



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GPL 09
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO VII

GRUPO DE ESTUDO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GPL

PROSPECÇÃO DE CENÁRIOS ENERGÉTICOS RENOVÁVEIS E A NECESSIDADE FUTURA DE FONTES FÓSSEIS

Marco Antonio Saidel¹ * André Luiz Veiga Gimenes¹ Ricardo Junqueira Fujii¹ Marcelo Furtado²

**1 - GEPEA – USP
2 - GREENPEACE BRASIL**

RESUMO

Esse trabalho visou a construção de cenários energéticos prospectivos para o Brasil; ele faz parte de um estudo global, coordenado pelo Greenpeace International [1], que pretende fundamentar cientificamente as discussões para a definição de políticas mais sustentáveis para o setor energético. Dentro desse contexto, os cenários têm por objetivo mostrar alternativas factíveis para o desenvolvimento limpo sem sacrificar o crescimento econômico. Para tanto, são exibidos três cenários para 2050, um referencial e dois alternativos. São apresentados entre outros fatores os custos, emissões de carbono e composição da matriz elétrica brasileira.

PALAVRAS-CHAVE

Cenários Energéticos, Expansão da Oferta, Renováveis, Emissões CO₂, Custos de Geração

1.0 - INTRODUÇÃO

Este estudo faz parte da Energy [r]evolution [1], uma iniciativa de âmbito global desenvolvida pelo Greenpeace International e pelo EREC – European Renewable Energy Council para a discussão de uma matriz energética mundial alternativa, baseada em recursos renováveis. Diversas entidades ao redor do mundo colaboraram na elaboração dos cenários regionais; no Brasil, um dos países escolhidos para uma análise mais detalhada, o Greenpeace Brasil associou-se ao GEPEA-USP para a formulação de 3 cenários energéticos para 2050: um cenário referencial da matriz elétrica brasileira, baseado nas possibilidades de atendimento da matriz elétrica nacional seguindo as diretrizes usuais do setor elétrico e informações presentes no Plano Decenal [2] e nas projeções do Ministério de Minas e Energia – MME para 2030 [3]. Um cenário alternativo, o qual reflete a visão do Greenpeace Brasil, com a eliminação das fontes de energia provenientes de combustível fóssil, carvão e nuclear e sua substituição pelas fontes renováveis como solar, eólica e outras e um cenário alternativo moderado, concebido pelo GEPEA-USP, com a adoção mais conservadora de opções renováveis com base nas diversas dificuldades impostas pelo contexto brasileiro.

Para a implementação desses cenários foi empregado o software MESAP – *Modular Energy Scenario Analysis and Planning*, o qual permite simular a evolução da demanda e produção de eletricidade. Tal simulação fornece, entre outros resultados, os custos médios esperados da energia e a quantidade de emissões de poluentes para cada cenário.

2.0 - OBJETIVOS

Sendo o Brasil, assim como a Índia e a China, um país em desenvolvimento cuja influência nas emissões globais de carbono tende a ganhar destaque nas próximas décadas, o Greenpeace optou pela elaboração dos cenários específicos do Brasil em complemento aos cenários regionais que compõem o cenário global. Desse modo, o estudo feito pelo GEPEA-USP e Greenpeace Brasil teve como objetivo abordar a questão energética de acordo com as necessidades, barreiras e oportunidades que se apresentam no país. Isso permitiu a formulação de cenários mais consistentes e coerentes com a realidade nacional, subsidiando a discussão de novas políticas energéticas e o fomento de um desenvolvimento mais limpo e sustentável.

3.0 - PRINCÍPIOS

Embora haja confusão entre um e outro, existem diferenças entre cenários e previsões. Como mencionado em [4], a diferença principal está no objetivo de cada um. Enquanto a previsão tem o objetivo explícito de acertar, com maior probabilidade possível, as variáveis em questão, os cenários têm o objetivo de traçar as possíveis e prováveis combinações de variáveis. Cenários prospectivos, portanto, têm a finalidade de orientar as decisões. Eles são um método de decisão sob incerteza que auxilia ações estratégicas, inclusive na identificação de oportunidades e ameaças, aspectos positivos e negativos, permitindo diagnosticar-se as políticas mais adequadas para o fomento adequado das atividades do setor energético.

