

UMA ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA USINA TERMOELÉTRICA PIRATININGA, EM COMPARAÇÃO AOS GERADOS PELA USINA ANGRA I

Márcio Nestor Zancheta¹, Nelson Leon Meldonian² e Dora de Castro Rubio Poli³

¹ Departamento de Geração Térmica (EMAE – LT)
Usina Termoeletrica Piratininga
Av Nossa Sra do Sabará, 5312 –Bairro Pedreira
04447-011 São Paulo, SP
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
marcio.zancheta@emae.sp.gov.br

² Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
Av. Professor Lineu Prestes 2242
05508-000 São Paulo, SP
meldonia@net.ipen.br

³ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
Av. Professor Lineu Prestes 2242
05508-000 São Paulo, SP
dcrpoli@net.ipen.br

Resumo

A humanidade procura formas de viver com maior conforto, praticidade e comodidade. Na busca por este objetivo foram desenvolvidas as formas de utilização da energia. Uma forma muito versátil é a energia elétrica. As usinas que se valem de combustíveis não renováveis, geram impactos ambientais de magnitudes variáveis. A resultante é função do tipo de combustível utilizado.

O objetivo deste trabalho é analisar os rejeitos de uma usina termoeletrica em relação aos resíduos de uma planta nuclear, sendo realizado o estudo em duas usinas de porte no Sistema Elétrico Brasileiro, a saber, a Usina Termoeletrica Piratininga e a Usina Nuclear de Angra I. Em função do estudo efetuado, observa-se que a Usina termoeletrica de Piratininga mesmo sendo alimentada com Gás Natural, libera gases que contribuem, de forma reduzida, para os problemas atmosféricos. Por outro lado a Usina Angra I não libera gases efeito estufa e de chuva ácida, mas deixa passivo ambiental na forma de rejeitos radioativos sólidos, que apesar de estarem estocados a mais de 20 anos em um Depósito Intermediário junto a instalação, não possuem local para a sua deposição final.

1. INTRODUÇÃO

O ser humano procura na tecnologia formas que o permitam alcançar um padrão de vida mais elevado, onde encontre conforto, praticidade e comodidade. No seu anseio pelo progresso encontrou muitas maneiras de atingir o mencionado objetivo, sendo uma delas a conversão das diversas formas de energia disponíveis na natureza em energia elétrica.

Inicialmente o objetivo era o progresso, sendo o meio ambiente considerado apenas um pano de fundo, pois este fornecia todos os requisitos e estava ali para receber todos os rejeitos gerados. Posteriormente observou-se que o pano de fundo não é nada além da condição que permite a manutenção da vida no planeta.

No caso brasileiro a formação geológica permite a utilização de um grande potencial hidrelétrico, que é uma forma renovável de energia. O que ocorre é que o regime de

regularização dos reservatórios é plurianual e depende das condições hidrológicas, as quais são probabilísticas. Para que o sistema apresente confiabilidade é necessária uma complementação que possa ser estocástica. As opções utilizadas foram inicialmente as usinas termoeletricas a combustível fóssil (carvão, petróleo e derivados) e posteriormente as usinas nucleares (urânio).

2. A USINA TERMOELÉTRICA PIRATININGA

Após a segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento industrial demandou um elevado consumo de eletricidade. No início da década de 50, a falta de chuvas no Brasil provocou um racionamento do uso de energia elétrica, motivando investimentos na termoeletricidade.

Em 15 de novembro de 1954, iniciou-se a operação comercial das duas primeiras unidades geradoras da Usina Termoeletrica Piratininga, com potência instalada total de 200 MW. Em função da expansão industrial, em 1960, mais duas unidades geradoras entraram em operação, elevando a capacidade geradora da usina para um total de 472 MW.[1] A Usina Termoeletrica Piratininga está situada no município de São Paulo, estado de São Paulo, Brasil, às margens do Canal Pinheiros, no bairro de Santo Amaro.

