;
- A emissão de NO_x “rápidos”, durante a combustão do gás natural, é de 100-120 mg/m³, no entanto, para alguns autores este valor atinge somente 75 mg/m³.

A emissão de óxidos de nitrogênio pode ser controlada atuando-se sobre os fatores que determinam a sua formação, em particular sobre a temperatura máxima na fornalha e sobre a concentração de oxigênio nessa região (LORA & TEIXEIRA, 2001).

3.1.2 Formação dos óxidos de nitrogênio do combustível

Segundo LORA e TEIXEIRA (2001), a influencia dos NO_x do combustível sobre a emissão total de óxidos de nitrogênio é mais forte durante a combustão a temperaturas relativamente baixas ($T < 1500^{\circ} \text{C}$). A emissão dos NO_x do combustível aumenta rapidamente com o incremento do excesso de ar e depende pouco da temperatura do processo. Finalizando os autores apregoam que o grau de transformação dos compostos nitrogenados do combustível em NO_x diminui com o aumento da concentração de nitrogênio no combustível.

Analisando os métodos de controle, pode-se concluir que as principais precauções a serem tomadas referem-se ao controle da temperatura na fornalha e da relação ar/combustível (excesso de ar).

3.2 Formação de Óxidos de Enxofre

Os óxidos de enxofre (SO_x), em termoelétricas, formam-se a partir da combustão do gás natural. O dióxido de enxofre (SO₂) provoca problemas no sistema respiratório e é causa de bronquites e distúrbios graves, como o enfisema pulmonar. No ar este poluente pode ser transformado em trióxido de enxofre (SO₃), que, para as vias respiratórias, é ainda mais irritante que o primeiro. Os vegetais são sensíveis ao óxido de enxofre (SO): suas folhas amarelecem e, sob altas concentrações, eles chegam a morrer.

O SO₂ é um gás incolor com um odor irritante e azedo. É altamente solúvel em água (10,5 g/ 100 ml a 20° C), sendo esta propriedade a base dos sistemas de separação úmida do SO_x e da formação de ácido sulfúrico ao contato com a água. Finalizando essa seção é importante lembrar que o SO₂ é o percussor da chuva ácida.

Convencionalmente, é considerada ácida a chuva que apresenta valores de pH menores que 5,6. SEVÁ (1991) identifica várias regiões no Brasil com enormes

emissões de SO₂ e portanto propensas ao fenômeno da chuva ácida. Dentre as regiões identificadas por SEVÁ encontra-se São Paulo, Cubatão, Paulínia e São José dos Campos (300.000 toneladas de SO₂/ano) justamente regiões, onde se pretende instalar UTEs movidas a gás natural.

3.3. Formação de Dióxido de Carbono

O dióxido de carbono (CO₂) forma-se a partir da queima de combustíveis fósseis e do desmatamento de florestas. É o principal gás causador do efeito estufa contribuindo com 70% das emissões para o aquecimento global (HEVENGELD, 1995).

Segundo HOSKYN et al., (1994), as principais medidas que podem ser tomadas para a redução das emissões de CO₂ são :

- Eficiência e conservação de energia;
- Substituição de combustíveis;
- Utilização de fontes renováveis de energia;
- Captura e deposição do CO₂.

Por fim, deve-se salientar, que a geração de energia por centrais termoelétricas tende a aumentar, trazendo consigo um aumento nas emissões de CO₂ e todos os outros poluentes desta tecnologia de geração elétrica (LORA & TEIXEIRA, 2001).

4. QUANTIFICAÇÃO DA EMISSÃO DE POLUENTES DAS UTE ANALISADAS

Para a quantificação da emissão de poluentes foram utilizados os parâmetros mencionados no início deste trabalho. Dessa forma, para o dióxido de carbono (CO₂) utilizou-se como parâmetro a quantia de 453kg de CO₂ por MWh, conforme BARBIER (1991). Para quantificar a emissão de óxidos de nitrogênio (NO_x) considerou-se o padrão de 230g de NO_x por MWh, conforme FLAVIN & LENSSEN (1994). Com relação ao dióxido de enxofre (SO₂) foi estabelecido um padrão de 110mg por m³ consumido de gás natural. A partir destes parâmetros foi possível calcular a emissão diária de poluentes, conforme é mostrado abaixo na tabela 1.

