



ESTUDO DOS EFEITOS NA QUALIDADE DO AR E NA SAÚDE HUMANA DO FUNCIONAMENTO DE USINAS TERMOELÉTRICAS EM REGIÕES INTENSAMENTE URBANIZADAS: O CASO DA UTE PIRATININGA – SP

Louise Nakagawa¹

Francisco de Assis Comarú²

Federico Bernardino Morante Trigos³

RESUMO

A poluição atmosférica há tempos tem sido um grave problema de saúde pública em diversos países no mundo. O processo de desenvolvimento implica industrialização e consumo, especialmente de energia elétrica. No Brasil, a maior parte dessa geração vem das hidrelétricas, complementadas pelas termoelétricas. No entanto, o funcionamento de usinas movidas a combustíveis fósseis pode acarretar a emissão de poluentes atmosféricos. A atividade das fontes fixas, somada à emissão das fontes móveis (responsável por 90% da poluição atmosférica no Estado de São Paulo), tem demonstrado sérias e fortes associações aos problemas de saúde. Desse modo, o objetivo desta pesquisa foi estudar os efeitos que o funcionamento da UTE Piratininga – usina cravada na RMSP de essencial importância energética para a região – exerce sobre a qualidade do ar e saúde da população do entorno. Entretanto, ao analisar os resultados, somente foi possível verificar uma relação entre os problemas respiratórios e o não funcionamento da usina. Apesar de infelizmente não terem sido encontradas evidências da interferência direta da usina na qualidade do ar, constatou-se que a qualidade do ar em alguns pontos da RMSP não tem se mostrado satisfatória, segundo os dados da CETESB.

1 Universidade Federal do ABC. Avenida dos Estados, 5001, Bloco B - 8º andar, Santo André/SP. CEP: 09210-971. Tel: 4996-0085. E-mail: louise.nakagawa@ufabc.edu.br.

2 Universidade Federal do ABC. Avenida dos Estados, 5001, Bloco B - 8º andar, Santo André/SP. CEP: 09210-971. Tel: 4996-0085. E-mail: francisco.comaru@ufabc.edu.br

3 Universidade Federal do ABC. Avenida dos Estados, 5001, Bloco B - 8º andar, Santo André/SP. CEP: 09210-971. Tel: 4996-0085. E-mail: federico.trigos@ufabc.edu.br



Palavras-chave: Geração de Energia, Usinas Termoelétricas, Qualidade do Ar, Doenças Respiratórias.

ABSTRACT

Air pollution has been a serious public health problem in several countries worldwide. The development process involves the industrialization and consumption, especially electricity. In Brazil, most of this generation comes from hydroelectric dams, supplemented by thermal plants. However, the operation of fossil fuel power plants can result in the emission of air pollutants. The activity of stationary sources added to the mobile source emission (responsible for 90% of air pollution in São Paulo) has shown strong and serious associations with health problems. For this reason, the objective of this work was to study the effects that the operation of UTE Piratininga – plant stuck in the RMSP which are essential energy for the region – has on air quality and health of the surrounding population. However, in analyzing the results it was only possible to verify a relationship between respiratory problems and the non-running of the mill. Unfortunately no evidence were found of direct interference of the plant on air quality, however, it was found that air quality in some parts of the RMSP hasn't proven to be satisfactory, according to data from CETESB.

Keywords: Power Generation, Thermoelectric Power Plants, Air Quality, Respiratory Diseases.

1. INTRODUÇÃO

Após a Revolução Industrial, com a introdução da máquina a vapor e mais tarde a eletricidade, ocorreu maior necessidade de gerar mais energia para sustentar os processos industriais. No entanto, é possível afirmar que o setor energético produz impactos socioambientais em toda a sua cadeia, desde a extração de recursos naturais para os processos de produção, até os usos finais por diversos tipos de consumidores. Assim, o tema energia passou a ser de interesse global, de modo que todos arcam (não da mesma forma) com um dos ônus do desenvolvimento: a poluição, que teve enorme destaque nas últimas décadas e é protagonista de sérios e preocupantes problemas de saúde pública em todo o mundo. Desde a primeira metade do



século XX, a poluição do ar tem sido um grave problema nos grandes centros urbanos, motivado pela presença cada vez maior dos veículos automotores, somada à atividade industrial como fonte poluidora. Desse modo, episódios de poluição atmosférica excessiva causaram o aumento no número de mortes em algumas cidades da Europa e dos Estados Unidos.