Baseando-se nesse princípio, esse estudo apresenta os cenários alternativos como possibilidades palpáveis para o país se políticas energéticas que estimulem a geração distribuída, a adoção de fontes alternativas e de medidas de eficiência energética forem implementadas.

Os cenários foram elaborados de acordo com diversas premissas, dependendo do seu objetivo específico. Alguns princípios, no entanto, foram adotados em todos os cenários, garantindo a coerência entre eles e, principalmente, a sua fundamentação científica. Eles são os seguintes:

- Uso de fontes e bases de dados oficiais e reconhecidas no setor elétrico brasileiro. Foram usados dados do Balanço Energético Nacional [5], do Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015 [2] e do Mercado de Energia Elétrica 2006-2015 [4], elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE e pelo MME. Foram usados também dados do Plano Nacional de Energia 2030 [3]; não foi considerado o Plano para Expansão da Oferta, pois este foi publicado após a conclusão deste estudo. Foram considerados também dados do IBGE [6] para a projeção do crescimento populacional. Informações sobre o estado da arte das tecnologias [7 e 8] e seu desenvolvimento esperado foram levantadas em diversas instituições, com destaque para a IEA – International Energy Agency [9], DOE – Department of Energy (EUA) [10] e IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change [11]. O PIB brasileiro de 2005 adotado foi obtido do Banco Central do Brasil.

- Adoção de um cenário de desenvolvimento macroeconômico moderado nas próximas décadas. Embora haja potencial para crescimento econômico elevado, admitiu-se um contexto de crescimento moderado como mais provável. O atual estágio de desenvolvimento do Brasil, o qual pode ser considerado mais avançado que o da China e Índia, é uma das barreiras que o impedem de apresentar os altos índices observados nesses países nos últimos anos.

- Crescimento da demanda por energia vinculada ao crescimento populacional e econômico, ainda que com certa elasticidade, justificada pelo desenvolvimento de novas tecnologias e mudanças sócio-culturais.

- Importação e exportação de eletricidade. Admitiu-se que a importação e exportação de eletricidade continuem existindo, especialmente num possível contexto de maior integração energética entre os países sul-americanos. Apesar disso, elas foram consideradas como uma opção secundária para efeito do planejamento energético, motivo pelo qual a importação foi considerada reduzida em todos os cenários, em maior ou menor grau.

- Perdas provenientes do transporte e distribuição de eletricidade foram admitidas como equivalentes a aproximadamente 15% da eletricidade efetivamente consumida. Também não foram modeladas as peculiaridades dos diversos tipos de geração e suas influências na otimização do sistema interligado.

- Custos de geração das diversas fontes são iguais em todos os cenários. Os custos de geração para o Brasil foram levantados e comparados com os custos internacionais. Curvas de aprendizado das tecnologias foram analisadas e, conjuntamente com as perspectivas de oferta dos respectivos combustíveis e custos das externalidades, balizaram a formação dos preços de geração de eletricidade para as todas as décadas até 2050 (Tabela 1). Nesse estudo, os custos de geração de eletricidade foram considerados iguais em todos os cenários. Deve-se observar, no entanto, que os preços das alternativas fósseis tendem a ser maiores nos cenários

alternativos, enquanto as renováveis, mais baratas. Isso decorre da influência que as políticas energéticas apresentariam através de possíveis taxações sobre as opções fósseis e subsídios e estímulos às alternativas limpas.

TABELA 1: Custos da eletricidade adotados nos cenários (US\$ correntes).

