

ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

*Luís Antonio Terribile de Mattos e **Nelson Leon Meldonian

IPEN-CNEN/SP
Caixa Postal 11049
05499-970, São Paulo, Brasil
*email: mattos@net.ipen.br - **email: meldonia@net.ipen.br

RESUMO

Na escolha entre diferentes sistemas de geração de eletricidade não se contesta a grande importância dos fatores ambientais, já que é crescente o nível de exigência quanto ao cumprimento de requisitos cada vez mais rigorosos de gestão ambiental. Esse trabalho discute os diferentes tipos de impactos ambientais, cuja avaliação adequada é fundamental para viabilizar a análise comparativa entre as principais alternativas brasileiras de produção de eletricidade.

INTRODUÇÃO

No Brasil, como em outros países, não será mais possível analisar a questão da geração de eletricidade sem levar em conta impactos ambientais dela decorrentes. Além disso, a abordagem do problema deverá ser no sentido de avaliar esses impactos de forma bastante abrangente, de acordo com a tendência mundial traduzida no conteúdo da Agenda 21, acordada entre os países participantes da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio 92).

Mais recentemente, foi estabelecida a série de normas ISO 14000, que trata de diversos temas concorrentes para a gestão adequada dos impactos ambientais, relacionados ao processo de desenvolvimento econômico, social e tecnológico mundial nas próximas décadas.

O comprometimento das empresas do setor elétrico a tais novos padrões ambientais, implicará na necessidade de redefinições dos parâmetros que até agora têm norteado os processos de decisão sobre o uso das fontes de energia elétrica disponíveis no país.

No caso particular das metodologias de comparação dos impactos ambientais relacionados à geração de eletricidade - cujo desenvolvimento e aplicações tiveram seu apogeu nos anos 70 e posterior arrefecimento nos anos 80 -, assistimos hoje a uma nova etapa de discussões de sua utilização, não somente como instrumento de avaliação de impactos ambientais de forma isolada mas, principalmente, como ferramenta essencial no planejamento energético. Nesse caso, os efeitos ambientais

devem ser avaliados de forma integrada, com base em diferentes cenários alternativos de aproveitamento das fontes de energia elétrica, definidos segundo o contexto socioeconômico em que se inserem.

A Fig. 1 ilustra de forma simplificada as fases típicas de uma metodologia de avaliação comparativa de impactos ambientais.

No processo de decisão técnica de alternativas de geração de eletricidade, três aspectos são preponderantes: (1) disponibilidade de fontes energéticas (2) viabilidade econômica, (3) viabilidade ambiental. Esses aspectos, juntamente com aqueles de caráter político e estratégico, devem ser avaliados de forma integrada, visando uma escolha mais eficiente.

Neste trabalho, dá-se destaque apenas ao aspecto de viabilidade ambiental, enfocando-se os diversos pontos de vista metodológicos existentes, quando se pretende fazer comparações entre as características dos impactos associados ao uso das diferentes fontes de energia elétrica.

As fontes estudadas foram selecionadas conforme o panorama para o setor elétrico brasileiro dado a seguir.

O SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

O setor elétrico brasileiro está passando por um processo de desregulamentação, modificando a hoje complexa estrutura institucional, onde participam empresas federais, estaduais, privadas e o segmento de autoprodutores.

Na estrutura vigente, a União detém os direitos de exploração dos potenciais e serviços elétricos (geração e distribuição) em todo o país. Através do regime de concessão, as atividades de geração e distribuição de energia elétrica são executadas por empresas públicas (atualmente majoritárias) e particulares.

A produção de energia elétrica, no país (1994) é predominantemente hidrelétrica (96%), cabendo às termelétricas a complementação dos sistemas interligados, bem como o suprimento dos sistemas isolados.