No Brasil, a maior parte do parque gerador de energia elétrica está constituído por usinas hidrelétricas. Em 2007, mais de 77% da geração de eletricidade veio da energia hidráulica (BEN, 2008). Mesmo o país sendo privilegiado em relação aos recursos hídricos, alguns autores afirmam que, a curto e médio prazo, esses chegarão ao limite máximo de exploração, podendo a geração térmica ganhar maior participação na matriz energética, o que poderá imputar pesados ônus às populações residentes próximas desses empreendimentos. Apesar de o processo de geração de energia nas hidrelétricas não implicar poluição do ar, a inundação das áreas de mata e floresta acarreta o apodrecimento da madeira, emitindo os GEE para a atmosfera (ROSA et al, 2004), sem falar no deslocamento forçado da população ribeirinha para outras áreas.

O aumento das emissões de poluentes atmosféricos provindos do funcionamento de termoelétricas passou a ser objeto de maior preocupação por conta da crise no setor elétrico em 2001. Com a escassez de água nas hidrelétricas, houve o risco de algumas regiões, como a Região Sudeste, ficarem sem energia elétrica. Isso resultou no aumento da geração termoelétrica, e, conseqüentemente, pode ter aumentado a emissão de poluentes lançados na atmosfera, comprometendo diretamente a saúde da população. Nesse contexto, algumas termoelétricas, como a UTE Piratininga, foram ampliadas e repotenciadas no intuito de consumir o gás natural vindo da Bolívia, além de complementar a geração hidrelétrica, que há tempos mostra-se como uma fonte não segura de energia, pois depende integralmente da sazonalidade. Essa complementação também teria o propósito de evitar possíveis *blackouts* e atender a demanda de energia elétrica, principalmente por estarem localizadas próximas aos grandes centros urbanos, onde o consumo é maior.

Devido às discussões sobre a questão energética mundial e à preocupação com a complementação termoelétrica na matriz brasileira, este trabalho teve como objetivo questionar a inserção desses empreendimentos, especialmente em regiões intensamente urbanizadas, por meio da análise da relação entre o funcionamento da UTE Piratininga, a qualidade do ar e a saúde da população do entorno. Desse modo, a UTE Piratininga foi escolhida para o estudo de caso por ser uma termoelétrica inserida no



município de São Paulo, junto ao canal Pinheiros e à barragem de Pedreira, próxima à Represa Billings (NAKAGAWA, 2009). Vale destacar que atualmente, no Estado de São Paulo, a emissão de poluentes atmosféricos por veículos automotores corresponde a 90% do total lançado na atmosfera, sendo o restante proveniente das fontes estacionárias (CETESB, 2008).

2. METODOLOGIA

Para este estudo foram utilizados os dados referentes a janeiro de 1998 até dezembro de 2007, divididos da seguinte maneira:

Geração de energia da UTE Piratininga: dados de geração de energia elétrica das quatro unidades da usina e as quantidades de óleo combustível e de gás natural consumidas no período.

Qualidade do ar de acordo com a CETESB: medições dos poluentes atmosféricos – material particulado (MP), ozônio (O₃), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO_x) – por meio dos relatórios anuais de qualidade do ar da CETESB e as medições diárias obtidas pelo banco de dados da Companhia (CETESB, 2009). Por não haver uma rede medidora da CETESB no local do empreendimento, foram considerados, neste trabalho, os dados de qualidade do ar das três estações mais próximas: Diadema (7 km de distância da usina), Santo Amaro (8 km) e Congonhas (12 km).