Tecnologia	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Carvão	53	58	58	65	60	55
Hídrica	40	50	60	65	65	70
Eólica	80	75	65	60	60	60
Biomassa	60	55	45	50	50	50
GN	80	70	60	65	65	75
Nuclear	85	75	75	75	75	75
Óleo C.	80	75	75	80	85	95
Diesel	64	60	60	64	68	76
FV	300	280	200	170	130	100
Geotérmica	250	200	180	170	165	160
Solar termelétrica	0	100	80	80	70	70

4.0 - CENÁRIO REFERENCIAL

Um cenário de referência pretende refletir a evolução contínua do modelo atual, sem mudanças significativas. Ele representa a continuidade das políticas e programas vigentes, sendo um cenário tipicamente tendencial. Nesse caso, o cenário Referencial é baseado nos valores de consumo e produção de eletricidade de 2004 e 2005 disponibilizados publicamente pelo MME, EPE e Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL [2, 3, 4 e 5]. A evolução do consumo segue estimativa apresentada no Plano Decenal [2]. De 2020 a 2050 esses valores são extrapolados com base nas projeções para a América Latina da IEA [9] e nos cenários macroeconômicos moderados B1 e B2 vislumbrados no Plano Nacional de Energia 2030 [3], assim como no crescimento populacional estimado pelo IBGE no estudo “Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 1980-2050 – Revisão 2004” [6]. Admitiu-se que a intensidade elétrica tende a cair a partir de 2020 em virtude do desenvolvimento tecnológico dos usos finais conjugado à evolução no perfil dos hábitos de consumo.

A seguir são apresentados os valores de consumo de eletricidade calculados para o cenário referencial (Tabela 2). O crescimento anual do consumo é apresentado na Tabela 3.

TABELA 2: Energia elétrica final consumida (TWh).

Setor	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Industrial	161	198	298	400	513	595
Comercial	53	73	142	190	244	297
Residencial	82	109	184	235	316	367
Outros	50	63	94	115	140	163
Total	346	444	718	941	1213	1422

TABELA 3: Crescimento anualizado do PIB e do consumo de eletricidade

	2005-2010	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Crescimento anual do PIB	3,5%	3,5%	2,5%	2,0%	1,8%
Crescimento anual do consumo	3,7%	3,8%	1,9%	2,0%	1,3%

Com base nos dados macroeconômicos e energéticos derivam os seguintes indicadores (Tabela 4).

TABELA 4: Indicadores energéticos

	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Consumo per capita (TJ/capita)	7	8	12	14	17	20
PIB per capita (US\$/capita)	4675	5196	6585	7768	8954	10359
Capita (x 1000)	184184	196834	219078	237738	251418	259770
PIB (blnUS\$)	861	1023	1443	1847	2251	2691
Consumo total (PJ)	1246	1597	2584	3388	4366	5118
Intensidade Elétrica (GJ/GDP1000US\$)	1447	1561	1791	1835	1939	1902

O aumento da produção de eletricidade (Figura 1) foi pautado na expansão do parque gerador com base nas seguintes premissas:

- Grande disponibilidade de gás natural na bacia de Santos (Brasil) – 500 a 900 bilhões de m³, com a exploração em larga escala começando por volta de 2010;
- Grande disponibilidade de gás natural na América do Sul a preços razoáveis;
- Comissionamento da usina nuclear de Angra 3 antes de 2010;
- Construção de outras usinas nucleares, justificadas pela necessidade de diversificação da matriz e mitigação das emissões de CO₂;
- Entrada em operação comercial de todas as iniciativas oriundas do PROINFA, incluindo usinas eólicas e a biomassa;
- Uso de todos os potenciais hidráulicos com barreiras ambientais pequenas ou médias;
- Manutenção do uso de diesel e óleo combustível em pequena escala (plantas industriais e regiões sem acesso à rede de distribuição de eletricidade);