No final da década de 90, devido a questões econômicas e ambientais, houve a necessidade de adaptações nos geradores de vapor (caldeiras) das unidades, sendo nesta época implantados queimadores bi-combustível (óleo combustível e gás natural). [2]

Em 2001, a usina foi solicitada na sua capacidade máxima de geração, em função da crise de energia que atingiu o país, levando ao racionamento oficialmente decretado em maio de 2001. A usina permaneceu neste regime de operação até o final do racionamento, em março de 2002. Deste então, a usina permanece em operação com despacho de geração mínimo para cumprimento dos contratos de gás natural (take or pay) e disponível em caso de necessidade energética e ou elétrica.[3] Atualmente a usina está em processo de ampliação, com a implementação de ciclo combinado, nas unidades geradoras 3 e 4.[4]

3. A USINA NUCLEAR DE ANGRA

Os choques internacionais do petróleo, nos anos 1970, e a crise energética subsequente levaram à busca de fontes alternativas de geração de eletricidade. Nesse contexto, a energia nuclear era vista como a alternativa mais promissora, recebendo a atenção de muitos analistas e empreendedores, assim como vultosos investimentos. Em pouco mais de duas décadas, passou de uma participação desprezível (0,1%) para 17% da produção mundial de energia elétrica, ocupando assim o terceiro lugar entre as fontes de geração.[5]

No final dos anos 1960, o Governo Brasileiro decidiu ingressar na geração termonuclear, visando a conhecer melhor essa tecnologia e a adquirir experiências para um futuro supostamente promissor da opção nuclear, a exemplo do que ocorria em vários outros países. Na época, cogitava-se sobre a necessidade de complementação térmica para o suprimento de eletricidade no Rio de Janeiro. Decidiu-se, então, que essa complementação ocorresse por meio da construção de uma usina nuclear (Angra I), com capacidade nominal da ordem de 600 MW, na cidade de Angra dos Reis – RJ.

A construção de Angra I (657 MW) teve início em 1972. A primeira reação nuclear em cadeia ocorreu em março de 1982 e a usina entrou em operação comercial em janeiro de 1985, mas logo após saiu de operação e retornou somente em abril de 1987, operando de modo intermitente até dezembro de 1990 (nesse período, operou com 600 MW médios durante apenas 14 dias). Entre 1991 e 1994, as interrupções foram menores ou menos frequentes, mas somente a partir de 1995 a usina passou a ter operação mais regular. [6]

4. IMPACTO AMBIENTAL NAS UNIDADES DE GERAÇÃO TERMOELÉTRICAS

Os rejeitos de uma termoeletrica podem ser classificados basicamente em gasosos, líquidos e sólidos. Os efluentes gasosos são aqueles que apresentam maior potencial poluidor, em se considerando apenas as questões atmosféricas.

A geração de energia elétrica pelas centrais termoeletricas é a segunda maior produtora dos gases efeito estufa (dióxido de carbono - CO₂, principalmente) e, portanto, de grande influência no aquecimento global, perdendo apenas para o setor de transporte. [7]

Os países desenvolvidos são os maiores responsáveis por isso devido a sua grande dependência da geração termoeletrica. Atualmente está em vigor o Protocolo de Kyoto, que visa estabelecer metas de redução de emissão de gases efeito estufa, permitindo entre outras ações a negociação de cotas de emissão, através de bônus associados a projetos redutores da produção destes gases ou sequestradores de CO₂. [7]

O CO₂ é o principal efluente gasoso produzido no mundo, não só pela geração de energia elétrica, mas também pelos transportes, atividades industriais e residenciais (para aquecimento). O CO₂ corresponde a 66% das emissões mundiais de gases, dos quais 95% são provenientes do hemisfério norte, ou seja, dos países desenvolvidos. [6] Quando em excesso na atmosfera, o CO₂ é o principal causador do efeito estufa, que pode implicar o aquecimento global do planeta. [8]

O enxofre presente no combustível transforma-se, durante a combustão, em óxidos de enxofre, principalmente dióxidos de enxofre (SO₂). Na atmosfera, o SO oxida-se dando origem a sulfatos e gotículas de ácido sulfúrico. [7]

Os óxidos de nitrogênio (NO_x) são formados durante o processo de combustão e dependem da temperatura, da forma da combustão e do tipo dos queimadores das caldeiras. O NO_x em particular, é substância-chave na cadeia fotoquímica para a formação do *smog*. O maior perigo dos hidrocarbonetos decorre da sua reação fotoquímica com os óxidos de nitrogênio, gerando compostos oxidantes. [8]

5. IMPACTO AMBIENTAL NAS UNIDADES DE GERAÇÃO NUCLEARES

Embora seja a terceira maior fonte geradora de eletricidade no mundo, evitando a emissão de consideráveis quantidades de dióxido de carbono e outros poluentes, a energia nuclear tem sido vista mais como um grande perigo para o ser humano e para o meio ambiente, do que uma vultosa fonte de energia, como esperado no início do seu desenvolvimento tecnológico.