Dados de doenças do aparelho respiratório da população local: número de inalações coletado por meio do Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA) e cedido pelo CEINFO, da Secretaria Municipal de Saúde de São Paulo, os casos de Infecções Respiratórias Agudas (IRA) em crianças menores de dois anos e os casos de pneumonia em crianças menores de cinco anos, registrados nas duas Unidades Básicas de Saúde (UBS) mais próximas da usina.

Para analisar a existência da relação do funcionamento da UTE Piratininga e as medições de qualidade do ar, foram realizados cálculos estatísticos utilizando a ferramenta MATLAB. Já para a análise da geração de energia da usina e dos casos de problemas respiratórios da população do entorno, foram realizados outros cálculos estatísticos utilizando as ferramentas SPSS e MINITAB, mais precisamente o teste *t-Student pareado*. Também foram escolhidos os meses mais frios e secos, referentes ao outono e inverno, pois nesses períodos a qualidade do ar piora, e aumentam os casos de morbidade por doenças do aparelho respiratório. Além disso, levou-se



em consideração o crescimento populacional do distrito de 1998 a 2007, segundo os dados do SEADE (SEADE, 2009).

3. RESULTADOS

A figura 1 mostra a crescente geração de energia elétrica da UTE Piratininga de 1998 a 2001 e seu declínio nos anos seguintes, até 2007, quando a usina não funcionou.

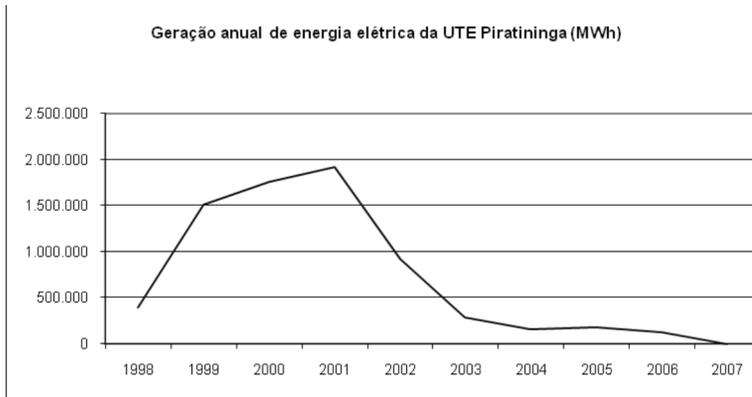


Figura 1. Geração anual de energia elétrica da UTE Piratininga. São Paulo, SP, 2008.

3.1. Análise dos dados de qualidade do ar e a relação com a geração de energia elétrica da UTE Piratininga

- Medição de CO e SO₂

Ao analisar a figura 2, nota-se que os níveis de CO aumentam nos meses mais frios. Isso pode ser explicado por conta de baixa temperatura, pouco vento e baixa umidade, caracterizando um ambiente pouco favorável à dispersão de poluentes atmosféricos. Entretanto verifica-se que, de todas as medições realizadas, em momento algum houve ultrapassagem do padrão limite de 1 hora para CO (35 ppm) de acordo com a CETESB. Da mesma forma, pode-se observar que a figura 3, que mostra a distribuição de SO₂ na estação Congonhas, manteve-se discreta, sem picos significativos e bem abaixo do limite estabelecido pelos órgãos ambientais, pois não houve em momento algum a ultrapassagem do padrão de qualidade do ar para tal poluente (365 µg/m³).

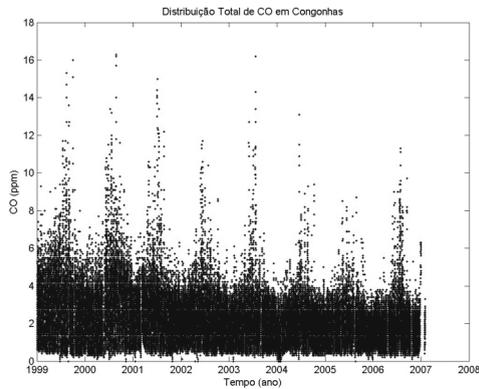


Figura 2 - Distribuição total de CO na estação Congonhas de 1999 a 2007.

