



## Agenda Elétrica Sustentável 2020

*ESTUDO DE CENÁRIOS PARA UM SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO  
EFICIENTE, SEGURO E COMPETITIVO*





# **Agenda Elétrica Sustentável 2020**

**Estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro  
eficiente, seguro e competitivo**

A21      Agenda elétrica sustentável 2020: estudo de cenários para um setor  
          elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo / WWF-Brasil.  
          2. Ed. — Brasília, 2007 .  
          80 p. : il. ; (Série técnica: v.12)

Bibliografia  
[ISSN: 1518-0107]

1.Eletricidade sustentável – Brasil. I. WWF-Brasil. II. Série.

CDU: 621.3(81)

# Agenda Elétrica Sustentável 2020

Estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro  
eficiente, seguro e competitivo

Março/2007

2ª Edição



**WWF-Brasil**

SHIS EQ QL 06/08 Conjunto E 2º andar  
CEP71620-430 - Brasília - DF  
Fone: (61) 3364 7400 • Fax: (61) 3364 7474  
panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>

**Apoio:**





# SUMÁRIO

Agenda Elétrica Sustentável	1	
Sumário	5	
Lista de figuras e lista de tabelas	7	
Lista de siglas	8	
Equipe de execução	9	
Equipe técnica do WWF	10	
Prefácio	11	
Apresentação	12	
Sumário executivo	13	
1	Introdução	17
1.1	Por que fazer o estudo?	17
1.2	As lições aprendidas durante e depois do apagão de 2001	17
1.3	O que faz o estudo?	18
1.4	A estrutura do estudo	19
2	Metodologia e hipóteses	20
2.1	Metodologia	20
2.2	Hipóteses do estudo	22
2.2.1	Perspectiva de análise	22
2.2.2	Sobre o modelo de desenvolvimento econômico	22
2.2.3	Dados estatísticos e informações disponíveis	23
3	O cenário tendencial	23
3.1	O cenário socioeconômico	23
3.2	O Ano Base 2004	25
3.2.1	O consumo de eletricidade	25
3.2.2	A oferta de eletricidade	25
3.3	As projeções do cenário Tendencial: resultados	27
3.3.1	A demanda de eletricidade do cenário Tendencial	27
3.4	A oferta de eletricidade no cenário Tendencial	27
4	O cenário Elétrico Sustentável	28
4.1	Introdução: o papel da eficiência energética e das novas fontes renováveis	28
4.2	Capacidade instalada e geração de eletricidade	29
5	Eficiência energética	31
5.1	O potencial de redução da produção de eletricidade	31
5.1.1	Melhorias na operação do sistema interligado e re-potenciação de usinas hidrelétricas	31
5.1.2	Redução de perdas no sistema de transmissão e distribuição	32
5.1.3	Sistemas de co-geração e geração distribuída	32
5.1.4	Melhoria de eficiência de termelétricas	33
5.2	O potencial de redução do consumo de eletricidade	33
5.2.1	Motores	33
5.2.2	Iluminação	34
5.2.3	Aquecimento residencial de água	35
5.2.4	Equipamentos elétricos	36
5.3	Custo da conservação de eletricidade por uso final	37
6	Fontes renováveis	39
6.1	Introdução	39
6.2	As fontes de energia renovável	42
6.2.1	Bioenergia	42
6.2.2	Energia eólica	44
6.2.3	Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)	45

6.2.4	Energia solar fotovoltaica	46
6.3	A competência nacional em Pesquisa & Desenvolvimento na área de fontes renováveis	47
7	Benefícios	48
7.1	Introdução	48
7.2	Benefícios sociais: geração de empregos	49
7.3	Benefícios ambientais	51
7.3.1	Redução de áreas alagadas	51
7.3.2	Redução de emissões de poluentes	51
7.4	Benefícios econômicos	53
8	As barreiras	53
8.1	Introdução	53
8.2	Planejamento para a eficiência energética	55
8.3	Barreiras legais e regulatórias	55
8.4	Tarifas, impostos e preços de energia	56
8.5	Subsídios e barreiras financeiras	56
8.6	Barreiras tecnológicas e de infra-estrutura	57
8.7	Diversidade de atores e de expectativas	57
8.8	Falta de informação	58
9	Conclusões: o potencial do Brasil	59
10	Recomendações para políticas públicas	59
10.1	Leilões de eficiência energética	59
10.2	Padrões de eficiência energética	60
10.2.1	Equipamentos, setores produtivos e de serviços	60
10.2.2	Geração, transmissão e distribuição	60
10.3	Licitações tecnológicas de agências de governo	61
10.4	Metas para os resultados de investimentos em eficiência	61
10.5	Programa Nacional de Geração Distribuída (PROGEDIS)	61
10.6	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - segunda fase (PROINFA II)	62
10.7	Programa Nacional para a Energia Solar Térmica (PROSOLTER)	62
10.8	Reduzir os subsídios para as fontes convencionais	63
10.9	Disseminação constante de informações	63
	Referências	72

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Fluxograma de trabalho: metodologia de projeção da demanda e oferta de eletricidade para o cenário Tendencial e Elétrico Sustentável	21
Figura 2:	Geração de eletricidade segundo fontes de geração	26
Figura 3:	Capacidade Instalada (GW) para atender cenário Tendencial e Elétrico Sustentável	30
Figura 4:	Participação percentual das fontes de energia na geração de eletricidade: Ano Base, cenário Tendencial e cenário Elétrico Sustentável	30
Figura 5:	Potencial total de economia na geração de eletricidade em 2011 e 2020 (em TWh)	31
Figura 6:	Potencial de conservação por uso final (2020)	37
Figura 7:	Potencial estimado e custos de conservar energia (Elétrico Sustentável)	38
Figura 8:	Capacidade instalada para geração de eletricidade a partir de fontes renováveis (Ano Base, Tendencial e Elétrico Sustentável)	40
Figura 9:	Participação da capacidade instalada para geração de eletricidade a partir de fontes renováveis (Ano Base, Tendencial e Elétrico Sustentável)	40
Figura 10:	Projeção da geração de eletricidade a partir de fontes renováveis nos cenários Tendencial e Elétrico Sustentável	41
Figura 11:	Participação das fontes na geração de eletricidade: cenário Tendencial e cenário Elétrico Sustentável	42
Figura 12:	Emissões de CO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> para o ano base, cenário Tendencial e cenário Elétrico Sustentável (tCO <sub>2</sub> )	52
Figura 13:	Comportamento do preço das reduções de emissões para as três propostas analisadas - euro/tCO <sub>2</sub> e	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Parâmetros utilizados para projeção de variáveis socioeconômicas (2020)	24
Tabela 2:	Total de energia requerida para atender demanda em 2020 segundo cenário Tendencial (GWh)	27
Tabela 3:	Parâmetros básicos para o cenário de oferta (Tendencial 2020)	28
Tabela 4:	Resultados de acordo com os custos de conservar energia (Elétrico Sustentável 2020)	39
Tabela 5:	Centros de Referência relacionados a Energias Renováveis	48
Tabela 6:	Estimativa da geração de empregos para os cenários Tendencial e Elétrico Sustentável por fonte de geração de eletricidade	50
Tabela 7:	Resumo de opções políticas consideradas para o cenário Elétrico Sustentável	64
Tabela 8:	Alguns exemplos de programas de eficiência energética no mundo	68
Tabela 9:	Exemplos de programas de padrões de eficiência energética	70
Quadro 1:	Exemplos de programas de licitação para aquisição de tecnologia	70

## LISTA DE SIGLAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica  
ASA - Aquecedores Solares de Água  
BEN - Balanço Energético Nacional  
CCC - Conta de Consumo de Combustíveis  
CE - Companhias de Eletricidade  
CEC - Custo de Energia Conservada  
CEPEL - Centro de Pesquisa de Energia Elétrica  
CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono  
CONPET - Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural  
COPPE - Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia  
CTEnerg - Fundo Setorial de Energia  
EfE - Eficiência Energética  
EE - Energia Elétrica  
EERE - Energy Efficiency and Renewable Energy  
EIA - Estudo de Impacto Ambiental  
EPA - Environmental Protection Agency  
EPE - Empresa de Pesquisa Energética  
ESCO - Energy Service Company  
FC - Fator de Conservação  
FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos  
GCPS - Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos  
GEE - Gases de Efeito Estufa  
GLD - Gerenciamento do Lado da Demanda  
GW - Giga Watt  
HC - Hidrocarbonetos  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética  
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial  
IPCC - Painel Intergovernamental em Mudança do Clima  
kWh - Kilowatt/hora  
LED - Diodo de Emissão de Luz - Light-emitting Diode  
m/s - metros por segundo  
MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo  
MME - Ministério de Minas e Energia  
MWh - Megawatt/hora  
NAE - Núcleo de Assuntos Estratégicos  
NO<sub>x</sub> - Óxidos de Nitrogênio  
O<sub>2</sub> - Oxigênio  
OCDE - Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico  
ONG - Organização Não Governamental  
P&D - Pesquisa e Desenvolvimento  
PCH - Pequenas Centrais Hidrelétricas  
PDEE - Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica  
PIB - Produto Interno Bruto  
PIR - Planejamento Integrado de Recursos  
PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios  
PPT - Plano Prioritário de Termeletricidade  
PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia  
PRODEEM - Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios  
PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica  
SO<sub>x</sub> - Óxidos de Enxofre  
T&D - Treinamento & Desenvolvimento  
TWh - Terawatt/hora  
W - Watt

## **EQUIPE DE EXECUÇÃO**

### **Coordenadores e Instituições:**

Gilberto De Martino Jannuzzi

*Faculdade de Engenharia Mecânica – Unicamp e International Energy Initiative*

Ademar R. Romeiro

*Instituto de Economia – Núcleo de Economia Agrícola – Unicamp*

Conrado Augustus de Melo

*Faculdade de Engenharia Mecânica – Unicamp*

Diogo Takamori Barbosa

*Graduando em Ciências Econômicas – Unicamp*

Fabício José Piacente

*Doutorando Economia Aplicada, I de Economia – Unicamp*

Gheisa Esteves

*International Energy Initiative*

Herculano Xavier

*International Energy Initiative*

Herivelto Marcondes dos Santos

*International Energy Initiative*

José Luis dos Santos

*Instituto de Filosofia e Ciências Humanas – ICFH – Unicamp*

José Wagner Kaehler

*Grupo de Gestão de Energia – PUC/RS*

Kamyla Borges Cunha

*Faculdade de Engenharia Mecânica – Unicamp*

Oscar Quilodrán Alarcón

*Instituto de Economia – Núcleo de Economia Agrícola – Unicamp*

Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli

*Instituto de Economia – Núcleo de Economia Agrícola – Unicamp*

Paulo Santana

*International Energy Initiative*

Ricardo da Silva Manca

*International Energy Initiative*

Rodolfo Dourado Maia Gomes

*International Energy Initiative*

Sérgio Valdir Bajay

*Faculdade de Engenharia Mecânica – Unicamp*

**Equipe Técnica do WWF:**

Giulio Volpi  
*Rede WWF*

Karen Suassuna  
*WWF-Brasil*

Márcio Vilela  
*WWF-Brasil*

Mariana Ramos  
*WWF-Brasil*

Mauro Armelin  
*WWF-Brasil*

**Foto da Capa:**

Wobben Windpower  
*Divulgação*

**Ficha Catalográfica:**

Iza Antunes Araujo  
*CRB-1/079*

**Editoração Eletrônica:**

Áttema Design Editorial  
*www.attema.com.br*

## PREFÁCIO

Com os preços do petróleo e do gás natural atingindo recordes e com preocupações crescentes a respeito do futuro da oferta de energia, a segurança energética ganhou posição de destaque no debate político ao redor do planeta, inclusive no Brasil. Entretanto, não haverá nenhuma segurança energética real, caso não exista um meio ambiente estável e seguro, e tal ponto é particularmente verdadeiro quando considerado os efeitos nefastos das mudanças climáticas.