O impacto ambiental de usinas termonucleares tem sido muito enfatizado nas últimas décadas, sendo hoje preocupação de movimentos ambientalistas, tanto em termos globais como regionais. Além de uma remota, mas não desprezível possibilidade de contaminação do solo, do ar e da água por radionuclídeos, o aquecimento das águas do corpo receptor pela descarga de efluentes representa um risco para o ambiente local. [6]

A Usina de Angra I, situada na praia de Itaorna, no município de Angra dos Reis, descarrega cerca de 30 m³/s de água utilizada para a refrigeração do sistema de geração de energia elétrica no Saco de Piraquara de Fora, baía da Ilha Grande, no Estado do Rio de Janeiro. [6]

Os perigos que decorrem do uso deste tipo de fonte energética foram bem evidenciados em abril de 1986, quando a explosão de um dos quatro reatores da usina nuclear de Chernobyl, na Ucrânia, provocou o mais trágico acidente nuclear da história. A nuvem radioativa atingiu proporções gigantescas, cobrindo grande parte do território europeu e atingindo milhões de pessoas. Os danos causados pelo acidente foram incalculáveis e ainda hoje há sérias conseqüências, entre as quais mutações genéticas provocadas pela emissão de material radioativo e contaminação do solo, vegetação e corpos d'água. [6]

Embora possa se afirmar que as usinas nucleares não emitem gases efeito estufa, assim como gases que causem chuva ácida, não se pode desprezar a geração e liberação controlada de efluentes radioativos gasosos destas usinas. Em adição há a necessidade de mencionar a geração de rejeitos radioativos sólidos que devem ser armazenados e monitorados por dezenas ou centenas de anos, constituindo-se assim em um relevante passivo ambiental, legado às futuras gerações.

6. OS COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS NA USINA PIRATININGA

Desde a inauguração até a década de 80, foi utilizado como combustível o óleo do tipo alto teor de enxofre. Em meados de 1986, para adequação aos padrões ambientais, foi substituído o óleo por outro com baixo teor de enxofre [2].

A legislação ambiental passou a ser mais restritiva e no mercado de energia estão sendo continuamente implantadas mudanças que conduziram à necessidade de se modernizar as unidades geradoras, fatos que conduziram para adoção de sistema com queima de um combustível alternativo, o gás natural, este conhecido com o sendo uma ponte entre o passado e o futuro. [7]

A partir de julho de 2000, a unidade nº 1 passou a utilizar como combustível opcional o gás natural. Atualmente as unidades 1 e 2 estão operando com gás natural, mas os queimadores estão preparados para operação bi-combustível.

7. A ANÁLISE DAS EMISSÕES NA USINA PIRATININGA

O acompanhamento de emissões gasosas na combustão somente teve início à partir da década de 90, não existindo histórico de registros anteriores. [1],[2],[3] As análises são realizadas por profissionais da área química, acompanhados pelo agente fiscalizador do órgão de fiscalização ambiental (CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, ligada à Secretaria do Meio Ambiente do governo do Estado de São Paulo). A análise cujos

resultados são apresentados neste trabalho foi realizada com amostrador isocinético de poluentes atmosféricos, fabricante PRAMEQ – LICEU, modelo D0038119, com calibração realizada em laboratório certificado de acordo com as exigências legais. [3]

Para o caso do sistema de combustão original, à seguir está reproduzida uma análise, que foi realizada em diversos pontos possíveis de amostragem no sistema de combustão. Análise dos gases de combustão: combustível **óleo combustível 1B**, Unidade 4, Carga 80MW, Fluxo de ar: 254ton/h

TABELA 1: Análise dos gases de combustão em 18/05/2001

Parâmetros	Unidade	Teor (1º andar)	Teor (5º andar)
Monóxido de Carbono – CO	ppm	0	0
Dióxido de Carbono – CO ₂	%	11,95	11,41
Dióxido de Enxofre – SO ₂	ppm	451	408
Monóxido de Nitrogênio – NO	ppm	342	347
Gases de Nitrogênio – NO _x	ppm	342	347
Excesso de ar	%	32,7	38,9

Com a instalação dos novos queimadores, a situação alterou-se conforme segue: Combustível **óleo combustível 1B**, Unidade 4, Carga 78MW, Fluxo de ar: 381ton/h.