Tabela 1 – Emissão de Poluentes das UTEs a gás natural

Localização das UTEs	Potência	Energia	Consumo de	Emissão de Poluentes		
	Instalada	útil dia	Gás Natural	CO2	Nox	SO2
	(MW)	(MWh)	(milhões de m3/dia)	(em ton/dia)	(em ton/dia)	(em ton/dia)
Americana	1200	23040,0	4,8	10437,1	5,3	0,528
Santa Branca	1097	21062,4	4,4	9541,3	4,8	0,483
Piratininga	1471	28243,2	5,9	12794,1	6,5	0,647
TOTAL	3768	72345,6	15,1	32772,5	16,6	1,658

Fonte: Elaboração própria

De acordo com tabela 1, as três UTEs analisadas emitiriam diariamente, na atmosfera, cerca de 33 mil toneladas de CO₂, 16,6 toneladas de NO_x e 1,7 toneladas de SO₂. No entanto, esses resultados não devem ser interpretados de maneira isolada. Deve-se levar em consideração a somatória da poluição existente [9], ou poluição de fundo, com a poluição nova.

Dessa forma, nesse trabalho, para obter a somatória da poluição de fundo - com relação aos poluentes NO_x e SO₂, com a poluição nova, é utilizada a base de dados da CETESB, através de suas estações medidoras. A rede de amostragem automática da CETESB é composta por 29 estações fixas e 2 móveis. As estações fixas estão distribuídas em 23 na RMSP, 1 em Paulínia, 1 em Sorocaba, 2 em Cubatão, 1 em Campinas e 1 em São José dos Campos.

Com a finalidade de analisar e quantificar os dados de emissões para a UTE Americana foram utilizadas as informações disponibilizadas pela estação móvel da CETESB em Americana, situada no Parque das Nações. Para a UTE Santa Branca foram utilizados dados da Estação de São José dos Campos, uma vez que essa cidade encontra-se na área de influência do empreendimento. Para UTE Piratininga (São Paulo) foram utilizados os dados consolidados da RMSP.

4.1 UTE AMERICANA (CARIOBA II)

Segundo o “Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo”, elaborado pela CETESB em 2003, a partir das medições efetuadas em 2002, o município de Americana está localizado em uma região com perspectivas de crescimento da atividade industrial, corrobora esse fato o crescente número de pedidos de licenciamento. A Estação Parque das Nações, em Americana, monitorou os seguintes parâmetros de poluição do ar: ozônio, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio (monóxido e dióxido) e monóxido de carbono. Os resultados observados em 2002 para SO₂, NO₂ e O₃ foram os seguintes:

- Dióxido de Enxofre: Média aritmética do período: 14µg/m³, 1^a. máxima : 67 µg/m³, 2^a. máxima : 38µg/m³. Os padrões primários e secundários de qualidade do ar não foram ultrapassados.
- Dióxido de Nitrogênio: 1^a. máxima : 211µg/m³, 2^a. máxima : 148µg/m³. Não ocorreram ultrapassagens do padrão diário de qualidade do ar.
- Ozônio: 1^a. máxima: 219µg/m³, 2^a. máxima : 214µg/m³. Foram observadas 14 ultrapassagens do padrão de qualidade do ar (160µg/m³), sendo que em dois dias atingiu-se o nível de atenção (200µg/m³).

4.2 UTE SANTA BRANCA

A UTE Santa Branca localiza-se no município de Santa Branca, distante cerca de 30 km de São José dos Campos. O município de São José dos Campos com área de 1.102 km² conta com uma população em torno de 540 mil habitantes.

Contando com desenvolvido parque industrial, que abriga 900 empresas, e uma frota de veículos constituída de, aproximadamente, 190 mil unidades, São José dos Campos já apresenta problemas com relação à qualidade do ar. Com relação ao ozônio (O₃), formado a partir do NO_x, verificou-se a ultrapassagem do padrão em 14 dias no decorrer do ano e o estado de atenção foi atingido em 2 dias no ano de 2002 (CETESB, 2003).

Com relação ao SO_x, a estação de São José dos Campos registrou média aritmética anual inferior a 10µg/m³, bem abaixo do padrão secundário de qualidade do ar (40µg/m³). A tabela 2, abaixo, apresenta a Estimativa das fontes de poluição do ar no município de São José dos Campos (SJC) em 2002 [10].

Tabela 2 – Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar em SJC em 2002

Tipo de Fonte	Fonte de Emissão[11]	NO _x	SO _x
		(1000 t/ano)	(1000 t/ano)
Móvel	Gasolina C [12]	1,38	0,24
Móvel	Álcool	0,36	-
Móvel	Diesel [13]	7,85	0,26
Móvel	Taxi	nd	nd
Móvel	Motocicletas e similares	0,05	0,02
Fixa	Processo Industrial	3,67	16,45
TOTAL	-	13,31	16,97

Fonte: CETESB

4.3 UTE PIRATININGA (RMSP)

A RMSP possui uma área de 8.051 km² com uma população superior a 17 milhões de habitantes, distribuída em uma área urbanizada e de maneira desordenada em 1.747 km². A região enfrenta todo tipo de problemas ambientais, entre os quais está a deterioração da qualidade do ar, devida às emissões atmosféricas de cerca de 2000 indústrias de alto potencial poluidor e por uma frota de aproximadamente 7,2 milhões de veículos, representando 20% da frota nacional (CETESB, 2003).