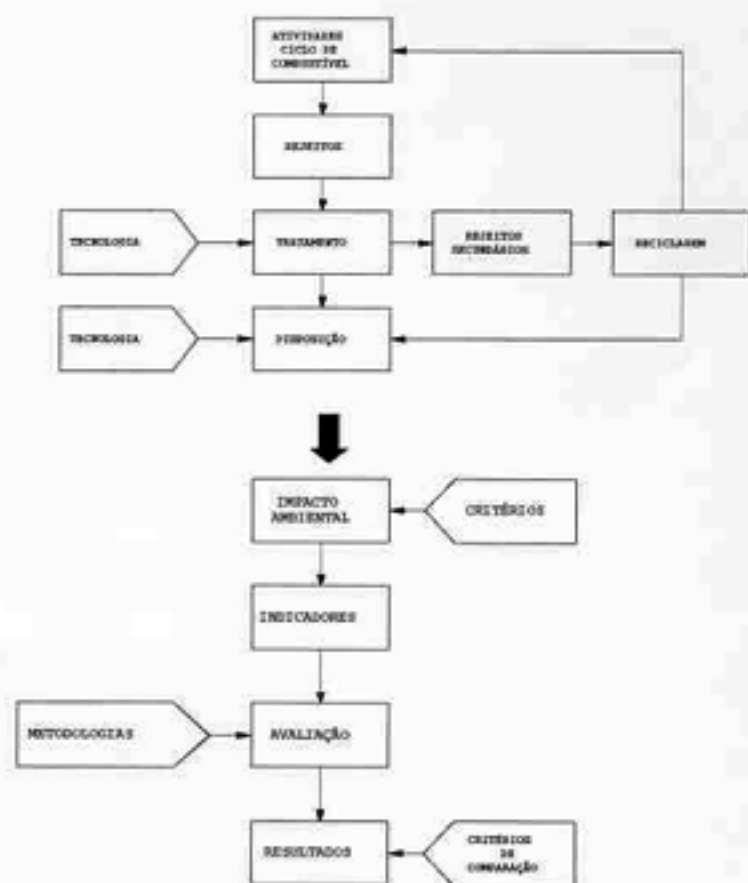


Figura 1: Esquema da Metodologia de Comparação de Impactos

Nos estudos de oferta e demanda de energia elétrica, no Plano 2015, observamos que a hidreletricidade é a fonte energética que apresenta as melhores condições de aproveitamento e conseqüente suprimento de mercado, a curto e médio prazo.

A reforma do setor elétrico, entretanto, em função do esgotamento do modelo de financiamento (estatal) da expansão , pode promover o surgimento de concessionárias privadas que optem por termoeletricas, como unidades de geração de energia elétrica. A escolha se daria em conseqüência de custos de investimento e prazos de construção inferiores, além de serem soluções regionais e estarem mais próximas dos centros de carga, minimizando as questões pertinentes à malha de transmissão.

Esta alternativa se insere no contexto de promover a instalação de um parque termelétrico de geração, necessário quando se visualiza o esgotamento do potencial hidráulico de geração. Desta forma, há de se considerar a instalação de termelétricas no país, no contexto de solução regional, ou mesmo global (a médio e longo prazos), como alternativa de geração de eletricidade. Neste sentido,

estudos de impacto ambiental, se fazem necessários para efeito de avaliação das opções existentes.

CARVÃO

O carvão mineral é o combustível fóssil mais utilizado para a geração de eletricidade no mundo, respondendo por cerca de 40% dela. Sua ocorrência é muito bem distribuída por diversos países. Tem alto poder energético, que varia em função de sua qualidade, medida principalmente pela quantidade de cinzas e pelo teor de enxofre associado à sua composição.

O aproveitamento do carvão mineral como fonte de energia elétrica dá-se por meio da combustão direta, ou mais recentemente, por outros métodos (leito fluidizado e gaseificação) que procuram combinar tecnologias de controle da poluição atmosférica com o processo de queima propriamente dito.

No Brasil, o uso desta fonte para geração de eletricidade tem sido feita predominantemente por meio da tecnologia tradicional de queima direta do carvão pulverizado.

Dado os custos crescentes para a utilização dos recursos hidrelétricos brasileiros, dentro do horizonte do Plano 2015, a geração termoeletrica a carvão passa a ser uma alternativa atraente de desenvolvimento, visto que representa, em termos energéticos, cerca de 2/3 das nossas fontes não-renováveis, sendo dez vezes maior que as fontes identificadas de petróleo e três vezes as de energia nuclear [1].