TABELA 2: Análise dos gases de combustão em 22/11/2001

Parâmetros	Unidade	Teor (1º andar)	Teor (5º andar)
Monóxido de Carbono – CO	ppm	0	4
Dióxido de Carbono – CO ₂	%	12,5	1,8
Dióxido de enxofre – SO ₂	ppm	381	355
Monóxido de Nitrogênio – NO	ppm	362	351
Gases de Nitrogênio – NO _x	ppm	380	369
Excesso de ar	%	26	33

Para o mesmo tipo de queimador foi realizada a seguinte análise: combustível **gás natural**, Unidade 4, Carga 70MW, Fluxo de ar: 345ton/h

TABELA 3: Análise dos gases de combustão em 09/01/2002

Parâmetros	Unidade	Teor (1º andar)	Teor (5º andar)
Monóxido de Carbono – CO	ppm	0,0	1,0
Dióxido de Carbono – CO ₂	%	9,0	8,9
Dióxido de Enxofre – SO ₂	ppm	0,0	0
Monóxido de Nitrogênio – NO	ppm	152	157
Gases de Nitrogênio – NO _x	ppm	160	165
Excesso de ar	%	32	33,0

8. REJEITOS RADIOATIVOS SÓLIDOS DA USINA DE ANGRA 1

Como resultante da operação da usina nuclear Angra 1 são produzidos rejeitos radioativos sólidos, líquidos e gasosos. Os efluentes gasosos liberados não são causadores do efeito estufa e tampouco da chuva ácida, porém não são desprezíveis e merecem monitoração radiológica. Os efluentes radioativos líquidos, da mesma forma, são analisados e liberados em função dos limites adotados pela legislação em vigor no país, não representando conseqüentemente um problema ambiental para a população. [9]

Os rejeitos radioativos sólidos, por outro lado, embora não sejam considerados fonte para questões atmosférica, tornam-se passivos ambientais para esta e próximas gerações de habitantes do país, apesar de todo controle exercido. Estes rejeitos radioativos produzidos na Usina Angra 1, com a “queima” do combustível nuclear, são constituídos de plásticos; papéis; luvas; frascos; resinas de troca iônica exauridas; lama dos filtros; concentrado do evaporador; equipamentos contaminados; componentes irradiados; barras de controle etc., cujos radionuclídeos contidos possuem meias-vidas curtas (< 30 anos). Neste caso, os combustíveis irradiados não são considerados como sendo rejeitos radioativos em função da viabilidade do seu reaproveitamento futuro, após o reprocessamento dos mesmos. Há de se salientar que a operação de instalações de reprocessamento de combustíveis irradiados, além da recuperação de urânio e plutônio neles contidos, gera um volume considerável de rejeitos radioativos, aumentando o passivo ambiental. [9]

A tabela 6 apresenta o inventário dos rejeitos radioativos sólidos produzidos pela Usina Angra 1(até 2003), desconsiderando-se os 506 elementos combustíveis irradiados.

TABELA 6: Rejeitos Radioativos Armazenados em Angra até 2003

Descrição	Número de Embalagens	Volume(m ³)	%
Filtros	351	73,0	5,1
Concentrado do Evaporador	2640	676,6	38,7
Rejeito Não Compactado	692	336,3	10,1
Resina do Primário	612	189,1	9,0
Resina do Secundário	213	45,1	3,1
Rejeito Compactado	2120	441,0	31,0
Inativos	200	43,2	2,9
TOTAL	6828	1804,3	100,0

Fonte: Eletronuclear [10]

Estas embalagens contendo os rejeitos radioativos sólidos, depois de lacrados e identificados são encaminhados para o Depósito Intermediário de Rejeitos, próximo à usina, devendo lá permanecer até a sua remoção para um Depósito Definitivo de Rejeitos (Repositório), em local determinado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), a quem foi delegada a responsabilidade pelo seu gerenciamento. Até a presente data não há definição clara e de

amplo domínio público, para este passivo ambiental. Os elementos combustíveis irradiados (506 até 2003) estão estocados em piscina na instalação, aguardando por uma decisão quanto ao seu destino final. [9]

9. CONCLUSÃO

Um dos maiores vetores de desenvolvimento da civilização é a energia, que atualmente é objeto de estudos diversos para o seu uso racional, integrado e sustentável.