O ozônio ultrapassou o padrão de qualidade do ar em 82 dias no ano de 2002, na RMSP. Essa frequência representa 22,5% dos dias do ano. Ao analisarmos a distribuição mensal (tabela 3), observa-se que os meses de maio a julho são os que apresentam o menor número de ultrapassagens e que o mês de outubro, onde praticamente todas as estações da RMSP apresentam concentrações elevadas por dias consecutivos, é o de maior número de ultrapassagens com 22 dias superando o padrão (CETESB).

Com relação ao SO₂ em nenhuma estação o padrão anual secundário de qualidade do ar (40µg/m³) foi ultrapassado e em todas as estações as médias anuais estiveram abaixo de 30µg/m³.

Tabela 3 – Número de dias de ultrapassagem do padrão de ozônio na RMSP

MES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1999	12	8	7	6	0	3	0	8	14	5	7	10	80
2000	5	2	1	8	0	2	2	4	4	17	12	10	67
2001	9	8	17	1	0	2	3	5	7	11	11	4	78
2002	5	3	16	7	2	0	0	6	5	22	6	10	82

Fonte: CETESB

5. IMPACTO NA DISPONIBILIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA

Das três centrais termoeletricas analisadas neste trabalho, duas demandam grandes volumes de água para o sistema de resfriamento do vapor de exaustão das turbinas. Como essas UTEs estão situadas em bacias hidrográficas densamente urbanizadas e industrializadas, a utilização da água torna-se um limitante crítico para esse tipo de empreendimento energético.

Tabela 4: Uso Consuntivo da Água das UTEs a Gás Natural no Estado de São Paulo

LOCALIZAÇÃO das UTEs	POTÊNCIA INSTALADA EM MW	ENERGIA ÚTIL ANO EM GW [14]	BACIA HIDROGRÁFICA	CONSUMO DE ÁGUA (MILHÕES m ³ /dia)
Americana	1200	8410	Piracicaba	12.960[15]
Santa Branca	1097	7688	Paraíba do Sul	25.920
São Paulo [16]	1471	10309	RMSP	-
TOTAL	3768	26407	-	38880

Fonte: EIA/RIMA das UTEs analisadas.

A UTE Piratininga, devido às restrições da RMSP com relação à disponibilidade hídrica, utilizará o sistema de resfriamento a ar. A UTE Americana utilizará o sistema de resfriamento a água, em circuito semi-aberto para a atmosfera, utilizando torre de resfriamento evaporativa úmida. Tal tecnologia, segundo SEVÁ & FERREIRA (2001), representará uma enorme pressão sobre os recursos hídricos, devido à magnitude do volume captado e das perdas por evaporação, e ainda ao volume e a qualidade dos efluentes descartados.

O mesmo comentário pode ser feito com relação a UTE Santa Branca, no entanto com um agravante, se utilizará o dobro da quantidade de água, em relação a UTE Americana, para produzir 10% a menos de energia.

6. CONCLUSÕES

As UTEs, analisadas nesse trabalho, emitem para a atmosfera considerável quantidade de NO_x e CO₂. Com relação ao NO_x, precursor do ozônio troposférico, verifica-se nas 3 macrorregiões enfocadas uma tendência à saturação da qualidade do ar, em especial a RMSP, onde em 23% dos dias do ano o ozônio ultrapassou o padrão de qualidade do ar.

Com relação ao CO₂, utilizando a opção termoelétrica, haverá um incremento na emissão de gases do efeito estufa, contribuindo, assim, para o agravamento do aquecimento global.

O fator água é outra limitante na implementação das usinas termoelétricas a gás natural, levando em consideração as características das regiões analisadas – regiões densamente urbanizadas e industrializadas. Ademais, como é o caso da UTE Santa Branca, a água será captada da Hidrelétrica de Santa Branca, constituindo esse fato um verdadeiro contra-senso.

Outro aspecto a ser considerado é o fato das termoelétricas serem investimentos intensivos em capital fixo com baixo custo operacional. Quando a melhor opção seria empreendimentos com baixo custo de capital e alto custo operacional, levando em consideração que as UTE teriam a função de complementaridade da geração hidroelétrica.