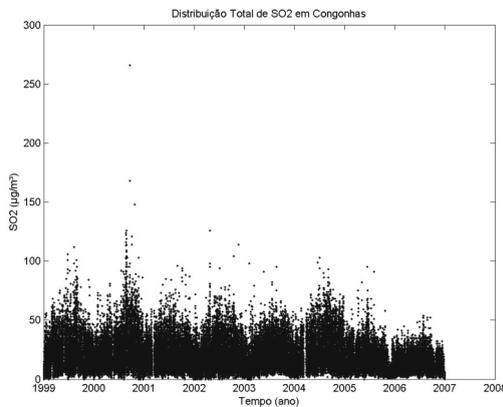


Figura 3 - Distribuição total de SO₂ na estação Congonhas de 1999 a 2007.

Ambos os comportamentos de diminuição da concentração dos poluentes com o passar dos anos podem ser explicados pela substituição do óleo combustível (alto teor de enxofre) pelo gás natural (presença nula de enxofre) e pela modernização das instalações da UTE Piratininga. Além disso, cabe destacar a influência dos veículos automotores na qualidade do ar, uma vez que também houve melhoria na tecnologia dos combustíveis e maior uso de veículos tipo *flex*. Outro fator importante é o rodízio de veículos no centro expandido da cidade de São Paulo, que busca contribuir para a diminuição da emissão de poluentes atmosféricos, melhorando a qualidade do ar nas regiões mais centrais.



Medição de MP

Ao analisar a figura 4, pode-se notar a grande variação entre os valores de MP na estação Santo Amaro, principalmente nos meses de inverno. Percebe-se, ainda, que o limite diário estabelecido pela CETESB, de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, é ultrapassado em muitos momentos do período analisado. Esse fato é de suma importância para a verificação de que o problema da alta concentração desse tipo de poluente tem efeito direto na qualidade do ar da região.

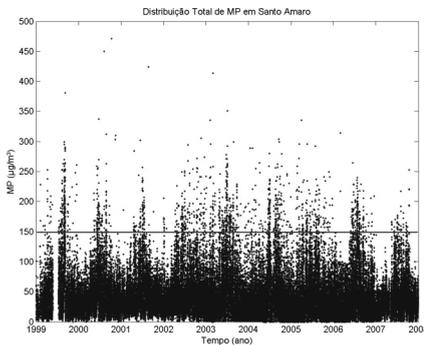


Figura 4 - Distribuição total de MP na estação Santo Amaro de 1999 a 2007.

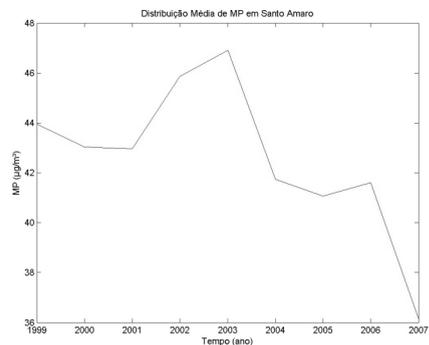


Figura 5 - Distribuição média anual de MP na estação Santo Amaro de 1999 a 2007.

No intuito de aprofundar a análise da concentração do MP, foi elaborado o gráfico da figura 4, que mostra a distribuição média anual do poluente na estação Santo Amaro. Com isso, ao contrário do que a figura 5 mostra, constata-se que a média anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ não é ultrapassada em nenhum momento do período analisado. Portanto, as médias acabam mascarando os resultados reais e as ultrapassagens dos padrões limites e das médias anuais estabelecidas pela legislação ambiental.

Medição de NO_x

Ao analisar a figura 6, cabe destacar que, em grande parte do período estudado, não foram medidas as concentrações de NO_x na estação Congonhas. Ainda assim, é possível constatar que houve ultrapassagens do padrão limite de 1 hora para NO₂ ($320 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nota-se que essas ultrapassagens ocorrem em grande parte das medições realizadas e que alguns dos



valores atingidos são três vezes maiores que o limite estabelecido pela CETESB, concentração grave por conta do risco que esse poluente pode trazer para a saúde da população.