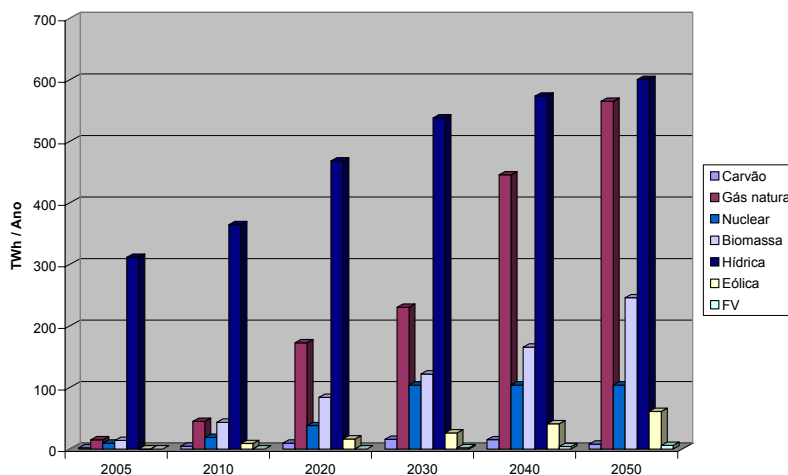


FIGURA 1: Produção de eletricidade – Cenário Referencial

5.0 - CENÁRIO ALTERNATIVO GEPEA

Uma importante diferença do cenário alternativo GEPEA para o Referencial é de que o primeiro inclui nas suas projeções de consumo a economia que seria proporcionada por medidas de conservação de eletricidade. Desse modo, o montante de eletricidade necessária para atender as necessidades nacionais é inferior ao apresentado no cenário Referencial.

Para tanto, se admitiu a adoção intensa de medidas de eficiência energética em todos os setores (próximo do potencial econômico), baseada no proposto no Cenário Alto de Eficiência Energética, apresentado pela EPE/MME no estudo “Mercado de Energia Elétrica 2006-2015” [4] (Tabela 5). Para 2020 em diante admitiram-se taxas ainda maiores de conservação de eletricidade em virtude dos custos crescentes da energia (viabilizando economicamente outras opções de conservação) e da internalização dos impactos sócio-ambientais, especialmente para o setor industrial.

Considerou-se também a adoção significativa de sistemas de coletores solares para substituição de chuveiros elétricos nos grandes centros urbanos a partir de 2030, o que possibilitou o aumento do nível de conservação de eletricidade no setor residencial.

TABELA 5: Conservação de energia do cenário alternativo GEPEA

Setor	Conservação de eletricidade (%) sobre o cenário referencial					
	2005	2010	2020	2030	2040	2050
comercial	0	11	11	15	20	25
residencial	0	12	12	17	25	28
industrial	0	14,5	14,5	18	26	30
outros	0	15	18	25	30	35

A adoção da cogeração deve se intensificar a partir de 2020; para efeitos de simplificação do modelo, a geração de eletricidade proveniente de usinas de cogeração foi incorporada ao montante das usinas de geração elétrica. A seguir são apresentadas considerações sobre os recursos energéticos incluídos no cenário GEPEA para produção de eletricidade (Figura 2).

Nuclear: adoção moderada; em virtude das pressões da sociedade, admitiu-se a desativação paulatina das unidades, começando-se pelas mais antigas, a partir de 2030.

Diesel: atualmente o principal responsável pela geração nos sistemas isolados, deve sofrer uma queda significativa nos próximos anos, cedendo espaço para as opções renováveis.

Carvão: sua participação na geração de eletricidade deve crescer, assim como no cenário referencial. A partir de 2020 sua participação deve voltar a cair, em virtude dos altos custos do combustível e, principalmente, do recrudescimento das exigências ambientais.

Gás Natural: a participação do gás natural deve atender o aumento da demanda por eletricidade nas próximas décadas enquanto as fontes renováveis tornam-se mais maduras. O desenvolvimento de reservas nacionais, aliado aos esforços governamentais de aumentar o suprimento a partir de uma maior integração energética na América Latina tende a garantir o gás natural como uma fonte de destaque na geração elétrica.