Novos e mais robustos consensos científicos mostram que estaremos diante de sérios riscos, se as temperaturas globais ultrapassarem o patamar de 2°C acima dos níveis pré-industriais. Vários povos ao redor do globo já sentiram os efeitos, mesmo com um aumento de temperaturas acima de somente 0,7°C – tempestades mais fortes e freqüentes, derretimento de geleiras, ondas de calor e secas.

Tais eventos podem ter enormes implicações para a economia e a segurança, incluindo quebras de safra em áreas chaves da produção de alimentos, tensões interfronteiriças por causa de recursos, movimentos em massa de refugiados “ambientais”, gasto de bilhões de dólares necessários para enfrentar os desastres naturais e a redução da energia ofertada pelas hidrelétricas. Para mitigar tais riscos, serão necessárias políticas efetivas que reduzam as mudanças climáticas antes das emissões de carbono aumentarem a tal ponto de tornar muito difícil sua reversão.

Ultrapassar o patamar de 2°C é perigoso. Todos os países precisam agir para prevenir o problema, de acordo com o princípio encontrado no Protocolo de Quioto de responsabilidades comuns, porém diferenciadas. Todos sabemos que para os países industrializados, responsáveis pela maioria das emissões históricas de carbono, a responsabilidade – e em última instância, a obrigação – está clara. Para países em rápido desenvolvimento, como o Brasil, é imperativo que ações focadas na redução das emissões de carbono – ou descarbonização – não comprometam a redução da pobreza e do desenvolvimento.

Como mostramos, no estado de São Paulo, uma região do tamanho da França, altamente urbanizada e com 40 milhões de habitantes, separar desenvolvimento econômico, que atinge em média 5% de crescimento do PIB ao ano, do aumento das emissões de gases de efeito estufa, não só foi possível, como também benéfico. Isso foi resultado de um número variado de iniciativas, como o uso de etanol e incentivos ao uso de sistemas de transporte público, desenvolvidas com objetivos outros que as mudanças climáticas.

Esta publicação – produto do compromisso e esforço de uma coalizão inovadora de grupos ambientalistas, de consumidores e da indústria, liderada pelo WWF-Brasil – é uma importante contribuição para o debate brasileiro sobre segurança energética e climática. O estudo demonstra que, com uma política mais agressiva em eficiência e implementação de mais fontes de energia renovável, como biomassa e eólica, o Brasil pode incrementar sua segurança energética, gerar milhões de postos de trabalho, enquanto contribui com os esforços globais contra as mudanças climáticas.

Este trabalho também apresenta uma proposta concreta para futuras reduções de emissões setoriais, as quais o Brasil poderia considerar em um contexto de negociações de futuras ações sobre o clima. É o tipo de proposta que o Brasil precisa para continuar e reafirmar sua liderança no combate às mudanças do clima.

**Prof. Dr. José Goldemberg**

*Doutor em Física, Professor da Universidade de São Paulo  
Secretário de Meio Ambiente do Estado de São Paulo*

## APRESENTAÇÃO

No último leilão de energia, ocorrido em dezembro de 2005, o Brasil começou a negligenciar a imagem “limpa” de sua matriz energética. Na ocasião, 70% da energia disponível foram vendidos para termelétricas movidas a combustíveis fósseis. As escolhas que serão tomadas no setor brasileiro de energia elétrica nos próximos 15 anos serão cruciais à segurança energética nacional, ao desenvolvimento econômico e social e à proteção ambiental do país. O Brasil é referência nas negociações internacionais sobre energias renováveis e mudanças do clima. Entretanto, se as decisões tomadas sobre o setor elétrico forem equivocadas, podem levar o país a colocar-se na contramão de acordos e esforços globais, tais como o Protocolo de Quioto.

Para que o país continue protagonizando esse papel, o WWF-Brasil, em parceria com uma coalizão de associações de produtores e comerciantes de energias limpas, grupos ambientais e de consumidores, encomendou um estudo a pesquisadores da Unicamp - Universidade Estadual de Campinas e do *International Energy Initiative*. O resultado apresentado é este relatório, que faz uma análise ambiciosa, porém realista, do potencial energético brasileiro, para suprir, de modo menos impactante e menos dependente em carbono, as necessidades elétricas do Brasil até 2020. Este estudo faz parte da iniciativa internacional denominada ‘PowerSwitch’, que a rede WWF está implementando em mais de 16 países.

O trabalho compara dois cenários: um deles segue as tendências atuais, o cenário Tendencial, e o outro almeja a sustentabilidade, o cenário Elétrico Sustentável. Ambos assumem as mesmas hipóteses de crescimento e condições socioeconômicas da população. Eles diferem, porém, nos modelos energéticos adotados, uma vez que o cenário Elétrico Sustentável prevê políticas de planejamento mais agressivas, maior eficiência na geração e na transmissão de energia, racionalidade no consumo e uma maior utilização de fontes renováveis para a produção de eletricidade.

Se o cenário Elétrico Sustentável for aplicado no Brasil com as medidas de eficiência energética, em 2020 haverá redução da demanda esperada de energia elétrica em até 38%. Em termos práticos, essa energia corresponde à geração evitada de 60 usinas nucleares de Angra III, 14 hidrelétricas de Belo Monte ou 6 hidrelétricas de Itaipu. Isso significa uma economia de até R\$ 33 bilhões na conta nacional de eletricidade até o ano 2020, afetando diretamente o bolso do cidadão brasileiro. Além disso, haverá a redução de sete vezes da área inundada planejada para a construção de reservatórios de hidrelétricas, o que diminuirá os impactos sobre as populações tradicionais e a biodiversidade nacional.

Para a economia do país, o cenário Elétrico Sustentável é excelente, pois irá gerar 8 milhões de novos postos de trabalho com a geração de eletricidade por fontes renováveis, como biomassa, eólica, solar e pequenas hidrelétricas. Elas serão responsáveis por 20% da geração total de eletricidade no país, o que garantirá a estabilização das emissões de dióxido de carbono e de óxido de nitrogênio, principais gases causadores do efeito estufa, em um patamar próximo ao de 2004. O cenário Elétrico Sustentável poderia reduzir 413 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> acumuladas durante o período 2004-2020, superando a marca de 403 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas pelo Programa Proálcool, entre 1975 e 2000.

É por meio deste esforço coletivo, que o WWF-Brasil e seus parceiros querem demonstrar que é possível para o Brasil chegar a 2020 com a demanda de energia elétrica necessária para o crescimento do país atendida, mais empregos, mais tecnologias limpas e sustentáveis, mais economia para os cidadãos e uma matriz energética mais limpa. Ao mesmo tempo, impactos socioambientais e riscos energéticos na forma de novos apagões serão minimizados.

**Denise Hamú**

*Secretária-Geral, WWF-Brasil*

## SUMÁRIO EXECUTIVO

Esse estudo busca explorar um cenário até 2020 para o setor elétrico brasileiro de maneira a atingir vários objetivos políticos, dentre eles, aumentar a segurança do suprimento de eletricidade, desenvolver inovações tecnológicas, baixar os custos para os consumidores finais, gerar empregos e reduzir os impactos sócio-ambientais. Esse cenário de sustentabilidade é possível de ser atingido através de políticas agressivas de planejamento energético que têm como objetivo promover maior eficiência energética e maior utilização de fontes renováveis para a geração de eletricidade. Os autores chamam esse cenário de Elétrico Sustentável. Para efeito de referência, foi também desenvolvido um outro cenário chamado Tendencial, que procura representar a evolução do setor elétrico segundo as projeções oficiais disponíveis no país.

O cenário Elétrico Sustentável demonstra o potencial de aumento da eficiência do setor elétrico e a possibilidade de dobrar a participação de fontes renováveis (biomassa, energia eólica, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e solar térmica e fotovoltaica), em relação ao cenário Tendencial, reduzindo os gastos energéticos em até 38% das necessidades de eletricidade em 2020. Isso é possível por meio de uma combinação de esforços para reduzir o consumo e promover o uso racional de eletricidade e pela introdução mais expressiva de fontes renováveis em substituição a fontes fósseis para a geração de eletricidade. Maior eficiência energética, especialmente no lado da demanda, é uma estratégia essencial para permitir economia de recursos e possibilitar uma substituição de fontes fósseis e o fim da construção de grandes usinas hidrelétricas.

O cenário Elétrico Sustentável apresenta uma redução da taxa de crescimento da expansão da capacidade instalada para a geração de eletricidade. Enquanto o cenário Tendencial requer 204 mil megawatts (MW) de capacidade instalada (ou um crescimento anual de cerca de 5% ao ano de 2004 até 2020), o cenário Elétrico Sustentável requer uma capacidade total de 126 mil MW (um crescimento de 2% ao ano no mesmo período). As economias estimadas representam 293 TWh de eletricidade poupada no ano 2020, equivalente a cerca de 75% do consumo total em 2004. A participação de fontes fósseis para a geração de eletricidade, que, em 2004, representava 18% da capacidade instalada do país no cenário Tendencial, atinge 25% da capacidade em 2020. Entretanto, o cenário Elétrico Sustentável propõe sua redução para 14% do total da capacidade instalada projetada.

O cenário Elétrico Sustentável tampouco necessita ser mais caro que o cenário Tendencial. Mesmo considerando gastos adicionais para a maior participação de fontes renováveis (que mesmo em 2020 deverão ser mais caras que as fontes convencionais), o cenário Elétrico Sustentável possibilita uma economia de 12% de gastos para o atendimento dos serviços de energia através de medidas de eficiência energética. Isso representa cerca de R\$ 33 bilhões que deixam de ser gastos até o ano de 2020 para gerar, transmitir e distribuir eletricidade no país.

Através da redução do desperdício da energia e do aumento da participação de novas fontes renováveis, este cenário evitará a implantação de mais de 74 mil MW no sistema elétrico nacional, o que corresponderia a aproximadamente 57 Angras III, ou 14 Belo Montes, ou seis Itaipus, ou sete vezes a capacidade instalada que o Plano Decenal de Expansão 2006-2015 planeja dentro de 10 anos para a região amazônica. Com isso, os potenciais conflitos sócio-ambientais ligados à expansão de hidroeletricidade na Amazônia serão reduzidos.

Existem também importantes benefícios adicionais decorrentes desse cenário Elétrico Sustentável no que se refere à geração de empregos, à preservação de biodiversidade e à redução das emissões poluentes. Somente considerando as oportunidades de maior utilização das fontes renováveis, é possível estimar que cerca de 3,5 milhões de novos empregos diretos e indiretos serão acrescentados àqueles já associados com o cenário Tendencial, totalizando 8 milhões de novos postos de trabalho gerados sob o cenário Elétrico Sustentável. Esse número não inclui novos empregos que devem certamente surgir através de maiores investimentos em eficiência energética, sejam empregos diretos ou indiretos.