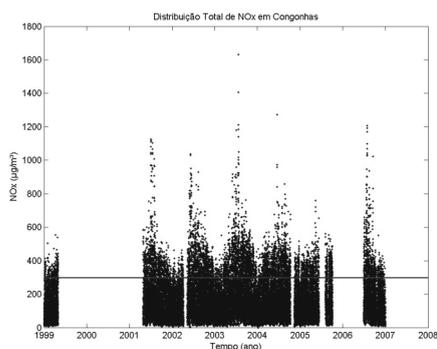


Figura 6 - Distribuição total de NO_x na estação Congonhas de 1999 a 2007.

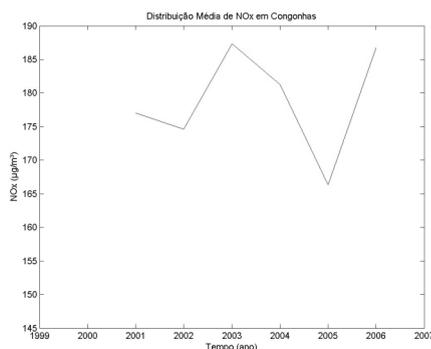


Figura 7 - Distribuição média anual de NO_x na estação Congonhas de 1999 a 2007.

Já a figura 7 mostra que a média anual estabelecida pela CETESB, de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, é ultrapassada em todo o período analisado. Ainda vale destacar que essas ultrapassagens atingem valores bem acima da média, alertando mais uma vez para uma maior preocupação e atenção dos órgãos responsáveis para que medidas sejam tomadas.

Medição de O₃

Analisando a figura 8, é possível verificar que a concentração média de O₃ teve uma maior distribuição. Em praticamente todo o período, essa concentração ocorreu de maneira contínua, tanto nos meses mais frios como nos meses mais quentes. Nota-se, então, que o limite para 1 hora de O₃ ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado em alguns momentos no período analisado. Essas ultrapassagens atingiram mais que o dobro do estabelecido pela CETESB. Ainda cabe salientar que o limite previsto na legislação para a média anual é inexistente.

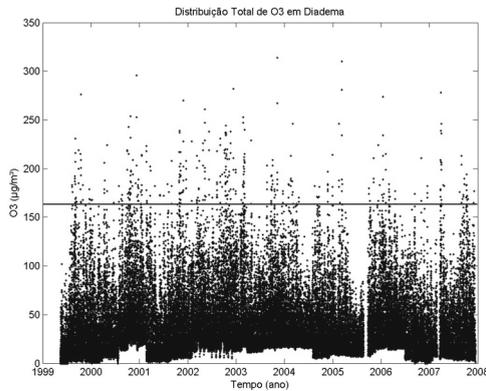


Figura 8 - Distribuição total de O₃ na estação Diadema de 1999 a 2007.

3.2. Análise dos dados de saúde e a relação com a geração de energia elétrica da UTE Piratininga

Um estudo realizado por Braga et al (1999) mostrou forte associação entre poluição atmosférica e visitas a hospitais por problemas respiratórios em crianças e adolescentes menores de 13 anos. Depois de analisados os dados de saúde, foi possível verificar que felizmente não houve nenhum óbito relacionado à IRA em nenhuma das UBS pesquisadas. Através desses dados, é possível afirmar que os óbitos de crianças menores de 1 ano podem ter outras causas que não a respiratória, principalmente por elas terem ainda a saúde muito frágil. No entanto, de acordo com Lin et al (2004), existe uma associação entre o aumento no percentual de mortes de recém-nascidos e o aumento na concentração de MP e SO₂ na atmosfera.

A figura 9 mostra que, de 2002 a 2006, o número de casos de IRA registrados nas 2 UBS pesquisadas diminuiu acentuadamente, da mesma forma que a geração de energia elétrica da UTE Piratininga.