Óleo combustível: usado principalmente em usinas térmicas de sistemas isolados e em indústrias, o óleo combustível deve manter uma pequena participação na matriz energética até 2020, a partir de quando deve apresentar severa diminuição, cedendo espaço às opções renováveis.

Eólica: contando atualmente com uma participação mínima na matriz energética, a energia eólica deve crescer, inicialmente, fomentada por estímulos governamentais (através de programas como o PROINFA). A partir de 2030, a inserção das externalidades nos custos da eletricidade fará com a energia eólica torne-se comercialmente bem atrativa. Ainda assim ela estará sujeita às seguintes barreiras: necessidade técnica de operar como geração complementar e custos elevados de transmissão (que inibem sua implantação em regiões distantes dos centros de consumo).

Biomassa: dentre as fontes renováveis para diversificação da matriz, a cadeia de geração de biomassa é a que possui maior maturidade. Para que esse potencial seja posto em prática, é necessária a remoção de alguns obstáculos que acometem, de formas ligeiramente distintas, diversas fontes alternativas. Eles são a falta de incentivos para a geração distribuída, relação custo/risco menos favorável que as fontes tradicionais e a não incorporação dos danos ambientais e sociais no custo das energias fósseis. Superados esses obstáculos, a biomassa tem grande potencial para assumir posição de destaque na matriz energética brasileira nas próximas décadas.

Solar: A tecnologia fotovoltaica, pelos seus altos custos, deve permanecer uma opção muito restrita a certos nichos, especialmente localidades isoladas. De todo modo é assumido que, impulsionada principalmente pelo programa federal “Luz Para Todos”, deve suprir energia para comunidades isoladas e, eventualmente, substituir parte da geração diesel nessas regiões. A tecnologia termosolar, por sua vez, deve encontrar inserção comercial somente a partir de 2030 – 2040, dado que ela provavelmente será baseada em tecnologia externa e deve ser relegada ao segundo plano pelas autoridades governamentais em privilégio de fontes eólicas e biomassa.

Hidráulica: acredita-se que nos próximos 15 anos a expansão elétrica do Brasil deve se manter fortemente relacionada aos aproveitamentos hidráulicos. No entanto, em vista do recrudescimento das demandas sociais e ambientais, é provável que apenas uma parte do potencial hidráulico remanescente de grande porte seja aproveitada. Admitiu-se a instalação de grandes usinas já cogitadas, como Belo Monte e Jirau, assim como outras já inventariadas e com estudos em andamento, o que corresponde a um acréscimo de aproximadamente 20GW ao sistema brasileiro. A geração a partir de aproveitamentos de pequeno porte, por sua vez, deve atingir praticamente todo seu potencial com a implantação de políticas de incentivo.

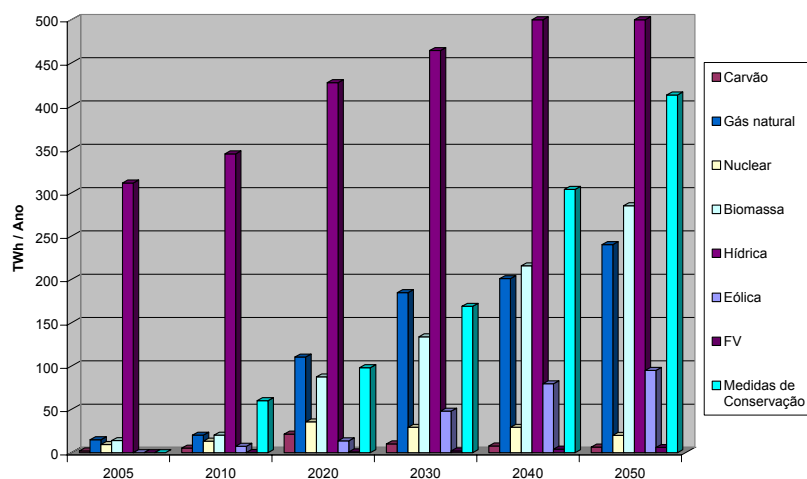


FIGURA 2: Produção de eletricidade – Cenário Alternativo GEPEA. É ilustrada a parcela do suprimento garantido através das medidas de conservação de eletricidade.