A redução da expansão de hidrelétricas no cenário Elétrico Sustentável tem como consequência a diminuição da área necessária para reservatórios, reduzindo os impactos sobre a biodiversidade. Embora cálculos de área inundada sejam extremamente dependentes da localização geográfica e porte dos empreendimentos, estimamos que a expansão associada ao cenário Elétrico Sustentável implique em uma área inundada sete vezes menor que aquela necessária para a capacidade instalada de hidrelétricas e PCHs do cenário Tendencial.

As emissões de CO<sub>2</sub> praticamente se estabilizam na faixa de 20 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). As emissões de óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) poderiam passar de 25 mil tNO<sub>x</sub> em 2004 para 26 mil tNO<sub>x</sub> no ano 2020, no cenário Elétrico Sustentável, mas poderiam atingir 77 mil toneladas em 2020 no cenário Tendencial. Caso fossem comercializados os créditos de carbono obtidos com o cenário Elétrico Sustentável a um custo internacional projetado para 2020 de 32 euros/tonCO<sub>2</sub>, haveria ainda um crédito de R\$ 5,6 bilhões em 2020 (ou cerca de 2% do custo total do cenário Elétrico Sustentável). Se forem consideradas as emissões acumuladas durante o período 2004-2020, o cenário Elétrico Sustentável totaliza 413 milhões de toneladas evitadas de CO<sub>2</sub>, superando a marca de 403 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas pelo Programa Proálcool entre 1975 e 2000. Tal economia poderia significar uma receita acumulada de R\$ 47,5 bilhões durante este período.

Para tornar real o cenário Elétrico Sustentável, é necessário que o governo aprove e programe um plano estratégico para um setor elétrico mais eficiente e inovador, de modo a promover a implantação efetiva das medidas de eficiência de energia, bem como maior utilização de fontes renováveis. Tal plano deve incluir as nove medidas abaixo:

## **1. LEILÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Leilões de eficiência energética devem ser implementados, ou seja, deve-se determinar uma certa quantidade de energia a ser conservada (e/ou a potência retirada) e a sua respectiva comercialização, que poderá ser feita através de órgão independente ou agência de governo, por exemplo. Essa é uma maneira alternativa de se viabilizar, através de agentes de mercado, a consecução de medidas que poupem energia nos setores de oferta e usos finais. Referente aos usos finais, permitirá o desenvolvimento de companhias de serviços de eficiência energética, em relação ao setor de oferta, alavancará a recuperação de usinas hidrelétricas mais antigas através de repotenciação. Estas medidas de eficiência terão um potencial de cerca de 290 TWh em 2020 a um custo inferior ao da tarifa que seria praticada naquele ano. Ademais, deve se considerar que os leilões poderão atrair agentes do mercado

para viabilizar, pelo menos, 15% desse potencial.

## **2. PADRÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

A Lei de Eficiência Energética deve ter sua implementação priorizada, por meio de aprovação acelerada de padrões de desempenho energético para equipamentos com índices mais agressivos de redução de consumo. Em complementação aos padrões de desempenho para os equipamentos, é preciso promover tecnologias e processos mais eficientes em toda a cadeia produtiva. Portanto, o governo deve aprovar patamares de eficiência energética para todos os setores produtivos, priorizando os setores energointensivos, iniciando pelos segmentos mais ineficientes e com maior potencial de redução. A implementação dos patamares deve ser viabilizada a princípio com incentivos, e posteriormente com multas ou punições, caso o patamar não seja atingido. Além disso, padrões técnicos mandatórios e aplicação de recursos de Pesquisa & Desenvolvimento deverão fazer parte de políticas dirigidas para redução de perdas técnicas de transmissão e distribuição.

## **3. LICITAÇÕES TECNOLÓGICAS**

O setor público representa cerca de 10% do consumo total de eletricidade. Estas agências têm a possibilidade de especificar padrões de desempenho que, por sua vez, estimularão fabricantes a desenvolver e oferecer o produto para atender a essa demanda. Esse tipo de iniciativa é importante principalmente quando está relacionada com novas tecnologias ainda não introduzidas em escala significativa no mercado.

## **4. METAS PARA INVESTIMENTOS EM EFICIÊNCIA**

Os investimentos compulsórios das empresas de eletricidade em seus programas de eficiência energética e Pesquisa & Desenvolvimento, além do Fundo Setorial de Energia (CTEnerg), estimados em cerca de R\$ 400 milhões/ano, precisam ser melhor coordenados para garantir a maximização de benefícios sociais. Portanto, é necessário definir metas para os resultados de investimentos em eficiência, melhorar a capacidade de monitoramento, verificação e avaliação de resultados em termos de MWh conservados e MW evitados que são obtidos através da aplicação desses recursos.

## **5. PROGRAMA NACIONAL DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (PROGEDIS)**

O governo deverá implementar um Programa Nacional de Geração Distribuída, onde estejam previstos incentivos estáveis, transparentes e que permitam o aproveitamento do potencial destas tecnologias. Considerando o grande potencial da co-geração a partir da cana-de-açúcar, critérios e metodologias de valoração, utilizados no âmbito dos leilões de energia nova, deverão estar inclusos nos processos de audiências públicas prévias.

## **6. PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA - SEGUNDA FASE (PROINFA II)**

O anúncio e implementação de uma segunda fase do PROINFA tem como objetivo garantir 10% da produção de eletricidade a partir de fontes renováveis, até 2010, e chegar a 20% em 2020. O funcionamento do programa de forma menos burocrática, mais transparente e adaptado às necessidades dos produtores das energias renováveis seria um grande ganho para esta segunda fase. É essencial que se garantam incentivos econômicos para este programa, juntamente com o Programa Nacional de Geração Distribuída, onde poderão ser alocados parte dos recursos economizados com a geração evitada de eletricidade, através dos Programas de Eficiência Energética, de modo a não transferir aumento de tarifas aos consumidores.

## **7. PROGRAMA NACIONAL PARA A ENERGIA SOLAR TÉRMICA (PROSOLTER)**

Para aproveitar de maneira efetiva o grande potencial da energia solar térmica no Brasil, é necessário um programa nacional para essa fonte de energia limpa e barata. Tal programa deve incluir metas de desenvolvimento, oferta de incentivos para o financiamento aos consumidores finais e incentivos fiscais, como por exemplo, redução de impostos. As populações de baixa renda podem ser especialmente beneficiadas através de tais medidas. É essencial que se destaque a necessidade de obrigações de instalação em novos edifícios. Cerca de 9% do total das economias de energia do cenário Elétrico Sustentável são decorrentes da implantação de um programa nacional para atingir quase um terço dos domicílios do país em 2020.

## **8. REDUÇÃO DOS SUBSÍDIOS PARA AS FONTES CONVENCIONAIS DE ENERGIA**

Os subsídios aos combustíveis fósseis favorecem o desperdício de eletricidade e dificultam a inserção de fontes renováveis na matriz elétrica do país. É necessária uma redução e eventual eliminação de tais subsídios, como, por exemplo, a Conta de Consumo de Combustíveis (CCC) que distorce o mercado em favor de combustíveis fósseis como carvão e diesel. Entretanto, deverá haver um tratamento diferenciado entre a utilização dos recursos da CCC para o sistema interligado e sistemas isolados. Para o ano de 2006, mais de R\$ 4,5 bilhões serão gastos com a CCC, 10 vezes mais que o valor dos investimentos compulsórios das empresas de eletricidade em programas de eficiência energética.

## **9. DISSEMINAÇÃO CONSTANTE DE INFORMAÇÃO**

Embora o país tenha desenvolvido programas de informação, seja através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), do Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e das próprias companhias de energia, é necessário manter continuidade e regularidade na disseminação de informações atualizadas sobre tecnologias de energia e maneiras mais eficientes de sua utilização. Ainda existem barreiras significativas, em especial para difusão de tecnologias de usos térmicos de energia solar, nos setores residencial, industrial e em edifícios.

# 1 • INTRODUÇÃO

## 1.1 • POR QUE FAZER O ESTUDO?

No último leilão de energia, ocorrido em dezembro de 2005, percebeu-se que o Brasil tem negligenciado a imagem “limpa” de sua matriz energética, com o risco de comprometer o papel de referência que tem assumido nas negociações sobre energias renováveis e mudanças do clima, colocando-se na contramão dos acordos e esforços globais, como o Protocolo de Quioto. Nesse leilão, 70% da energia disponível foi vendida para termelétricas movidas a combustíveis fósseis (como óleo diesel, carvão e gás natural), somando um total de 3.286 MW - o que representa um aumento de 2,8% do total de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) do Brasil e de 11% do total de emissões de CO<sub>2</sub> do setor elétrico. No entanto, é reconhecida a crescente dificuldade para a expansão de empreendimentos hidrelétricos, especialmente, devido a dificuldades no atendimento de requisitos legais de proteção às populações tradicionais, terras indígenas, quilombolas e ao meio ambiente.

Nesse contexto, é inquestionável que uma expansão mais lenta dos empreendimentos do setor elétrico, sem prejuízo ao atendimento da demanda de serviços, contribuirá para a diminuição dos impactos ambientais e sociais, associados às usinas hidrelétricas ou termelétricas especialmente em nível local. Uma expansão do setor energético fundamentada na eficiência energética e na ampliação do uso de recursos renováveis também possibilitará economia de recursos financeiros importantes que poderão ser destinados a outros setores e garantirá a segurança do sistema de fornecimento de energia pela diversificação da matriz energética, garantindo a redução de risco de déficit hidrológico, como o que levou o país à necessidade de racionalização no uso de energia elétrica em 2001 e 2002.

Além disso, o controle e a estabilização de emissões de CO<sub>2</sub> são hoje alguns dos motivadores para se repensar a trajetória de investimentos e práticas relacionadas ao setor de eletricidade internacionalmente. Em particular para o Brasil, por um lado, o tema de mudanças climáticas vai se tornando mais relevante, na medida em que sua contribuição para o aumento das emissões antrópicas de gases de efeito estufa é cada vez mais expressiva e, por outro lado, aumenta a percepção da vulnerabilidade do país frente aos prováveis impactos de mudanças do clima, como alteração de regime de chuvas, alterações ambientais e sócio-econômicas mais abrangentes. É também interessante desenvolver um esforço no país de preparação para o período pós-Quoto (2012), caso exista algum tipo de compromisso por parte do Brasil em atender às metas de redução ou estabilização de emissões. Será importante verificar qual é a contribuição potencial que o setor elétrico, em particular, poderá oferecer.

## 1.2 • AS LIÇÕES APRENDIDAS DURANTE E DEPOIS DO APAGÃO DE 2001

Ainda está na memória de grande parte dos brasileiros que, na época de crise do apagão, a eficiência energética foi o carro-chefe das ações para controle da demanda de eletricidade. Foi uma demonstração do potencial existente e um aprendizado coletivo sobre melhores hábitos de consumo e tecnologias. A crise teve também um grande papel pedagógico e muitos consumidores realmente mudaram seu patamar de consumo trocando equipamentos e usando mais energia solar, por exemplo.

O segmento residencial foi um dos setores que mais contribuiu para o sucesso do racionamento, sendo a maior redução em termos percentuais, se forem considerados os períodos durante e posterior ao racionamento. O consumo que apresentava média, nos cinco primeiros meses do ano de 2001, de 7.275 GWh, teve redução no segundo semestre do mesmo ano para 5.221 GWh, resultando em uma retração de consumo de 28,2%. A economia de energia no país durante o racionamento foi de 46.794 GWh, ou 23,8%, mas a redução de consumo não ficou restrita ao período de racionamento, permanecendo expressiva, mas em menor intensidade logo após o seu término.