Apesar de tudo isso, em função do estabelecimento de padrões brasileiros de emissão mais restritivos, em conformidade com a Resolução CONAMA nº 8/90 [2], deverão ser implantadas tecnologias ambientais, cujos custos de implantação, operação e manutenção são elevados, não havendo garantias de que o uso do carvão nacional, dada a sua baixa qualidade, possa se adequar àqueles padrões [1].

A Tabela 1 apresenta os diversos tipos de rejeitos gerados no processo de queima do carvão e as estimativas têm caráter apenas indicativo, já que os parâmetros podem variar muito em função do tipo de minério, condições de mineração, preparação e transporte do minério. As estimativas apresentadas referem-se, portanto, a uma usina de 1000 MW(e)/ano, queimando carvão com eficiência de 38%, poder calorífico de 8000 kWh/t, 7% de conteúdo de cinzas, densidade de 6600 kg/m³ e 1% de enxofre.

GÁS NATURAL

A tendência mundial quanto ao aproveitamento do gás natural como fonte alternativa de eletricidade é de crescimento, devido principalmente a três aspectos: (1) desenvolvimento de ciclos combinados, (2) expansão de sistemas de cogeração e (3) poucas restrições ambientais.

A participação desta fonte no consumo final de

energia nos EUA é de 25%, no Canadá 25%, Itália 28%, Inglaterra 28%, Austrália 18%, França 17%, Alemanha 17%, México 16% e Brasil 2% [4].

TABELA 1 - Principais Rejeitos Gerados pela utilização de Carvão e Gás para fins de produção de Eletricidade [3].

Estágio do Ciclo de Combustível	Carvão	Gás Natural
1. Extração	<ul style="list-style-type: none"> • água de drenagem contaminada e/ácidos • 10⁵ t de rejeitos sólidos • 10⁷ t de ganga de mineração 	<ul style="list-style-type: none"> • Metano • água de drenagem e/ alta acidez e sais metálicos • Salmoura e borra de perfuração
2. Processamento	<ul style="list-style-type: none"> • 10⁵ t de sólidos • particulados no ar • rejeitos líquidos perigosos 	<ul style="list-style-type: none"> • rejeitos líquidos perigosos • emissões de SO₂ e NO_x • produtos químicos diversos • particulados no ar
3. Transporte	•	• Metano
4. Queima	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂, NO₂, SO₂, Hg, outros metais pesados • rejeitos de lavagem de caldeiras • 3x 10⁵ t cinzas contaminadas e/ metais pesados e radionuclídeos • 4x 10⁵ t de CaSO₄ • 5x 10⁴ t de Ca(OH)₂ • calor 	<ul style="list-style-type: none"> • emissões de SO₂ e NO_x • calor • rejeitos de lavagem de caldeiras
5. Construção e Desmontagem	<ul style="list-style-type: none"> • Asbesto • remediação do solo • entulhos de demolições 	<ul style="list-style-type: none"> • Asbesto • remediação do solo • entulhos de demolições

No Brasil, seu aproveitamento deverá ser ampliado, porém, em larga escala ele tende a ser restrito dada suas poucas disponibilidade e competitividade econômica com outras fontes disponíveis, principalmente hidroelétricas. De acordo com o Plano 2015 da Eletrobrás [5], estima-se que para uma térmica de 1000 MW, operando em regime contínuo, com fator de capacidade de 75%, haveria um consumo de cerca de 6 milhões de m³/dia, que corresponde, basicamente, a todo o volume de gás disponível para venda em 1988. Notar que, desse total, cerca de 70% é destinado à indústria.

Apesar disso, julgou-se importante discutir essa fonte energética em função das poucas restrições ambientais à ela associadas, bem como, da possibilidade de expansão de sua utilização a partir dos recentes acordos de importação com a Bolívia e a Argentina.

A utilização do gás natural para geração de eletricidade tem sido apregoada como fator de redução das

emissões mundiais de CO₂, por apresentar uma razão CO₂/Energia quase duas vezes menor que o carvão.

A queima de gás natural emite cerca de 56 kg de CO₂ por GJ térmico, enquanto que, para o carvão, essa taxa é de aproximadamente 94 kg de CO₂ por GJ térmico [6].

Porém, em termos da contribuição à redução do efeito estufa, deve-se considerar que as emissões de Metano associadas à extração e ao manuseio do gás, podem anular a vantagem acima referida.