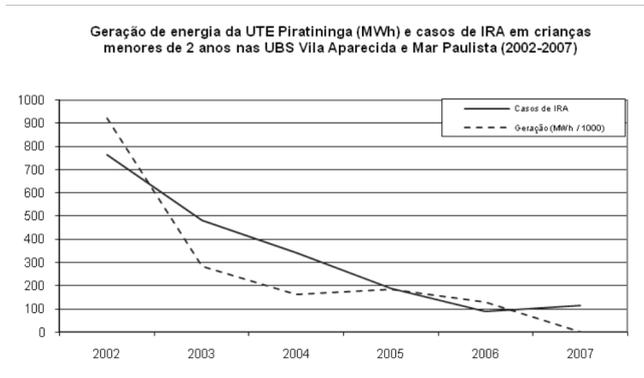


Figura 9 - Geração de energia da UTE Piratininga (MWh) e os casos de IRA em crianças menores de 2 anos nas UBS Vila Aparecida e Mar Paulista de 2002 a 2007.

Para visualizar melhor a relação entre o funcionamento da usina e os problemas de saúde da população, foi realizado o cruzamento dos dados de geração de energia e de inalações das 2 UBS estudadas, e com isso elaborou-se o gráfico da figura 10. Para isso, foi escolhido o período de janeiro de 2003 a dezembro de 2006, pois nesse intervalo de tempo está mais bem expressa a relação entre as variáveis.

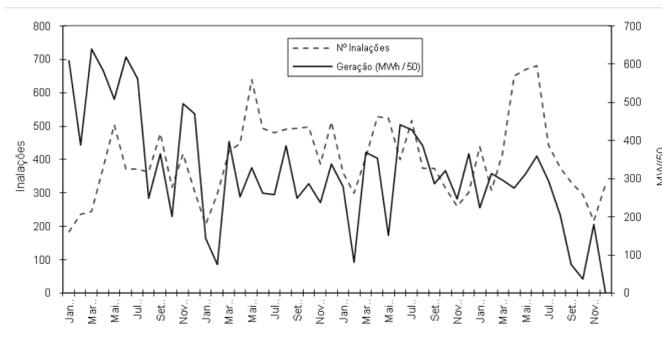


Figura 10 - Correlação gráfica entre os dados de inalações e de geração de energia elétrica da UTE Piratininga de janeiro de 2003 a dezembro de 2006.

Graficamente, é possível verificar que, em alguns períodos, existe uma proximidade de correlação entre a geração de energia e os casos de inalações da população local, pois nesses momentos percebe-se que a linha pontilhada (inalações) comporta-se de forma semelhante à linha cheia (geração). Sendo assim, a partir da correlação estatística, a tabela 1 mostra as médias comparativas nos meses secos entre o ano de 2007 e os outros



anos, o desvio padrão e a probabilidade de erro (p).

Tabela 1 - Comparação entre médias das inalações, considerando o número de inalações dentro da população total de Pedreira nas 2 UBS ocorridas entre 2003 e 2007, desvio padrão e probabilidade de erro.

PERÍODO	MÉDIA (nº inalações / população total)	DESVIO PADRÃO	p
2007	0,00200054	0,000439478	0,021
2003	0,00290896	0,000536440	
2007	0,00200054	0,000439478	0,001
2004	0,00374788	0,000439872	
2007	0,00200054	0,000439478	0,079
2005	0,00286976	0,000586891	
2007	0,00200054	0,000439478	0,087
2006	0,00314837	0,001148080	

Ao analisar os resultados, é possível observar que o número de inalações médio entre o número de inalações e a população total do distrito (levando em consideração a taxa de crescimento no período analisado), para os meses secos, foi significativamente maior em 2003, 2004, 2005 e 2006 que em 2007. Desse modo, verificou-se que os valores encontrados nos anos de 2003 e 2004 foram significativos do ponto de vista estatístico, com $p < 0,05$, ou seja, o percentual de erro é menor que 5%. Em 2005 e 2006, também se podem considerar os valores significativos se levado em conta que $p < 0,10$ (percentual de erro menor que 10%). Portanto, constata-se que o número de inalações no ano de 2007 foi menor que nos anos anteriores, indicando que a paralisação do funcionamento da UTE Piratininga pode ter influenciado na diminuição dos casos de problemas respiratórios na população do seu entorno.