Durante a crise, o governo promulgou várias Resoluções e Decretos que visavam incentivar a geração de energia elétrica e também a geração por fontes alternativas. Houve na época a preocupação de criar subsídios para viabilizar a implantação de 1.050 MW, até dezembro de 2003, de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica, integrada ao Sistema Elétrico Interligado Nacional. A Lei 10.438 instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de produtores independentes autônomos, concebidos com base em fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e biomassa no Sistema Elétrico Interligado Nacional. Outra alteração importante na legislação foi a aprovação da Lei de Eficiência Energética, que tem como objetivo estabelecer índices de consumo máximo de equipamentos comercializados no país.

Outros fatores que contribuíram para a retração do consumo foram: aumentos nas tarifas de energia elétrica, ocorridas em dezembro de 2001; redução de impostos sobre equipamentos com maior eficiência energética e aumento de impostos para equipamentos de menor eficiência. O apagão de 2001-2002 teve o benefício de ter sido uma demonstração concreta das possibilidades e do impacto das medidas de conservação e de eficiência energética.

## OS ESFORÇOS DE LUTA CONTRA O DESPERDÍCIO ENERGÉTICO

O Brasil tem desenvolvido esforços para conservar e usar energia elétrica de maneira mais eficiente desde 1985, quando foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Outra demonstração de interesse e apoio público foi verificada em 1998, quando a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabeleceu a obrigatoriedade das concessionárias investirem anualmente uma parcela de sua receita em programas de eficiência energética. Dois anos mais tarde, a Lei Federal 9.991/00 aprimorou a destinação de recursos para eficiência energética, restringindo suas aplicações para usos finais junto aos consumidores das concessionárias e criando um Fundo Setorial de Energia (CTEnerg). O CTEnerg deve investir em programas de eficiência energética de interesse público, complementando os investimentos realizados pelas concessionárias de distribuição que são, na sua maioria, empresas privadas. O Brasil ganhou a configuração de um país urbano e industrializado ao longo das últimas décadas, mas ainda marcado por profundas desigualdades econômicas, regionais e sociais. O país tem hoje mais de 180 milhões de habitantes.

### 1.3 • O QUE FAZ O ESTUDO?

Esse estudo busca explorar um cenário de baixos impactos socioambientais de grandes benefícios econômicos e tecnológicos, considerado possível de ser atingido através de políticas claras e planejamento que tenham o objetivo de promover maior eficiência energética e maior utili-

zação de fontes renováveis para geração de eletricidade. O WWF-Brasil chama esse cenário de Elétrico Sustentável, que é confrontado com o cenário Tendencial.

O cenário Elétrico Sustentável prioriza tecnologias e práticas que buscam:

- Redução de impactos ambientais causados pelo setor elétrico;
- Redução de conflitos sociais causados por novas plantas geradoras de energia;
- Maior eficiência energética;
- Redução dos gastos de eletricidade dos consumidores;
- Redução da necessidade de expansão de capacidade instalada de tecnologias convencionais;
- Aumento da oferta de energia de maneira descentralizada;
- Maior espaço para fontes renováveis;
- Preservação ambiental.

#### **1.4 • A ESTRUTURA DO ESTUDO**

Visando cumprir os objetivos expostos, esta publicação foi estruturada em oito capítulos, conforme a seguir delineados:

- Metodologia e parâmetros: apresenta as metodologias, os modelos e os parâmetros usados na elaboração dos cenários prospectivos;
- Cenário Tendencial: apresenta os resultados obtidos com a simulação do cenário Tendencial, particularmente no que toca ao comportamento de demanda de eletricidade e custos correlatos, à participação das fontes renováveis na oferta e ao estado das emissões de poluentes e CO<sub>2</sub>;
- Cenário Elétrico Sustentável: apresenta os resultados obtidos e seus impactos na demanda de energia e na participação de fontes renováveis (lado da oferta), além da estimativa de emissões de poluentes e CO<sub>2</sub>;
- Potencial de eficiência energética. A respeito do lado da oferta, são destacadas medidas de redução de perdas na transmissão e distribuição elétricas, co-geração, geração distribuída, repotenciação de usinas hidrelétricas e novas plantas de geração mais eficientes. Quanto à demanda, o potencial de eficiência energética é avaliado por setor, considerando os equipamentos de uso final;
- Energias renováveis: destaca os potenciais de uso de biomassa, energia eólica, energia solar térmica e fotovoltaica, e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs);
- Benefícios: delinea os impactos positivos da aplicação do cenário Elétrico Sustentável nos âmbitos econômico, social (criação de emprego) e ambiental;
- Conclusões: resume as principais conclusões do estudo e são destacados os potenciais do Brasil para realizar o cenário Elétrico Sustentável;
- Recomendações de políticas públicas: sugere políticas e diretrizes necessárias à efetivação do cenário Elétrico Sustentável, incluindo análise de custos correlatos.

Os anexos técnicos são apresentados em separado e trazem maiores detalhes sobre metodologia desenvolvida, cálculos e hipóteses assumidas para a elaboração deste trabalho.

## 2 • METODOLOGIA E HIPÓTESES

### 2.1 • METODOLOGIA

A metodologia empregada para este estudo segue os princípios do PIR (Planejamento Integrado de Recursos), que é um processo de planejamento onde se procura investigar opções técnicas e economicamente viáveis tanto do lado da oferta, como da demanda de energia (REDDY, D'Sa *et al.* 1995a; REDDY, D'Sa *et al.* 1995b; Jannuzzi e Swisher 1997; D'Sa 2005).

Especial esforço foi empregado na realização de estimativas de consumo de eletricidade nos diversos usos finais dos três setores de consumo estudados. A análise PIR implica a consideração de três tipos de potenciais para eficiência energética e fontes renováveis: o potencial técnico, o potencial econômico e o potencial de mercado<sup>1</sup>. No presente trabalho, as estimativas são feitas para o potencial técnico, mas assumindo hipóteses relativamente conservadoras devido a limitações de informações.

Foram estimados também os custos de fornecimento de eletricidade para 2020 e para as fontes consideradas, assim como os custos das medidas de eficiência energética consideradas para os usos finais dos setores estudados. As estimativas de demanda de eletricidade para os três setores considerados foram feitas a partir dos principais usos finais de energia. Para os setores industrial e comercial, utilizou-se uma fórmula do tipo:

$$(E/E_0) = (Y/Y_0)^{\text{alfa}} \cdot FC \quad \text{Equação}$$

Onde **E** é a demanda de eletricidade no ano 2020 para determinado setor e uso final; **E<sub>0</sub>** é a quantidade de eletricidade consumida em 2004; **Y** é o valor do PIB em 2020 e **Y<sub>0</sub>** em 2004; **FC** denota o fator de conservação assumido para o setor/uso final considerado.

O expoente **alfa** é a chamada elasticidade eletricidade-PIB, utilizada considerando valores passados e também as expectativas futuras da relação do consumo de eletricidade para cada uso final e o crescimento do PIB.

O fator de conservação **FC** é baseado em informações técnicas, estimativas de mercado encontradas na literatura e estimativas dos autores para cada setor/uso final considerado. Esse fator leva em consideração a evolução histórica do crescimento da demanda e o potencial técnico de conservação. Foram consideradas as oportunidades de eficiência usando as tecnologias mais eficientes disponíveis no mercado nacional, que apresentaram custos menores que a tarifa média estimada para 2020 para os consumidores brasileiros.

As projeções foram realizadas para cada um dos três setores: comercial e público residencial, industrial), considerando os principais usos finais e sub-setores<sup>2</sup>. A oferta foi calculada a partir da demanda requerida e, assumindo para cada cenário, hipóteses correspondentes

<sup>1</sup> Para maiores detalhes e definições, ver capítulo 2, em Jannuzzi e Swisher (1997).

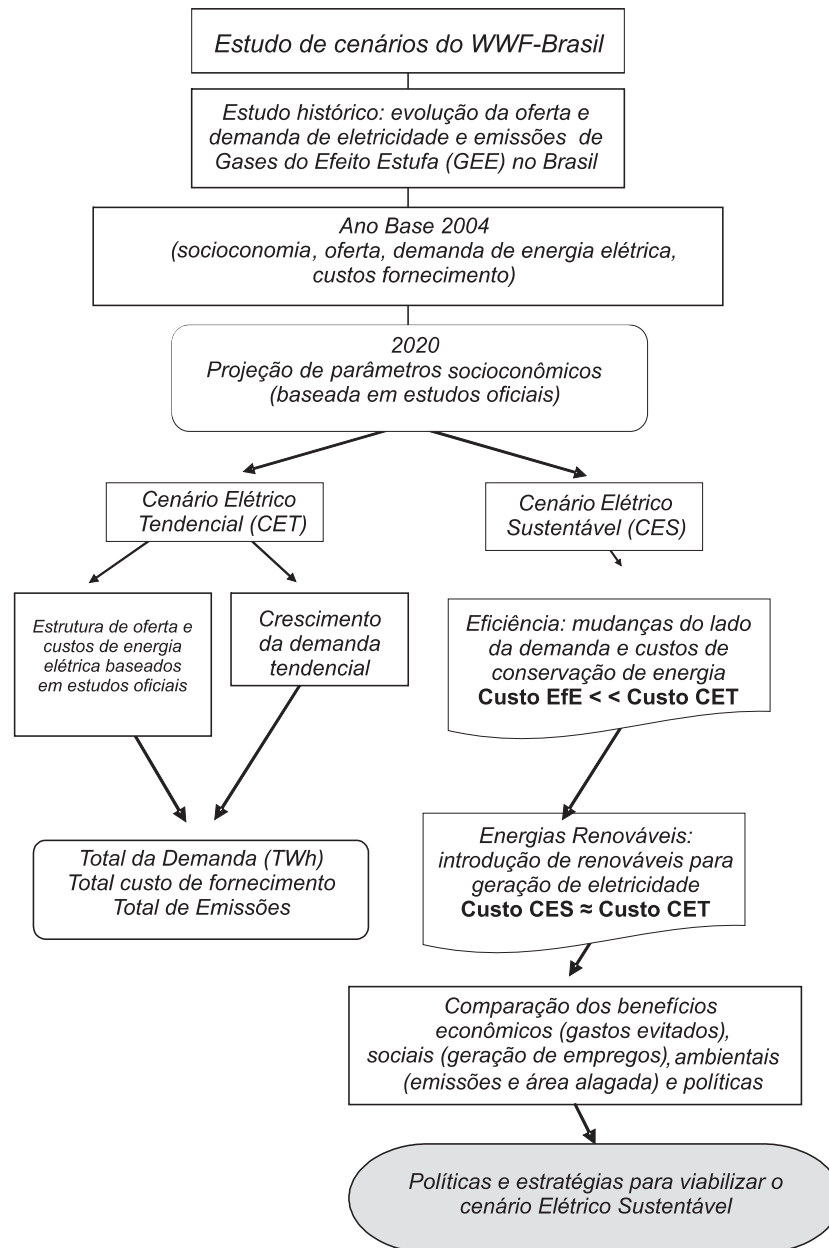
<sup>2</sup> Para o setor residencial foram consideradas três classes de renda; para o setor comercial e público foram considerados os consumidores em alta tensão e baixa tensão, e para o setor industrial foram feitas considerações distintas para o setor elétrico-intensivo e demais indústrias.

que são apresentadas nas seções a seguir. Foram consideradas diferentes opções de redução de perdas técnicas, repotenciação<sup>3</sup> de usinas e diferente estrutura de oferta.