6.0 - CENÁRIO [R]EVOLUÇÃO ENERGÉTICA

O cenário alternativo [r]evolução energética foi elaborado pelo Greenpeace com o propósito de indicar opções limpas e sustentáveis para a expansão do parque gerador brasileiro. Ao contrário do cenário GEPEA, ele compõe a expansão da matriz elétrica (Figura 3) com base na energia solar, eólica e da biomassa. A construção de novas hidrelétricas é limitada, restringindo-se às PCH's e alguns potenciais de grande porte, em virtude do potencial impacto que seus reservatórios podem causar. Recursos como carvão, diesel, óleo combustível e urânio são gradativamente removidos, tornando-se desnecessários em 2030. O gás natural, por sua vez, colabora significativamente com o suprimento de eletricidade nas próximas décadas, permitindo o desenvolvimento das tecnologias para o uso da energia eólica e solar.

O consumo de eletricidade, assim como no cenário GEPEA, é reduzido mediante adoção de medidas de conservação e eficiência energética, sendo idêntico a ele (Tabela 5):

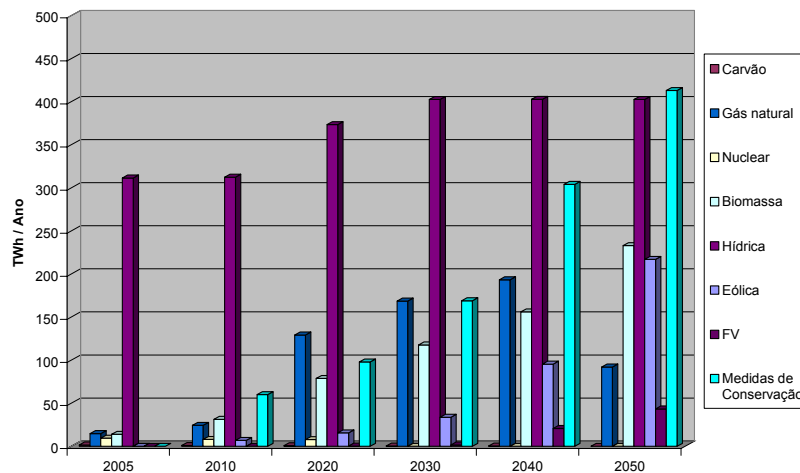


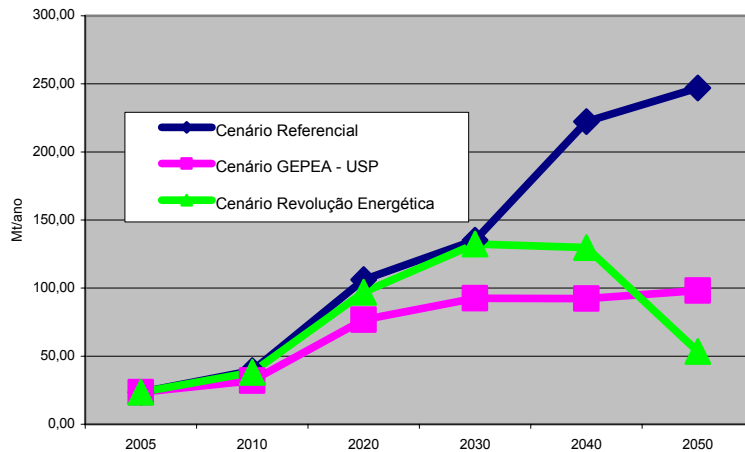
FIGURA 3: Cenário alternativo [r]evolução energética. É ilustrada a parcela do suprimento garantido através das medidas de conservação de eletricidade.