Na Tabela 1 estão listados os principais tipos de rejeitos gerados nas diversas fases de um ciclo típico de utilização de gás natural para fins de produção de eletricidade.

NUCLEAR

Atualmente, cerca de 17% da produção mundial de eletricidade é obtida por meio de 432 reatores nucleares operando em 31 países, respondendo por uma capacidade instalada líquida de aproximadamente 340 GWe. Desses reatores, 85% são do tipo LWR [7].

No Brasil, as perspectivas de curto e médio prazos de uso da energia nuclear para produção de eletricidade, restrita hoje a apenas Angra I, não são animadoras. Das oito usinas inicialmente previstas no Acordo Brasil-Alemanha, apenas duas têm possibilidades de implantação. Angra II está em andamento, tendo obtido recentemente sinal verde do governo para sua complementação. Quanto a Angra III, suas obras encontram-se praticamente paralisadas, sendo que apenas parte de seus equipamentos está fabricada.

De acordo com o Plano 2015, Angra II e III estão com cerca de 68% e 42%, respectivamente, de seus cronogramas físicos cumpridos, incluindo itens de engenharia (78,2% e 58,9%), suprimento (81,5% e 59,0%), obras civis (77,2% e 2,0%), montagem e comissionamento (5,9% e 0,0%) [8]. A complementação dessas usinas depende fortemente da alocação de recursos, cuja escassez tem atingido também o setor elétrico, bem como, das mudanças referentes às privatizações, que embora não atinjam diretamente o setor nuclear, muito provavelmente causarão reflexos quanto à participação dele na geração de eletricidade no Brasil.

A utilização da energia nuclear para a produção de eletricidade, da mesma forma que outras fontes convencionais, gera rejeitos em todas as fases do ciclo do combustível, representados por volumes relativamente menores de materiais radioativos, com diferentes graus de contaminação.

Os rejeitos de alta atividade (HLW), representados pelos elementos combustíveis gastos e pelo concentrado proveniente de seu reprocessamento, são os que demandam maiores investimentos para o seu gerenciamento e disposição final.

Os rejeitos de baixa e média atividades (LLW e ILW), que contém níveis menores de radioatividade, são

gerados em volumes maiores e necessitam também de tratamento e disposição adequados, mas demandam a aplicação de tecnologias menos complexas.

Além dos rejeitos radioativos, o uso da energia nuclear para obtenção de eletricidade produz sub-produtos convencionais que precisam de soluções adequadas quanto à proteção do meio ambiente.

A Tabela 2 apresenta uma estimativa dos diversos tipos de rejeitos gerados por um reator LWR, em ciclo aberto, normalizada para 1000 MW(e)/ano.

TABELA 2 - Principais Rejeitos gerados por um reator LWR de 1000 MW(e)/ano [3].

Estágio do ciclo de combustível	Nuclear
1. Extração	<ul style="list-style-type: none"> • 10⁶ t de ganga de mineração
2. Processamento	<ul style="list-style-type: none"> • emissões gasosas de Radônio (GBq) • liberações líquidas contaminadas c/ Urânio, Tório e Rádio (GBq) • 85 mil t de rejeitos sólidos contaminados com Tório, Rádio e metais pesados (TBq)
3. Conversão	<ul style="list-style-type: none"> • rejeitos líquidos contendo Tório e Rádio (GBq) • 40 t de rejeitos sólidos contendo Urânio e Tório
4. Enriquecimento	<ul style="list-style-type: none"> • 145 t de Urânio empobrecido
5. Fabricação Combustível	<ul style="list-style-type: none"> • líquidos contaminados com Tório e Urânio • 30 t de CaF₂
6. Queima	<ul style="list-style-type: none"> • emissões gasosas de radionuclídeos diversos • combustível queimado • LLW de operação
7. Gerenciamento LLW	<p>depende da adoção ou não do reprocessamento. Para o ciclo direto ("once through") são gerados aproximadamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 20 t de HLW - 200 t de ILW - 800 t de LLW
8. Descomissionamento	<ul style="list-style-type: none"> • emissões líquidas e gasosas relativas a descontaminação e desmontagem da usina • LLW e ILW • Convencionais

ESTUDOS COMPARATIVOS

Nos anos 70, os estudos comparativos visavam enquadrar as diversas opções energéticas segundo uma escala unidimensional de risco, em função de seus impactos negativos sobre a população. Nessa época, as

avaliações de impacto eram feitas para instalações específicas, demandadas pela crescente preocupação sobre os riscos a que as comunidades que viviam nas imediações delas estavam submetidas.