A Figura 1 apresenta o fluxograma da metodologia de trabalho e detalha os principais parâmetros utilizados para as projeções de demanda de eletricidade.

Este estudo desenvolveu um cenário sócio-econômico único e dois cenários de energia: o Elétrico Sustentável e o Tendencial. Os capítulos onde são apresentados os cenários Tendencial (capítulo 3) e Elétrico Sustentável (capítulos 4, 5 e 6) explicam os procedimentos adotados

**Figura 1:** Fluxograma de trabalho: metodologia de projeção da demanda e oferta de eletricidade para os cenários Tendencial e Elétrico Sustentável



<sup>3</sup> Repotenciação é toda melhoria introduzida em uma instalação existente com o objetivo de recuperar a potência e rendimento original de uma usina.

para as projeções de eletricidade. As projeções dos parâmetros socioeconômicos foram feitas baseadas em documentos oficiais e estão apresentadas no capítulo 3.

## **2.2 • HIPÓTESES DO ESTUDO**

### **2.2.1 • PERSPECTIVA DE ANÁLISE**

O setor energético envolve uma complexa rede de fornecedores, empresas geradoras, transmissoras, distribuidoras e comercializadoras de eletricidade. O desenvolvimento de propostas para atender os interesses dessa diversa gama de agentes não é objetivo deste trabalho, embora seja reconhecida a importância de incluir uma avaliação que contemple essas outras perspectivas. Para isso seriam necessárias maiores informações, por exemplo, sobre custos de geração, transmissão e distribuição, detalhes sobre despacho de energia, que só seriam possíveis através de modelagem mais complexa e maior acesso aos sistemas de informação do setor elétrico<sup>4</sup>.

A intenção deste trabalho é fornecer elementos para valorizar a perspectiva da sociedade (em particular dos pequenos consumidores). As avaliações sobre custo-benefício são, portanto, desenvolvidas a partir da ótica do consumidor de energia. Por exemplo, os cálculos consideram tarifas médias para consumidores; os investimentos consideram taxas de desconto maiores que aquelas consideradas pelo setor energético e setor público<sup>5</sup>. Neste trabalho, consideram-se os custos de fornecimento de eletricidade como sendo correspondentes aos valores das tarifas cobradas aos consumidores finais. Desse modo, será possível fazer uma correspondência com os custos de conservar eletricidade no ponto de uso final. Em 2004, a tarifa média cobrada no país era de R\$ 197,25/MWh (em julho de 2005, a média nacional era de R\$ 230,00/MWh).

### **2.2.2 • SOBRE O MODELO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**

É fato que a taxa de crescimento da evolução do consumo de eletricidade vem se mostrando superior à do Produto Interno Bruto (PIB) e do próprio consumo total de energia do país. Isso significa uma maior intensidade de energia elétrica por unidade de PIB no Brasil (kWh/R\$). Alterações mais expressivas nesses indicadores dependerão de mudanças nas políticas de desenvolvimento econômico e social, em particular na distribuição de renda e na política industrial. Não é objetivo do presente trabalho propor cenários alternativos de desenvolvimento econômico para o futuro. Procura-se sim, explorar algumas oportunidades de redução da relação eletricidade-PIB através de medidas mais agressivas de eficiência energética e verificar seu potencial, mesmo assumindo a manutenção do modelo de desenvolvimento proposto nas projeções oficiais.

De qualquer maneira, é importante reconhecer a necessidade de uma mudança significativa nos padrões de produção e consumo de energia (não só elétrica) para fazer frente aos enormes desafios

---

<sup>4</sup> Na verdade, órgãos do MME estão mais aparelhados para esse tipo de análise. A pretensão aqui não é competir com as análises que devem ser feitas pelo MME e outros órgãos, mas sim oferecer uma visão complementar e alternativa para poder contribuir para melhor discussão das prioridades e necessidades de eletricidade do país no horizonte do estudo.

<sup>5</sup> A título de ilustração de outros trabalhos onde as diferentes perspectivas citadas são contempladas: Gadgil e Jannuzzi (1991); Jannuzzi e Pagan (2000); Jannuzzi e Pereira (1994); Jannuzzi e Santos (1998). Maiores detalhes sobre os cálculos são apresentados no documento de anexos técnicos.

dos impactos econômicos e socioambientais associados. Entendemos que tal mudança somente é possível através de uma substancial alteração do modelo econômico existente com novos modos de produção, industrialização, urbanização e sistemas de transporte; um modelo que não incentive o crescimento de setores energo-intensivos, como tem sido a ênfase desde a década de 70 no Brasil.

### 2.2.3 • DADOS ESTATÍSTICOS E INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS

A consciência de que transformações importantes ocorreram, especialmente no estoque e regime de operação de tecnologias de uso final e que ainda não estavam consolidadas em levantamentos estatísticos recentes à nossa disposição<sup>6</sup>, sugeriu uma abordagem mais conservadora com relação aos potenciais de economia de energia existentes. Três estudos foram considerados como as principais bases de apoio para a elaboração dos cenários propostos. Foram eles: o Plano de Longo Prazo da Matriz 2023 (MME), o Plano Estratégico da Petrobras 2006-2010, o Plano Decenal de Expansão do Ministério de Minas e Energia (2003-2012) e a versão mais recente do Plano Decenal (2006-2015) divulgado em março de 2006.

## 3 • O CENÁRIO TENDENCIAL

### 3.1 • O CENÁRIO SOCIOECONÔMICO

Questões como crescimento econômico, crescimento populacional, evolução do número de domicílios e distribuição de renda são algumas das variáveis-chaves na determinação dos requisitos de energia. Por isso há necessidade de incluí-las em estudos que tratam do uso da energia. No presente item, serão apresentadas as hipóteses traçadas para o cenário-base referentes às variáveis socioeconômicas.

É importante ressaltar que tanto o cenário Tendencial como o cenário Elétrico Sustentável assumem as mesmas hipóteses de crescimento e condições socioeconômicas da população, uma vez que se busca mostrar diferentes maneiras de se atender os mesmos requerimentos de serviços de energia.

Conforme já explicitado, não é o objetivo do presente trabalho propor diferentes alternativas de desenvolvimento econômico para o país e sim procurar discutir alternativas de “maneiras” de produzir e consumir eletricidade para um determinado modelo de desenvolvimento. Para configurar um cenário base e socioeconômico para 2020 e com isso poder associar os requerimentos de eletricidade necessários, foram analisados os seguintes estudos:

- Plano de Longo Prazo da Matriz 2023;
- Plano Decenal de Expansão do Ministério de Minas e Energia (2003-2012);
- Plano Estratégico da Petrobras 2006-2010;

<sup>6</sup> Desde fevereiro de 2006, a Eletrobrás/Procel está consolidando um extenso levantamento de campo dos consumidores atendidos em alta e baixa tensão em todo o território nacional. Esse levantamento atualiza informações extremamente importantes para avaliações de potencial técnico de eficiência energética.

Com base nas informações extraídas dos estudos acima mencionados, formulou-se uma proposta para o cenário socioeconômico do presente trabalho (Tabela 1).

**Tabela 1:** Parâmetros utilizados para projeção de variáveis socioeconômicas (2020)

VARIÁVEL	ESTUDOS OFICIAIS(*)	CENÁRIO TENDENCIAL E ELÉTRICO SUSTENTÁVEL
PIB (aa%)	De 2,5% a 5,5%	4,12%
PIB - Agropecuário (aa%)	3,44%	3,44%
PIB - Indústria (a%)	5,15%	5,15%
PIB - Serviços (aa%)	3,48%	3,48%
Número de Domicílios	73 830 231	68 461 790
	68 461 790	
	60 264 706	
Taxa de Crescimento da População (aa%)	De 1,20% a 1,50%	1,23%
Taxa de eletrificação (%)	100%	100%
Distribuição de Renda		
Até 2 SM	33,5%	33,5%
Mais de 2 a 10 SM	53,2%	53,2%
Mais de 2 a 10 SM	13,4%	13,4%

Notas: (\*) Plano de Longo Prazo da Matriz 2023, Plano Decenal de Expansão do Ministério de Minas e Energia (2003-2012) e Plano Estratégico da Petrobras 2006-2010.

Levando-se em consideração os valores observados para a tendência de crescimento do PIB nos próximos 17 anos nos diferentes estudos analisados, determinou-se que no presente estudo, o PIB do Brasil crescerá 4,02% ao ano. No que diz respeito aos PIBs dos setores de serviços e industrial, seus crescimentos anuais seriam de, respectivamente, 4,53% e 3,90%. No que concerne aos dados de PIB, optou-se por utilizar taxas de crescimento semelhantes às utilizadas no cenário alternativo do estudo Plano de Longo Prazo da Matriz 2023 (COPPE, 2004).

No cálculo do crescimento populacional, foram utilizadas as estimativas populacionais oficiais disponibilizadas pelo IBGE (2004). Como mencionado anteriormente, a taxa geométrica média de crescimento da população para o período é de 1,23% ao ano. A tendência é de forte redução do crescimento populacional, atingindo taxas inferiores a 1% ao ano a partir de 2017. Fazendo uso das estimativas populacionais do IBGE e número de pessoas por domicílio disponibilizadas em COPPE (2004), calculou-se o número de domicílios em 2020. Considerou-se também que a distribuição de renda será a mesma da utilizada em COPPE (2004).

Parâmetros como posse de equipamentos foram mantidos os mesmos para os dois cenários, havendo, no entanto, diferenciação com relação ao seu consumo (foram considerados equipamentos mais eficientes no cenário Elétrico Sustentável).

A Tabela 1 apresenta os valores assumidos de PIB, população, distribuição de renda e do número de domicílios por faixa de renda para 2020. No que diz respeito à taxa de atendimento aos domicílios com energia elétrica, em 2020, foi considerado que 100% dos domicílios terão acesso à energia elétrica.

## 3.2 • O ANO BASE 2004

### 3.2.1 • O CONSUMO DE ELETRICIDADE

O consumo residencial brasileiro em 2004 foi da ordem de 78.577 GWh (BEN, 2005), o que representou um crescimento de 3% em relação ao ano anterior. Esse consumo representa cerca de 24% do consumo total de eletricidade naquele ano. Foram atendidas cerca de 46,8 milhões de unidades consumidoras residenciais. O consumo residencial está intimamente ligado à posse e uso de eletrodomésticos, condições climáticas, renda, oferecimento de linhas de crédito ao consumidor, entre tantas variáveis que influem na dinâmica desse segmento. Para este estudo foram selecionados os cinco principais equipamentos elétricos que mais consomem eletricidade em uma residência, sendo eles: chuveiro elétrico; geladeira e freezer; iluminação elétrica e ar-condicionado.

Em 2004, o setor industrial brasileiro consumiu 172.061 GWh de energia elétrica: mais da metade do consumo nacional. O setor eletro-intensivo consumiu 97.135 GWh (56%) e os outros setores 74.926 GWh (46%) do total da eletricidade industrial. O principal uso final da eletricidade é para motores e, de acordo com GARCIA *et al.* (2004), a força motriz consome 60% da energia elétrica utilizada na indústria, chegando a 103 TWh em 2004. Os setores comercial e público mostram uma tendência de crescimento da participação no consumo total final. No ano de 2004, foram responsáveis por 22,2% do consumo total no país, sendo 13,9% (50.082 GWh) no setor comercial e 8,3% (30.092 GWh) no setor público (BEN, 2005).