7.0 - CONCLUSÕES

7.1 Emissões de carbono

As emissões de carbono equivalente foram calculadas com base em um fator médio de emissão por tecnologia. Como esperado, o cenário Referencial apresenta os níveis mais elevados de emissões, multiplicando-se por 10 até 2050 (Figura 4). Isso se deve à adoção em grande escala do gás natural, especialmente após 2030. A partir de 2040, com a maturação de tecnologias renováveis, a expansão das emissões é reduzida, ainda que não eliminada.

Nos cenários alternativos os níveis de emissões em 2050 são bastante reduzidos. O principal fator, comum a ambos, é a adoção intensa de medidas de eficiência energética, diminuindo o montante de eletricidade a ser gerada como um todo. A diferença está em suas trajetórias; no período de 2020 a 2030 o cenário GEPEA-USP apresenta uma expansão no parque hidráulico bem superior à do cenário [r]evolução energética. Este, ao evitar a construção de hidrelétricas, exige a construção de termelétricas a gás natural, motivo pelo qual suas emissões são superiores até 2040. A partir desse período a expansão da geração solar e eólica ganha grande impulso no cenário elaborado pelo Greenpeace, fazendo com que suas emissões caiam de forma severa até 2050, tornando-se similares aos níveis apresentados em 2015.

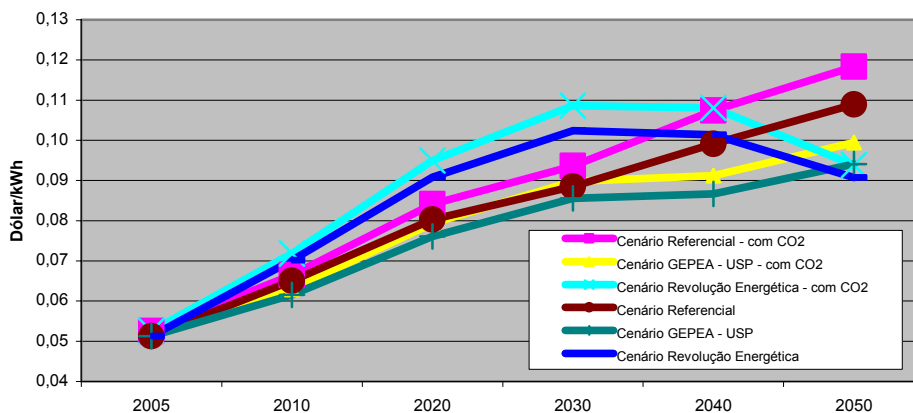
FIGURA 4: Emissões de CO₂.

7.2 Custos da Geração de Eletricidade

Através da simulação dos cenários foi calculado o custo médio da geração de eletricidade em cada cenário, com e sem os custos presumidos das emissões de CO₂ (Figura 5). Considerando-se apenas os custos de geração, os três cenários apresentam custos muito semelhantes entre si até 2020; embora a adoção de opções renováveis possa sugerir custos mais elevados nos cenários alternativos, essa tendência é contrabalançada pela adoção no cenário referencial de termelétricas a gás natural e, especialmente, nucleares, as quais apresentam alto custo de construção e manutenção.

A partir de 2030, quando os impactos ambientais e sociais passam a ser embutidos de forma mais intensa nos custos de geração, o cenário referencial passa a apresentar custos médios mais elevados, visto que ele depende mais de recursos fósseis. É interessante observar que os custos do cenário elaborado pelo Greenpeace são os mais altos até 2040, em virtude da adoção maciça da energia eólica e solar. Daí em diante, com a queda esperada dos custos dessas opções, o seu custo médio se torna o menor entre todos.