Nos anos que se seguiram, até o final dos anos 80, em termos metodológicos, a abordagem do problema de comparação entre opções energéticas passou a considerar a necessidade de abranger os impactos referentes a todas as fases do ciclo do combustível.

Mais tarde, passou-se a incluir nas análises as fases de construção e descomissionamento, abrindo perspectivas para o estabelecimento de metodologias muito mais abrangentes, que passaram a avaliar parâmetros macroeconômicos, tornando esses estudos importantes ferramentas metodológicas de auxílio no processo de tomada de decisões a respeito de sistemas energéticos.

Atualmente, as aplicações de estudos comparativos de impactos ambientais não devem somente buscar a classificação das diversas opções energéticas disponíveis mas, principalmente, utilizar os parâmetros ambientais como elementos importantes na avaliação de diversos cenários de geração de eletricidade, definidos de acordo com as fontes disponíveis e dentro de um contexto socioeconômico específico de um país ou região.

IMPACTOS AMBIENTAIS

À maioria dos processos produtivos estão associados impactos ambientais cuja eliminação efetiva esbarra sempre em limitações econômicas e tecnológicas.

No caso da geração de eletricidade, a situação não é diferente, pois ao utilizar as diversas fontes disponíveis, ela contribui de maneira significativa para o aumento dos problemas ambientais decorrentes das emissões diretas e dos procedimentos de tratamento e disposição de rejeitos.

A magnitude e a natureza desses problemas são muito variáveis e dependem de diversos fatores, dentre eles: (1) tipo de combustível, (2) método de conversão de energia e (3) tecnologias de controle de poluição.

A Tabela 3 apresenta os impactos mais importantes relacionados aos três principais grupos de fontes de geração de eletricidade.

Dos impactos mostrados na Tabela 3 a emissão de particulados provenientes da queima do carvão representa um dos sérios problemas ambientais a nível local. Um carvão de boa qualidade pode conter entre 5-20% de cinzas, dos quais 10% permanecem constituindo rejeitos sólidos passíveis de tratamento e disposição final. A maior parte é liberada sob a forma de particulados contendo CO₂, SO₂, NO_x, cinzas e outros produtos químicos, inclusive Hg. A utilização de equipamentos modernos de controle de emissões pode reduzir os efeitos desses particulados a níveis insignificantes.

A nível regional, as emissões de SO₂ podem ser transportadas por grandes distâncias e sua deposição em sistemas ecológicos sensíveis pode causar degradações significativas na vegetação e acidificação do solo, rios e

lagos. O controle deste tipo de emissão pode ser feita pela utilização de combustível de melhor qualidade (baixos teores de enxofre), pela queima de calcário junto com o carvão em leito fluidizado e pela dessulfurização dos gases antes de sua emissão para o ambiente.

A nível global, as emissões de CO₂ são as mais preocupantes dado seu crescimento e sua influência no aquecimento do planeta. Cerca de 25% delas referem-se à geração de eletricidade, onde carvão e óleo representam aproximadamente 40% (~900 e 750 t/GWh, respectivamente) e Gás Natural 15% (~500 t/GWh) [3].

TABELA 3 - Principais Tipos de Impactos Ambientais Referentes à Geração de Eletricidade