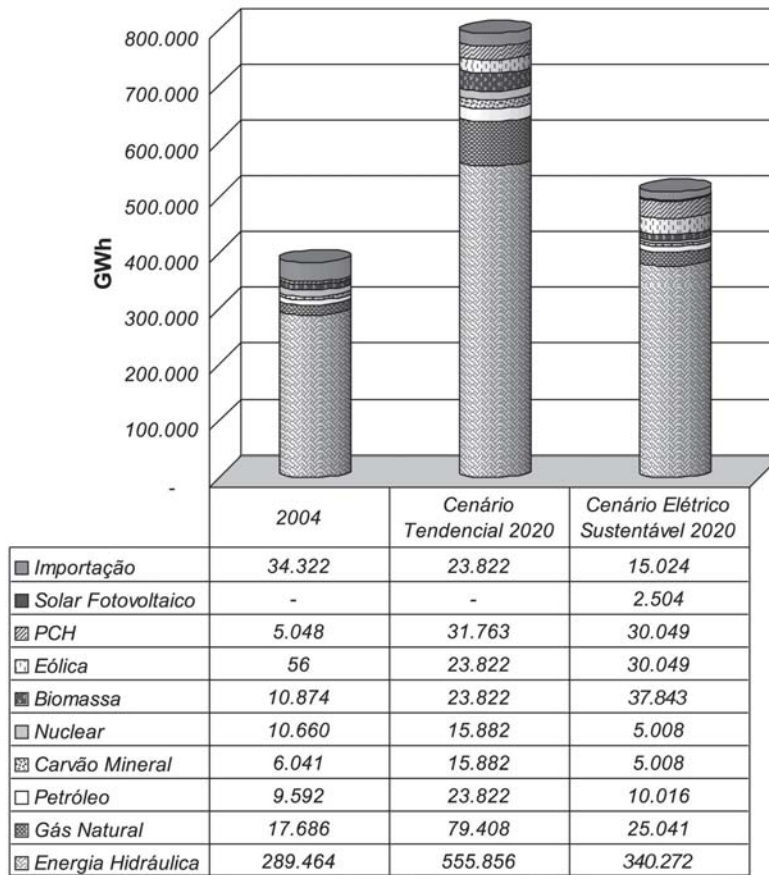
### 3.2.2 • A OFERTA DE ELETRICIDADE

De acordo com os dados do Balanço Energético Nacional, em 2004, a energia elétrica representou a segunda maior participação na oferta interna de energia com 14,4%, atrás da oferta de petróleo e derivados (39,1%).

A geração hidráulica representou aproximadamente 83% do total gerado, o que torna a problemática das emissões de gases de efeito estufa (GEE), no contexto da geração brasileira, discreta em relação ao contexto geral mundial, onde predomina a geração a partir de combustíveis fósseis. No entanto, nos últimos anos, para atender o acréscimo da demanda, a participação da termeletricidade tem sido crescente. Em 1980, a participação da termeletricidade correspondeu a 7,5% do total da eletricidade gerada. Já em 2004, esse valor foi de 17,2% (BEN, 2005). A Figura 2 ilustra a estrutura da geração da eletricidade no país no ano base do estudo (2004).

Cabe destacar a crescente participação do gás natural na geração de eletricidade, seja ao substituir outros combustíveis, principalmente óleo diesel e combustível, seja na implantação de novas termelétricas. No entanto, o acréscimo anual mais expressivo deu-se em 2001 devido à ocorrência do racionamento de energia elétrica dada à impossibilidade de suprimento da demanda, quando, então, foi reforçado o Plano Prioritário de Termeletricidade (PPT) com o principal objetivo de ampliar a oferta de eletricidade a partir da geração utilizando o gás natural.

**Figura 2:** Geração de eletricidade segundo fontes de geração.



A participação das outras fontes renováveis de energia - como eólica, biomassa e a partir de PCHs - na matriz de geração de eletricidade, ainda é bastante modesta. O PROINFA é, sem dúvida, um programa que dará um impulso importante a essas fontes. A produção de eletricidade a partir da energia eólica no Brasil passou a ser contabilizada a partir de 1996 no Balanço Energético Nacional (BEN, 2005). Neste primeiro ano, produziu-se 2 GWh, gerando-se 56 GWh em 2004, o que representa 0,017% da produção total de eletricidade no país. O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, elaborado pelo Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL), estima um potencial de 143,5 GW de capacidade instalável e produção anual de 272,2 TWh.

A geração de eletricidade a partir de biomassa representou cerca de 4% da produção no ano de 2004. A capacidade total instalada em biomassa, em março de 2004, somava 2.730 GW (3,1% da capacidade total). Havia, ainda, mais 12,2 MW em construção e 495,6 MW outorgados (Walter, 2004). A tecnologia mais utilizada é através de ciclo a vapor e existem majoritariamente instalações de co-geração e poucas termelétricas. A geração térmica nuclear, em 2004, foi de 11.611 GWh (BEN, 2005), aproximadamente 3% do total gerado. Apesar das oscilações em relação à quantidade gerada, a capacidade instalada tem se mantido constante em 2.007 MW, enquanto não entra em operação a termonuclear Angra III, prevista para os próximos anos. As PCHs representam aproximadamente 1,4% da potência instalada, ou seja, aproximadamente 1.365 MW, sendo que existem 39 empreendimentos em construção, representando um acréscimo de 549 MW (ANEEL, 2005).

### 3.3 • AS PROJEÇÕES DO CENÁRIO TENDENCIAL: RESULTADOS

#### 3.3.1 • A DEMANDA DE ELETRICIDADE DO CENÁRIO TENDENCIAL

As projeções realizadas foram feitas a partir dos parâmetros: PIB, número de domicílios, taxas de posse de equipamentos e elasticidades energia-PIB para cada setor. Conforme apresentado na seção anterior, foi feito um único cenário socioeconômico para 2020, que foi empregado, para as duas formulações de cenários energéticos Tendencial e Elétrico Sustentável.

Para o cenário Tendencial, a elasticidade eletricidade-PIB resultante nos três setores (industrial, serviços e residencial) é de 1,18. O Plano Decenal 2003-2012 projeta uma elasticidade de 1,24 para o período 2002-2012. Como resultado das hipóteses consideradas, a taxa de crescimento média do consumo de eletricidade é 4,8% ao ano para o cenário Tendencial. As projeções setoriais realizadas no Plano Decenal 2003-2012 sugerem taxas anuais de crescimento de 5,9% para o setor residencial, 6,3% para o setor comercial e 5,2% para o industrial, ainda superiores ao cenário Tendencial.

O consumo médio em 2004 era de 1.555 kWh por domicílio e passa para 2.586 kWh no cenário Tendencial em 2020. O estudo da COPPE projeta um consumo médio anual de cerca de 2.800 kWh/domicílio em 2022. Os resultados simulados para o cenário Tendencial são apresentados na Tabela 2. Verifica-se que, em 16 anos, o consumo total de eletricidade duplicará (4,8% ao ano). O mesmo ocorrerá com a geração para acompanhar o crescimento do consumo.

As projeções resultantes para o cenário Tendencial estão próximas dos valores estimados pelos estudos oficiais consultados, inclusive o mais recente Plano Decenal para o Setor Elétrico (2006-2015) <sup>7</sup>.

**Tabela 2:** Total de energia requerida para atender demanda em 2020, segundo cenário Tendencial (GWh)

TENDENCIAL			
	2004 (GWh)	2020 (GWh)	Taxa anual (%) (2004-2020)
Residencial	78.577	172.325	5,0%
Comercial, Serviços e Público	80.174	176.399	5,1%
Industrial	172.061	354.001	4,6%
Total Consumo	330.812	702.726	4,8%
Geração necessária <sup>1</sup>	383.742	794.080	4,6%

Notas: <sup>(1)</sup> incluem perdas em transmissão e distribuição de 13% em 2020; em 2004, foram consideradas 16% de perdas.

#### 3.4 A OFERTA DE ELETRICIDADE NO CENÁRIO TENDENCIAL

Para a construção do cenário Tendencial, a participação das fontes renováveis (PCHs, energia eólica, biomassa) acompanhou as projeções encontradas nos estudos consultados<sup>8</sup>. Os

<sup>7</sup> O Plano Decenal 2006-20015 apresenta taxas de crescimento anuais variando de 5,8% (mercado alto) a 4,1% (mercado baixo), sendo 5,1% para o cenário de referência adotado naquele estudo.

<sup>8</sup> Plano de Longo Prazo da Matriz 2023, Plano Decenal de Expansão do Ministério de Minas e Energia (2003-2012) e Plano Estratégico da Petrobras 2006-2010.

resultados apresentados na Tabela 3 mostram que, em relação ao ano base (2004), existe um aumento relativamente maior da participação na eletricidade gerada a partir de PCHs e energia eólica, de 1,3% para 4% e 0% para 3% respectivamente em 2020.

A Tabela 3 apresenta os parâmetros utilizados para o cenário Tendencial de oferta de eletricidade.

**Tabela 3:** Parâmetros básicos para o cenário de oferta Tendencial (2020)

	2004	2020 ESTUDOS <sup>1</sup>	CENÁRIO TENDENCIAL
Participação na geração de eletricidade (% eletricidade gerada)			
Hidroeletricidade	75%	70-77%	70%
Gás Natural	5%	8-10%	10%
Petróleo	2%	2-5%	3%
Carvão Mineral	2%	1-2%	2%
Nuclear	3%	1-2%	2%
Biomassa	3%	7-8%	4%
Eólica	0%	6%	3%
PCH	1%	6%	3%
Custos de geração de eletricidade (R\$ 2004/MWh)			
Hidroeletricidade	78,67	80	80
Gás Natural	90,33	112	112
Petróleo	85,00	110	110
Carvão Mineral	80,61	90	90
Nuclear	139,02	120	120
Biomassa	90,00	90	90
Eólica	169,25	180	180
PCH	79,46	120	120
Custo médio de fornecimento de eletricidade (incluindo T&D) <sup>(2)</sup> R\$/MWh	197		350

Notas: (1) - a partir de Eletrobrás (2004), COPPE (2004), Petrobras (2005); (2) Tarifa média ao consumidor.

Os custos associados ao atendimento da demanda no cenário Tendencial são de cerca de R\$ 278 bilhões. Esse valor é estimado assumindo que a tarifa média seria de R\$ 350,00/MWh no ano de 2020.

## 4 • O CENÁRIO ELÉTRICO SUSTENTÁVEL

### 4.1 • O PAPEL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DAS NOVAS FONTES RENOVÁVEIS

O cenário Elétrico Sustentável foi construído em duas etapas. Primeiramente, se estimou o cenário Eficiência Energética (EfE) – ver Figura 1 - onde foram consideradas somente as opções de maior eficiência energética tanto no lado da demanda como no lado da oferta sem, contudo, alterar a estrutura de oferta, ou seja, mantendo a mesma participação percentual das fontes utilizadas para a geração de eletricidade do cenário Tendencial.

A partir dos custos de conservação e dos custos de fornecimento de eletricidade aos consumidores finais, foi estimado o custo total do cenário EfE. Uma vez que as medidas de eficiência energética escolhidas custam menos que aqueles associados ao fornecimento de eletricidade ao consumidor final<sup>9</sup>, o cenário EfE tem um valor menor que o do cenário Tendencial. O cenário Elétrico Sustentável utiliza parte dessa economia de recursos para “subsidiar” fontes renováveis que possuem custos maiores que os custos de produção de eletricidade a partir de fontes convencionais (hidreletricidade, termoeletricidade a partir de gás natural etc.).