As usinas de geração de eletricidade mostram detalhadamente em seus equipamentos a evolução tecnológica, pois em função do seu produto final, a eletricidade, ser uma forma de energia versátil, de fácil transporte e simples utilização, sempre foram um sistema de conversão presente na civilização moderna.

Para as usinas termoeletricas realizarem a conversão de energia química para energia elétrica é necessário um processo complexo e com inerente impacto ambiental, este devido à queima do combustível fóssil.

A Usina Termoeletrica Piratininga iniciou sua operação utilizando o óleo combustível com alto teor de enxofre, causando o problema de chuva ácida em toda a região e a própria deterioração de seus equipamentos. Com a urbanização crescente e a necessidade de melhoria da qualidade do ar, foi necessária a substituição do óleo combustível por outro com baixo teor de enxofre, o que incrementou na época os custos operacionais em função da maior parcela destes ser relacionada ao combustível.

Na análise do processo de combustão foi relatada a modernização dos queimadores, que foi uma atualização tecnológica do equipamento, complementado com o acréscimo da opção de queima de outro combustível, o gás natural. Com a possibilidade de uso do gás natural a usina passou a ter maior competitividade no mercado de energia elétrica, o que permitiu a sua sobrevivência e continuidade operacional, em função do gás apresentar-se como uma fonte cerca de vinte por cento menor em custo com relação ao óleo combustível e com impacto ambiental muito menor, sendo observada a redução dos óxidos de enxofre em aproximadamente 99,9%, conforme pode ser visualizado nas tabelas 1, 2 e 3.

Apesar da usina possuir a opção de queima óleo combustível e de gás natural, atualmente somente tem utilizado o gás natural, o vetor energético que é a ponte entre as tecnologias anteriores e as futuras.

Mesmo com a redução de emissões, a queima do gás natural gera gases que contribuem para o efeito estufa e a chuva ácida. A operação de usinas nucleoeletricas não gera efluentes gasosos que possam contribuir negativamente para os referidos problemas atmosféricos, mas em contrapartida deixa um passivo ambiental em função dos rejeitos radioativos sólidos produzidos, com ou sem reprocessamento dos elementos combustíveis irradiados. A inexistência de problemas atmosféricos se deve a operação normal das usinas nucleares, não se considerando situações de acidentes sérios que poderiam gerar a liberação de gases que se não contribuem para o efeito estufa e a chuva ácida, trariam problemas atmosféricos de conseqüências tão ou mais nefastas do que aquelas.

LISTA DE REFERÊNCIAS

- [1] GENERAL ELETRIC. **Livro de informações, dados e características** – Usina Piratininga, 1954. São Paulo. SP.
- [2] LIGHT SERVIÇOS DE ELETRICIDADE S.A., **Síntese dos relatórios anuais de operação e do setor de verificação do desempenho**, Departamento de Usina Termoelétrica Piratininga, São Paulo, SP. 1954 a 1997.
- [3] EMAE – EMPRESA METROPOLITANA DE ÁGUAS E ENERGIA S.A., **Síntese dos relatórios anuais de operação e do setor de verificação do desempenho**, Departamento de Geração Térmica, São Paulo, SP. 1998 a 2004.
- [4] GARRIDO,J. Nova Piratininga – Ciclo Combinado vai gerar até 592MW. **Revista Engenharia**, São Paulo, n.562, p. 34-38, maio 2004.
- [5] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (BRASIL), **Balanco Energético Nacional 2004**, Brasília, 2004. 169 pg.
- [6] ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil), **Atlas de energia elétrica do Brasil**, Brasília, 1ª edição, 2002. 153 pg.
- [7] REIS, L.B. **Geração de energia elétrica** – Tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade. São Paulo: Manole, 2003. 324p.
- [8] HINRICHS,R.A.; KLEINBACH,M., **Energia e Meio Ambiente** – tradução da 3. ed norte americana. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. 543p.
- [9] MELDONIAN, N. L. Os Rejeitos Radioativos Armazenados no Brasil.
- [10] BRASIL, Eletronuclear. Disponível em www.eletronuclear.gov.br. <Acessado em 14/05/2005>