CARVÃO E GÁS NATURAL		
Impactos Locais	Impactos Regionais	Impactos Globais
<ul style="list-style-type: none"> contaminação de águas de superfície e subterrânea por metais pesados 		<ul style="list-style-type: none"> acidificação de lagos e comprometimento da fauna aquática
<ul style="list-style-type: none"> poluição do ar por particulados com SO_x, NO_x, hidrocarbonetos e matéria orgânica 		<ul style="list-style-type: none"> mudanças climáticas por CO₂ e outros gases do efeito estufa
<ul style="list-style-type: none"> destruição de ecossistemas 	<ul style="list-style-type: none"> comprometimento de espécies aquáticas 	
<ul style="list-style-type: none"> modificação das condições do uso do solo 	<ul style="list-style-type: none"> degradação do solo e de vegetações por emissões de SO_x e NO_x. 	
ENERGIA NUCLEAR		
Impactos Locais	Impactos Regionais	Impactos Globais
<ul style="list-style-type: none"> contaminação de águas de superfície e subterrânea 	<ul style="list-style-type: none"> Danos de radiação na população 	<ul style="list-style-type: none"> não há.
<ul style="list-style-type: none"> destruição de ecossistemas 	<ul style="list-style-type: none"> contaminação do solo e da água por acidentes nucleares severos 	
<ul style="list-style-type: none"> modificação das condições do uso do solo 		
<ul style="list-style-type: none"> contaminação do solo e da água por radionuclídeos em condições de acidentes 		

As projeções sobre as mudanças climáticas indicam a ocorrência de problemas ambientais relacionados ao aumento do nível dos oceanos e alterações de padrões climáticos. Parte da solução do problema pode ser obtida pelo incremento do uso da biomassa vegetal, cuja combustão também produz CO₂, mas que pode ser

reabsorvido e fixado no processo de fotossíntese durante a produção do próprio combustível vegetal.

Particularmente, no caso da energia nuclear, há de se enfatizar dois aspectos: (1) sua contribuição para a redução das emissões globais de CO₂ e de outros gases que contribuem para o aumento do efeito estufa e (2) a destinação final do HLW.

No primeiro caso, cabe citar que em países desenvolvidos, as reduções das emissões desses gases, obtidas graças ao uso da energia nuclear em detrimento de fontes convencionais, são significativas. Anualmente, cerca de 10% do total das atuais emissões mundiais de CO₂ seriam acrescidos à atmosfera caso se utilizasse centrais convencionais para gerar energia elétrica em substituição às centrais nucleares existentes no mundo. Na França, tomando-se como base o período entre 1973 e 1989, cerca de 64% das emissões de CO₂ evitadas deveram-se ao incremento do uso da nucleoeletricidade [9].

No caso do HLW, embora se reconheça o risco potencial associado aos seus manuseio e controle a longo prazo, não parece haver empecilhos tecnológicos significativos para o seu gerenciamento adequado. A dificuldade maior está relacionada à questão da percepção desse risco por parte do público, que é levado a considerar que está diante de um problema insolúvel e que um repositório de rejeitos radioativos é muitas vezes mais perigoso que quaisquer outros de rejeitos convencionais, inclusive certos metais pesados, cuja toxicidade é reconhecidamente bastante elevada.

METODOLOGIAS

A elaboração de estudos comparativos de impactos ambientais relacionados ao uso das diversas fontes de eletricidade está associada a diversos tipos de dificuldades: (a) grande diversidade de compostos, ecossistemas e impactos associados, (b) grau considerável de subjetividade das avaliações, (c) incertezas relacionadas aos dados e aos modelos, (d) impossibilidade de integração dos resultados sob a forma de um único índice de comparação de impactos.

Três métodos mais importantes têm sido utilizados para comparar impactos ambientais de sistemas de geração de eletricidade.

Classificação dos Impactos. Por esse método, para cada estágio do ciclo do combustível considerado, são identificados e avaliados os impactos. Para que possam ser comparados, são ordenados segundo uma escala de valores que reflete o grau de importância de cada um deles em relação aos seus efeitos sobre o meio ambiente. Trata-se de um método muito utilizado, mas a cujos resultados estão associados certo grau de subjetividade, pela dificuldade de quantificação de alguns tipos de impactos.

Padrões de Emissão e de Qualidade Ambiental. Neste caso, todas as emissões geradas no ciclo do combustível são agrupadas e normalizadas em função da energia gerada (massa ou volume de efluente / unidade de energia por

ano), de forma a permitir a comparação entre as opções de geração de eletricidade. Uma variação deste método utiliza o conceito de índice de qualidade ambiental, obtido pela correlação entre valores de emissão medidos e determinados padrões de qualidade estabelecidos na legislação. Trata-se de método objetivo e tem sido utilizado para o estabelecimento de padrões de qualidade do ar.