A estrutura de oferta foi então modificada utilizando-se 60% da economia de recursos obtidos através de Eficiência Energética (EfE), procurando estabilizar as emissões de CO<sub>2</sub> em 2020 e aumentando de maneira considerada factível a participação das fontes renováveis na matriz de geração de eletricidade. O resultado final foi, portanto, o cenário Elétrico Sustentável que custa cerca de 12% menos que o cenário Tendencial, mantém as emissões aos níveis do ano base 2004 e possui maior participação de fontes renováveis. A concepção do cenário Elétrico Sustentável ilustra a necessidade de consideração de uma política de eficiência energética juntamente com uma política de maior utilização de fontes renováveis para se obter uma estabilização de emissões de CO<sub>2</sub>.

## 4.2 • CAPACIDADE INSTALADA E GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

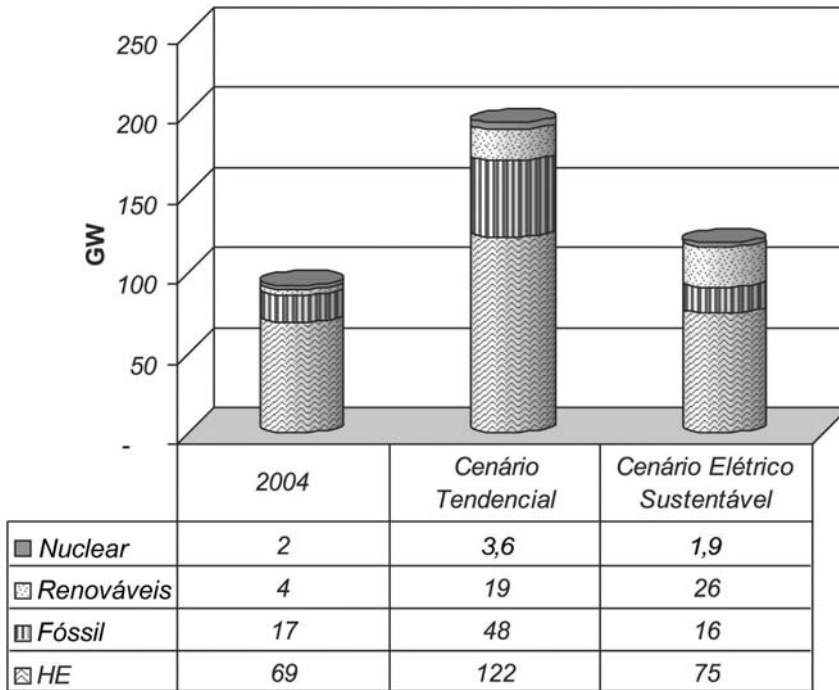
O cenário Elétrico Sustentável implica em uma drástica redução da taxa de crescimento da expansão da capacidade instalada para geração de eletricidade. Enquanto o cenário Tendencial requer 193 GW de capacidade instalada (ou um crescimento anual de cerca de 5% ao ano de 2004 até 2020), o cenário Elétrico Sustentável requer uma capacidade total de 119 GW (um crescimento de 2% ao ano no mesmo período).

A energia hidráulica continua sendo a principal fonte primária de eletricidade, mas possui uma participação percentual menor nos dois cenários em relação ao ano base, conforme pode ser observado na Figura 3. O cenário Tendencial sinaliza tendência da expansão da capacidade instalada de geração a partir de fontes fósseis (gás natural, carvão e derivados de petróleo), que no ano base representava 18% da capacidade instalada no país e, na projeção Tendencial, participa com 25% da capacidade instalada. No cenário Elétrico Sustentável, cerca de 22% da capacidade instalada são usinas que utilizam fontes renováveis e a participação de termelétricas fósseis cai para 14% da capacidade instalada.

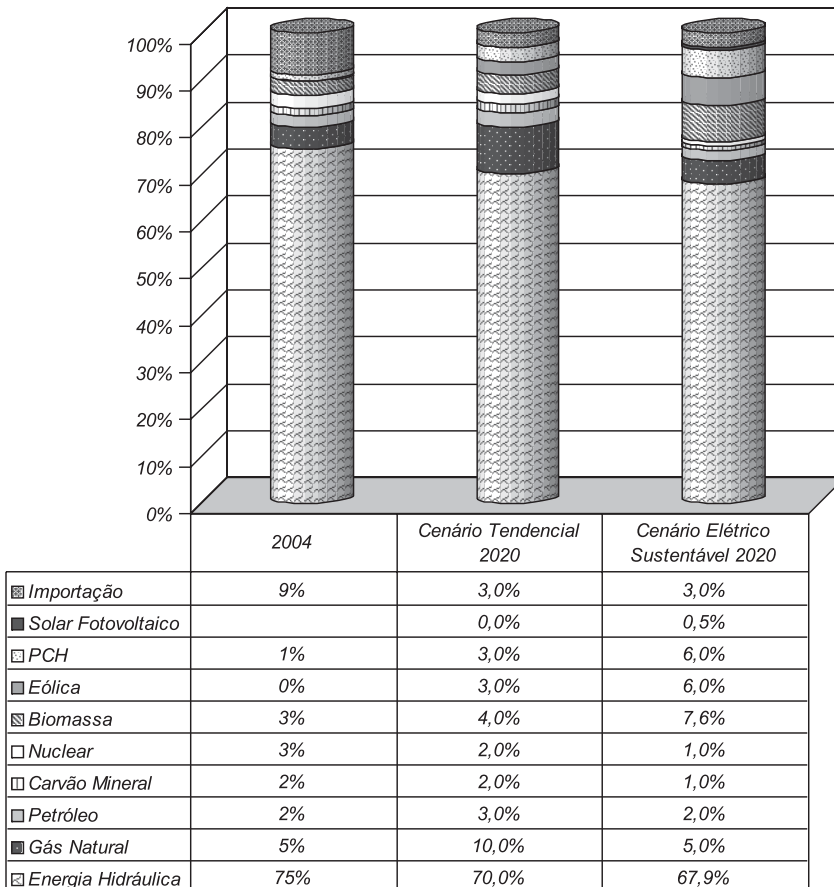
A Figura 2 e a Figura 4 apresentam, respectivamente, as projeções da geração de eletricidade por fonte utilizada em termos de GWh e participação percentual. O cenário Elétrico Sustentável mostra os resultados da maior participação de fontes renováveis e a redução da participação de termoeletricidade de origem fóssil juntamente com a hidreletricidade, embora essa fonte ainda permaneça como fonte predominante e praticamente equivalente nos dois cenários (no cenário Elétrico Sustentável existe uma maior participação de PCHs). Dentre as fontes renováveis, o cenário Elétrico Sustentável admite maior contribuição da biomassa, seguida de energia eólica que deverá ter seus custos também reduzidos como resultado de investimentos em P&D e aumento de escala de comercialização das tecnologias.

<sup>9</sup> As estimativas para os custos de conservação de energia nos usos e setores finais considerados são apresentadas na seção seguinte e maiores detalhes sobre a metodologia e dados encontram-se nos anexos.

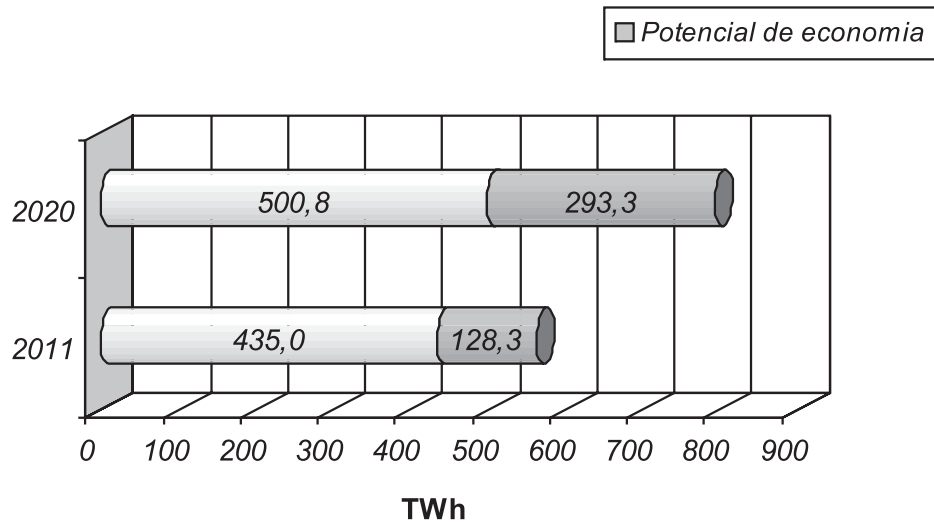
**Figura 3:** Capacidade Instalada (GW) para atender cenário Tendencial e Elétrico Sustentável



**Figura 4:** Participação percentual das fontes de energia na geração de eletricidade: ano base, cenário Tendencial e cenário Elétrico Sustentável



**Figura 5:** Potencial total de economia na geração de eletricidade em 2011 e 2020 (em TWh).



## 5 • EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O cenário Elétrico Sustentável projeta um consumo total de eletricidade de cerca de 500 TWh para o ano 2020, o que representa um consumo 38% menor que o cenário Tendencial, ou 293 TWh economizados (Figura 5). A maior parte dessas economias projetadas resulta de ações do lado da demanda, cerca de 66% do total, e o restante 34% de medidas de eficiência do lado da oferta.

A seguir são apresentadas as estimativas realizadas.

### 5.1 • O POTENCIAL DE REDUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE

#### 5.1.1 • MELHORIAS NA OPERAÇÃO DO SISTEMA INTERLIGADO E REPOTENCIAÇÃO DE USINAS HIDRELÉTRICAS

Há um grande potencial para repotenciação de usinas mais antigas no Brasil, ou seja, a adequação, modernização e correção de turbinas e geradores para maior capacidade e eficiência (Bermann *et al.*, 2003). Estima-se que é possível obter ganhos em instalações que hoje correspondem a 32 GW instalados (todas acima de 20 anos de uso), com custos de R\$ 250-600 / kW adicionado (CGEE, 2003). O cenário Elétrico Sustentável assume que 15 GW poderão ser acrescentados à capacidade instalada em 2020 através de repotenciação de usinas existentes, sem necessidade, portanto, de construção de novas usinas. Além disso, existe a possibilidade da utilização de novos conceitos para realização da operação do sistema elétrico interligado. Novos critérios de despacho para a produção de usinas poderiam aproveitar melhor o sistema de reservatórios de bacias hidrográficas em coordenação com a operação de termelétricas (Marques *et al.*, 2005). O cenário Elétrico Sustentável assume que essas melhorias poderiam acrescentar 3% do total de energia a ser gerada com a mesma capacidade instalada de geração hidrelétrica.

### 5.1.2 • REDUÇÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO

As perdas na Transmissão e Distribuição (T&D) de eletricidade são consideráveis no país. Isso se deve às longas linhas de transmissão e dificuldades de correto dimensionamento e manutenção da rede básica e transformadores, em grande parte, das empresas de eletricidade. Estima-se que 16-17% da eletricidade gerada seja perdida ao longo da cadeia de transmissão e distribuição no Brasil (Cippoli, 2005)<sup>10</sup>. Os EUA possuem um índice de 8% e na União Européia essas perdas são em média de 6,5% (European Cooper Institute, 1999), existindo expectativas de reduzir ainda mais essas perdas nos próximos anos com a introdução de transformadores mais eficientes, entre outras medidas. O cenário Elétrico Sustentável assume um índice de perdas de 8% em 2020, que poderá ser conseguido através dos investimentos em P&D das concessionárias<sup>11</sup> e do próprio CTenerg. Entre as companhias de eletricidade, existe também uma variação no índice de perdas técnicas entre 8-18%.