Finalmente, a implementação de usinas termoelétricas, na matriz energética brasileira e sobretudo no Estado de São Paulo, torna-se uma opção impactante do ponto de vista sócio-ambiental, centralizadora de renda sob o aspecto econômico e com alto custo financeiro, visto que a energia produzida pelas UTEs terá que amortizar investimento feito em moeda estrangeira para a aquisição de equipamentos importados.

A avaliação conduzida neste trabalho indica a inviabilidade ambiental das UTEs a gás natural nos termos propostos pelos investidores, muito embora o órgão ambiental do Estado de São Paulo já tenha concedido a LO (Licença de Operação) para a UTE Piratininga, que deverá entrar em operação em maio de 2004. Quanto às UTEs Santa Branca e Americana, a inviabilidade ambiental de ambas deverá ser consignada pelo órgão ambiental estadual.

7. NOTAS

[1] UTE Piratininga somando-se fase I e fase II.

[2] As UTEs pesquisadas são: Americana, Santa Branca e São Paulo.

[3] E. Barbier – “Geothermal energy: its role in the generation of electricity and its environmental impact”. In: Electricity and Environment. International Atomic Energy Agency, Report IAEA-TECDOC-624, Vienna, 1991, pp. 163-176.

[4] C. Flavin & N. Lenssen-Power Surge. New York, W.W. Norton & Co., 1994, p101.

[5] A presença de enxofre no gás natural proveniente da Bolívia está indicado no RAP – Relatório Ambiental Preliminar da Termelétrica do Planalto Paulista (TPP), elaborado pela ECP- Engenharia, Consultoria e Planejamento Ambiental, maio/1998.

- [6] Como por exemplo o metano, cuja fórmula química é CH_4 . Também são considerados hidrocarbonetos o etano (C_2H_4), o propano (C_3H_8), o butano (C_4H_{10}), o pentano (C_5H_{12}), o hexano (C_6H_{14}) e o benzeno (C_6H_6).
- [7] Cientista russo que formulou uma equação para o cálculo da concentração de equilíbrio dos óxidos de nitrogênio, formados pelo mecanismo térmico.
- [8] Conforme previsto pelo Protocolo de Kyoto através dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL).
- [9] NEGRI (2002) refere-se à poluição existente como emissão de fundo
- [10] Utiliza-se o mesmo perfil de idade da frota da RMS
- [11] As fontes de emissão móveis, aqui analisadas, provém do tubo de escapamento dos veículos
- [12] Gasolina C: gasolina contendo 22% de álcool anidro e 800 ppm de enxofre (massa)
- [13] Diesel: tipo metropolitano com 1100 ppm de enxofre (massa)
- [14] Utiliza-se nessa Pesquisa um fator de capacidade de 80%.
- [15] Consumo de água utilizando a alternativa torre seca.
- [16] A UTE Piratininga utilizará o sistema de resfriamento a ar.

8. BIBLIOGRAFIA

- BERMANN, Célio (2002). *Energia no Brasil: para quê? Para quem?*. São Paulo, Ed. Livraria da Física e FASE.
- CETESB (2002). *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo*. São Paulo, Gráfica CETESB.
- EIA/RIMA Usina Termoelétrica de Americana. ENERGEN Engenharia.
- EIA/RIMA Usina Termoelétrica de Piratininga. Main Engenharia S/A.
- EIA/RIMA Usina Termoelétrica de Santa Branca. JP Engenharia.
- FERREIRA, A.L. & SEVÁ, A. O.F. (2001). *Parecer Técnico sobre Projeto de Uma Usina Termoelétrica de Grande Porte, a Gás e a Vapor*. Americana, PM.
- GOLDEMBERG, J. (2001). *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*. São Paulo, Ed. Da Universidade de São Paulo.
- HEVINGELD, H. (1995). *“Understanding Atmospheric Change: A survey of The background science and implications of climate change and ozone Depletion”*. Canadá, Environmente Canadá.
- HOSKYN, K.G. (1994). *Alternative Greenhouse Gas Mitigation Technologies*.

IEA Greenhouse Gas R&D Program.

LORA, E.E.S. & TEIXEIRA F.N. (2001). *“Energia e Meio Ambiente”*. In: *Con-servação de Energia*. Itajubá, Ed. Da EFEI.

NEGRI, J.C. (2002). *“Modelo Preditivo da Emissão e Dispersão no NO_x Gerado Em Usinas Termoelétricas como Instrumento de Análise de Inserção e Capa-cidade de Suporte Regional da Qualidade do Ar”*. São Paulo, BT/PME/0215.

ZELDOVICH, B. et al. (1947). *“Oxidação do nitrogênio durante a Combustão”*. Moscou, Nauka.