Capacidade de Suporte do Meio. O método consiste na aplicação do conceito de capacidade suporte de um ecossistema, refletindo seu grau de sensibilidade a danos ambientais. A capacidade de suporte é definida por um valor máximo de carga de poluente (carga crítica) que um determinado meio pode receber sem sofrer danos ambientais observáveis. Deste modo, os impactos ambientais podem ser avaliados por meio do mapa de áreas, discriminadas de acordo com o nível de violação de uma determinada carga crítica. A aplicação deste método é bastante adequada na obtenção de resultados quantitativos, demandando, porém, o suporte de um bom banco de dados contendo informações sistematizadas.

Cabe salientar que os impactos ambientais não constituem parâmetro único de decisão. Impactos na saúde, probabilidade de acidentes, fatores econômicos, sociais e tecnológicos devem ser considerados em conjunto no processo de escolha de alternativas de geração de eletricidade.

CONCLUSÕES

(1) Nas próximas décadas, o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico nos países em desenvolvimento irão demandar uma crescente necessidade de eletricidade;

(2) Ênfase crescente tem que ser dada à inclusão de fatores ambientais relativos à geração de eletricidade, nos processos de tomada de decisão do setor;

(3) A todos os processos de geração de eletricidade estão associados impactos ambientais. Sua avaliação permite decidir a respeito do melhor aproveitamento das fontes disponíveis, dentro de cenários energéticos específicos;

(4) Os efeitos ambientais, porém, não constituem parâmetros únicos de decisão. Parâmetros econômicos, sociais, tecnológicos e estratégicos devem ser considerados em conjunto e de forma integrada;

(5) Em vista das dificuldades encontradas até agora para a definição de um indicador único e universal que integre fatores ambientais diferentes em suas natureza e magnitude, deve ser dada ênfase ao desenvolvimento metodológico e à implementação de bases de dados, antes da realização de estudos aplicados;

(6) Especial atenção deve ser dada à avaliação das emissões de CO₂, tendo em vista a importância deste gás no processo de mudanças climáticas globais e as implicações sociais, políticas e econômicas decorrentes.

(7) Do mesmo modo, é oportuno realizar estudos metodológicos de avaliação das implicações ambientais

relacionadas à implantação de repositórios de rejeitos radioativos, como forma de obter parâmetros específicos de comparação entre a opção nucleoeletrica e demais térmicas convencionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ELETROBRÁS. **Plano 2015. Projeto 4: Oferta de Energia Elétrica, Tecnologia, Custos e Disponibilidades. Subprojeto: Carvão Mineral: Prospecção de seu uso na Termoeletricidade.** Rio de Janeiro, out. 1993.

[2] PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 8 de 6/12/1990.**

[3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Senior Expert Symposium on Electricity and the Environment. Key Issues Papers.** Helsinki, May 1991. IAEA, Vienna, 1991.

[4] MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Balanço Energético Nacional 1995. Ano Base 1994.** Brasília, 1995.

[5] ELETROBRÁS. **Plano 2015. Projeto 4: Oferta de Energia Elétrica, Tecnologia, Custos e Disponibilidades. Subprojeto: Usinas Térmicas a Derivados de Petróleo e Gás Natural.** Rio de Janeiro, out. 1993.

[6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Assessment and Comparison of Waste Management System Costs for Nuclear and Other Energy Sources.** Vienna, 1994. Technical Report Series nº 366.

[7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **IAEA Bulletin Vol. 37, nº 4.** Vienna, 1995.

[8] ELETROBRÁS. **Plano 2015. Projeto 4: Oferta de Energia Elétrica. Energia Nuclear.** Rio de Janeiro, out. 1993.

[9] Marques de Souza, J.A. **A Situação da Energia Nucleoeletrica no Mundo.** ABDAN. Rio de Janeiro, 1994.

ABSTRACT

Nowadays, it can not be contested the great importance of environmental factors on choice between different electricity generation systems, given the increasing level of demand of the more rigorous legal requirements related to environmental management. Because of their significance to a comparative assessment analysis, a number of environmental impacts are discussed in this paper, focusing the main Brazilian options to electricity production.