4. CONCLUSÕES

A partir da análise dos dados de geração de energia elétrica da UTE Piratininga, dos dados de qualidade do ar dos relatórios anuais e do histórico de dados da CETESB e dos dados de saúde, concluiu-se que os padrões máximos de qualidade do ar das três estações de monitoramento estudadas foram ultrapassados em muitos momentos no período analisado. Isso é considerado um fato grave, pois essas ultrapassagens atingem valores bem acima dos limites estabelecidos. Mesmo que a influência de fontes fixas seja pequena em relação aos veículos automotores, esses va-



lores são preocupantes pela sua frequência e concentração na atmosfera. A própria legislação ambiental abre brechas para o descumprimento dos padrões de qualidade do ar. No caso da emissão de NO_x , não existe ainda um limite estabelecido. O mesmo acontece com o O_3 , pois esse poluente possui somente o valor limite para a concentração de 1 hora. Não existe o padrão máximo para a média diária, nem mesmo anual. Também se conclui que existem associações entre os poluentes emitidos por usinas termoeletricas e o aumento de doenças respiratórias na população, principalmente entre crianças e idosos. Os estudos realizados neste trabalho mostram que o número de atendimentos por inalações no sistema de saúde do entorno diminuiu com o não funcionamento da usina. Assim, esse é um forte e significativo indício de que o funcionamento da usina interfere na saúde da população próxima do empreendimento.

Nos próximos 10 anos, segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2008/2017, haverá forte investimento em usinas termoeletricas, principalmente a óleo combustível (EPE, 2009). Tal fato poderá resultar em ônus para as populações que vivem próximas desses empreendimentos. Visto isso, a preocupação e os investimentos na geração de energia elétrica devem ser proporcionais à preocupação e investimentos nos setores de saúde e do meio ambiente. Portanto, é de suma importância uma análise rigorosa de EIA/RIMA de empreendimentos, particularmente aqueles com fins energéticos cujo local de instalação está inserido em grandes centros urbanos.

REFERÊNCIAS

BEN. Balanço Energético Nacional 2008 – Ano Base: 2007. In: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. BEN 2008. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=15304>. Acesso em 16 de Fevereiro de 2009.

BRAGA, A.L.F.; CONCEIÇÃO, G.M.S.; PEREIRA, L.A.A.; KISHI, H.; PEREIRA, J.C.R.; ANDRADE, M.F. GONÇALVES, F.L.T.; SALDIVA, P.H.N.; LATORRE, M.R.D.O. Air pollution and pediatric respiratory admissions in São Paulo, Brazil. *Journal of Environmental Medicine*, v.1, p. 95 – 102, 1999.

CETESB. Relatório Anual de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2007, 298 p. (Relatório técnico).



_____. Histórico de dados de qualidade do ar. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 06 de Janeiro de 2009.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. In: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2008/2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>>. Acesso em 10 de Abril de 2009.

LIN, C.A.; PEREIRA, L.A.A.; NISHIOKA, D.C.; CONCEIÇÃO, G.M.S.; BRAGA, A.L.F.; SALDIVA, P.H.N. Air pollution and neonatal deaths in São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v.37, p. 765 – 770, 2004.

NAKAGAWA, L. Estudo dos efeitos na qualidade do ar e na saúde humana do funcionamento de usinas termoelétricas em regiões intensamente urbanizadas: o caso da UTE Piratininga – SP. 151f. Dissertação de Mestrado – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do ABC, Santo André, 2009.

ROSA, L.P.; SANTOS, M.A. dos; TUNDISI, J.G. Greenhouse gas emissions from hydropower reservoirs and water quality. 1ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Vozes, 2004, 136 p.

SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. In: GOVERNO DE SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/>>. Acesso em 02 de Abril de 2009.