O desempenho dos cenários alternativos depende de dois fatores: a queda contínua nos custos das opções renováveis e a alta dos preços da geração fóssil e nuclear. Em uma primeira análise tais pressupostos podem parecer improváveis; uma consideração mais detalhada, no entanto, deve considerar que as opções renováveis, tecnicamente em franco desenvolvimento, tendem a mostrar quedas significativas em seus custos. Por outro lado, as tecnologias fósseis, já consolidadas tecnicamente, dependem da disponibilidade dos combustíveis, os quais devem, além de se tornarem mais escassos – e caros – sofrer elevações em seus custos, provenientes da necessidade de um controle mais rígido das emissões e de compensações ambientais.

FIGURA 5: Custos de eletricidade com e sem o adicional de CO₂.

7.3 Perspectivas

A análise dos cenários leva a verificações interessantes. Ainda que as premissas adotadas nos cenários alternativos sejam arrojadas do ponto de vista da eficiência energética e inserção de renováveis, existe uma grande necessidade de fontes fósseis durante todo o período analisado. Mesmo o cenário [r]evolução energética elaborado pelo Greenpeace, bastante agressivo em termos de utilização de fontes alternativas, mostra a necessidade de suprir 30% das necessidades brasileiras com fontes fósseis até 2040. No cenário referencial, a participação dos recursos fósseis aumenta continuamente, indo de 11% em 2005 para 30% em 2020 e 44% em 2050.

Esta mudança de perfil da matriz elétrica brasileira seria resultado dos crescentes obstáculos ambientais e sociais impostos aos empreendimentos hidrelétricos, recurso renovável que passaria a ter uma implementação mais lenta que a usual nestas condições. Ainda assim, a matriz elétrica do Brasil proporcionalmente mais renovável que as da Europa e EUA, mesmo com estes últimos estimulando de modo intenso o uso de fontes renováveis.

Neste contexto, merece destaque o papel da eficiência e conservação de energia utilizada como recurso para suprimento das necessidades energéticas nos cenários alternativos. Em 2050, mais de um quarto do consumo projetado pode ser atendido com a adoção de equipamentos eficientes e campanhas de conscientização, representando o principal "recurso energético" alternativo deste cenário em relação ao usual. Aparentemente ambiciosa, tal premissa se torna verossímil quando se consideram os custos crescentes da energia, os quais tendem a incorporar cada vez mais os impactos sociais e ambientais da produção de eletricidade, o desenvolvimento de novas tecnologias de uso final de energia e a necessidade de eficiência como fator de competitividade para indústria brasileira.

Com este estudo espera-se contribuir para as discussões acerca da necessidade de controle das emissões de carbono em um cenário de mudanças climáticas, e o papel que o setor elétrico brasileiro pode assumir diante deste cenário, considerando-se que, futuramente, o país deva passar a constar do Anexo I do Protocolo de Quioto.

As medidas necessárias são complexas e interdependentes, e afetam significativamente a indústria do setor elétrico. É, portanto, essencial que essas questões sejam colocadas em discussão nas diversas esferas de governo, empresas e da sociedade, de modo a viabilizar a mudança gradativa no paradigma de desenvolvimento do setor energético brasileiro.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Greenpeace International, European Renewable Energy Council. Energy [r]evolution. 2007.
- (2) MME. Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2006.
- (3) EPE/MME. Plano Nacional de Energia 2030. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2006.
- (4) EPE. Mercado de Energia Elétrica – 2006-2015. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2006.
- (5) MME. Balanço Energético Nacional 2005 – Ano Base 2004. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética, 2005
- (6) IBGE. Evolução da população brasileira. Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 1980-2050 – Revisão 2004. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004.
- (7) Boyle, G. (editor). Renewable energy: Power for a sustainable future. Oxford University Press, 2004.
- (8) Boyle, G.; Everett, B.; Ramage, J. (organizadores) Energy Systems and Sustainability. Oxford University Press, 2003.
- (9) International Energy Agency. www.iea.org
- (10) U.S. Department of Energy. www.doe.gov
- (11) Intergovernmental Panel on Climate Change. www.ipcc.ch