Algumas tecnologias que deverão contribuir para a redução de perdas em T&D, no Brasil, deverão acompanhar internacionalmente os desenvolvimentos em curso nas áreas (CGEE, 2003) de:

- Tecnologias de redes (estrutura, materiais, equipamentos etc.);
- Recapitação das linhas de transmissão (inclusive compactação da distribuição dos condutores);
- Automação, supervisão e controle;
- Equipamentos e materiais (proteção, transformação, operação, manutenção);
- Tecnologias para medição e tarifação;
- Qualidade da energia;
- Geração distribuída (tecnologias, potenciais e interligação);
- Modelos para representação das cargas no sistema elétrico brasileiro;
- Meio ambiente e responsabilidade social (impactos e mitigação);
- Supercondutores.

### 5.1.3 • SISTEMAS DE CO-GERAÇÃO E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A crescente preocupação com qualidade de energia e segurança e confiabilidade de suprimento tem estimulado o desenvolvimento e a comercialização de tecnologias que possibilitem a geração e distribuição descentralizada de eletricidade. Várias tecnologias para 1 kW – 15 MW podem tornar-se vantajosas, pois demandam menor capital, menos perdas e investimentos com transmissão, em alguns casos com possibilidades de co-geração.

Substanciais economias de energia podem ser obtidas com sistemas operando em co-geração, quando comparadas com a situação onde calor e eletricidade são produzidos separadamente. Em estudo feito por Torino & Jones (2004), estimou-se que a contribuição da

<sup>10</sup> Considera-se para os propósitos desse trabalho somente as perdas técnicas do setor elétrico. As perdas comerciais podem ser ainda maiores dependendo da concessionária. Perdas comerciais são perdas ocasionadas por fraudes, medições incorretas ou furtos de energia .

<sup>11</sup> Grande parte dos recursos atualmente aplicados em P&D pelas empresas de T&D procura buscar soluções para redução de perdas técnicas.

co-geração e geração descentralizada poderia atingir 10-15% da capacidade instalada em 2010. Estima-se também que, em 2020, 26% da geração de energia seriam através de sistemas de co-geração e geração distribuída, sendo 22% a partir de fontes renováveis e o restante com sistemas a gás natural. O cenário Elétrico Sustentável considera que o sistema de co-geração e geração distribuída estará aumentando sua participação para 4% da eletricidade gerada em 2020<sup>12</sup>.

#### **5.1.4 • MELHORIA DE EFICIÊNCIA DE TERMELÉTRICAS**

A maioria das termelétricas que foram recentemente construídas no país é plantas de ciclo aberto, o que significa uma eficiência de cerca de 35%, em lugar de plantas de ciclo combinado que podem chegar a 60-65% de eficiência. As usinas de ciclo aberto são mais baratas e, se forem pouco utilizadas, possuem custos atraentes para a iniciativa privada, mas causam um custo maior para o consumidor final. Assume-se, no cenário Elétrico Sustentável, que a eficiência média das novas usinas seria de 45%, com custos um pouco acima daqueles originalmente projetados. Esse cenário, portanto, estabelece um critério de desempenho energético para as novas usinas. A melhoria de eficiência nessas usinas tem implicações no montante de emissões estimado para o cenário Elétrico Sustentável.

### **5.2 • O POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ELETRICIDADE**

A partir de considerações técnicas das possibilidades de redução do consumo de eletricidade nos diversos usos finais considerados e das avaliações sobre renovação de estoque e vida útil de equipamentos, foi estimado o potencial de eficiência energética nos três setores de consumo estudados (setor residencial, comercial e industrial). Os resultados para 2020 para cada setor/uso final considerado são mostrados na Figura 6.

Os maiores potenciais estão nas seguintes áreas:

#### **5.2.1 • MOTORES**

No setor industrial, o maior potencial para a redução de consumo está nos motores industriais<sup>13</sup>, através da troca por um motor mais eficiente ou na instalação de um controlador de velocidades (electronic speed drivers). Alguns fatores podem explicar a não adoção dos motores eficientes na indústria, como os maiores custos iniciais de compra e a falta de informação do mercado sobre os potenciais de redução de energia. Na maioria dos casos, os investimentos realizados nos motores de alta eficiência têm um curto período de amortização (algo entre um e três anos). Estimativas do relatório da Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE, 1994) mostram que a evolução da eficiência energética de 2000 a 2020 será em média de 20% para os motores industriais. Considerando esta informação, no futuro teríamos disponíveis motores mais eficientes do que os atuais.

<sup>12</sup> Não estão incluídas as contribuições da geração eólica, solar, biomassa, PCH e fotovoltaica através do PROINFA II. Esse valor seria referente à utilização de gás natural para sistemas de co-geração e geração distribuída.

Além da troca de motores, a opção de utilizar controladores de velocidade resulta em importante economia de eletricidade. Podem ser utilizados em bombas, ventiladores e compressores. De acordo com a Associação Européia da Indústria Elétrica (EURELECTRIC, 2004), a economia de energia para ventiladores e bombas gira em torno de 15% a 40% e para compressores em, aproximadamente, 5%. Com a instalação de controladores de velocidade, é possível a obtenção da exata energia requerida para o escoamento ou pressão necessários. Além do mais, a energia não é desperdiçada através dos sistemas tradicionais que utilizam freios mecânicos, não perdendo assim energia na forma de calor. Uma regulação efetiva combinada com campanhas informativas pode tornar real estes potenciais, diminuindo o consumo de energia elétrica, evitando a construção de novas usinas geradoras e emissões de gases de efeito estufa. Ao mesmo tempo, isso poderia estimular o mercado a investir mais em Pesquisa & Desenvolvimento para produzir motores elétricos cada vez mais eficientes.

O potencial de redução em motores elétricos foi obtido a partir de algumas hipóteses:

- Foram considerados os dados técnicos relativos a uma determinada marca nacional responsável por cerca de 80% do mercado brasileiro.
- Foram consideradas informações sobre quatro classes de motores (segundo sua potência), preços atuais e estimativas para 2020, características de operação, carregamento e vida útil baseadas em dados do fabricante e de Garcia *et al.* (2004);
- A partir de dados internacionais (EERE, 1994), assumiu-se uma melhoria na eficiência média de motores industriais da ordem de 20% em 2020.

### 5.2.2 • ILUMINAÇÃO

As tecnologias de iluminação têm avançado significativamente nas últimas décadas. A ampla disseminação de lâmpadas fluorescentes compactas capazes de substituir a iluminação incandescente com ganhos de cinco a oito vezes no consumo de energia elétrica, o aperfeiçoamento de componentes eletrônicos, luminárias, materiais como tri-fósforos têm contribuído para a contínua redução de eletricidade consumida. Existe ainda enorme espaço para redução de consumo através de avanços na tecnologia LED (Diodo de Emissão de Luz), projetos arquitetônicos e luminotécnicos, maior utilização de sensores de ocupação. Hipóteses diferentes foram utilizadas neste trabalho para o setor residencial e para os setores comercial e público.

Para o setor residencial, foram assumidas diferentes hipóteses para as três classes de renda consideradas, levando-se em consideração o número médio e tipo de lâmpadas (potência) e horas de uso anual. Os custos de lâmpadas foram levantados no mercado nacional, bem como as características técnicas dos produtos comercialmente disponíveis. Para 2020, foram consideradas as atuais tecnologias eficientes (compactas fluorescentes e compactas tubulares<sup>14</sup>) como as tecnologias predominantes. Diferentes taxas de saturação foram estimadas para cada faixa de renda.

<sup>13</sup> Em algumas indústrias intensivas em energia existem possibilidades significativas de redução de consumo através de mudanças de processos e tecnologias em uso, como é o caso da substituição de moinhos de bola na indústria de cimento por moinhos de rolos de alta pressão ou HPGR (high pressure grinding rolls).

<sup>14</sup> Foram considerados os índices de vida útil e a eficácia luminosa dos equipamentos comercializados no país, embora existam já no mercado internacional equipamentos para iluminação com maior vida útil e melhor rendimento energético.

As lâmpadas compactas de 20W foram escolhidas para substituir as lâmpadas antigas (incandescentes) porque, de acordo com vários fabricantes, o nível de iluminação desta lâmpada equivale a uma lâmpada incandescente de 90W a 100W. Desta forma, com a substituição para lâmpadas fluorescentes compactas de 20W, o consumidor obterá uma economia de energia considerável em sua residência sem perder a qualidade da iluminação e o conforto visual. O retorno do investimento (payback) é de curto prazo (menos de seis meses) e o custo para conservar a energia elétrica, muito atraente.

Considerou-se para simplificação dos cálculos que a iluminação dos setores comercial e público é feita principalmente por lâmpadas fluorescentes tubulares. Essas serão substituídas em quantidade e qualidade: o número de lâmpadas será reduzido pela metade (de quatro para dois), assim como redução na potência (de 40W para 32W). Os reatores das lâmpadas também foram considerados: redução do número de reatores pela metade (de dois para um) e da potência, de 11W (eletromagnético) para 3W (eletrônico). Para a substituição de tecnologias na iluminação, foram assumidas hipóteses de funcionamento das lâmpadas, vida útil média dos equipamentos.

### 5.2.3 • AQUECIMENTO RESIDENCIAL DE ÁGUA

O terceiro maior potencial de economia de energia é a substituição de chuveiros elétricos por sistemas de aquecimento solar. Os chuveiros estão instalados em 67% dos lares brasileiros e em praticamente todas as habitações das regiões sul e sudeste do país. Os chuveiros e os aquecedores elétricos de acumulação consomem cerca de 8% de toda a eletricidade produzida no país e são responsáveis por entre 18% a 25% do pico de demanda do sistema elétrico. O uso de Aquecedores Solares de Água (ASA) pode contribuir para a redução dessa demanda e da expansão da geração elétrica. O uso de energia solar para aquecimento a baixas temperaturas é feito com tecnologias comerciais em todo o mundo, especialmente para o aquecimento de água. É também utilizado para processos de secagem e refrigeração (sistemas de absorção). As tecnologias utilizam, em sua maior parte, coletores solares planos fechados ou abertos, dependendo da temperatura desejada.

A capacidade instalada nos 35 países que representam 85-90% do mercado mundial de energia solar térmica, foi de 92,7 GWt (55.233 GWh ou 132 milhões m<sup>2</sup>) em 2003 (WEISS *et al.*, 2005). De acordo com este mesmo estudo, o Brasil tinha uma capacidade instalada de 1,6 GWt. Os mercados mais dinâmicos e que estão expandindo a utilização de coletores são China, Austrália, Nova Zelândia e Europa, com taxas médias de crescimento anual, de 1999 a 2003, de, respectivamente, 27%, 23%, 23% e 11%.

No Brasil, o setor produz atualmente 390.000 m<sup>2</sup> de aquecedores/ano, com potencial para duplicar, ou mesmo triplicar rapidamente esta produção. Durante a crise de energia de 2001-2002, o setor conseguiu responder rapidamente a um aumento da demanda, indo de 0,24 milhões de m<sup>2</sup> de área de coletores planos, em 2000, para um total de 1,5 milhões em 2001. Esse setor possui grande potencial para expansão no país e os principais desenvolvimentos deverão ser feitos compreendendo as seguintes áreas:

- Redução de custos: manufatura, materiais, qualidade da automação;
- Aumento da eficiência de conversão: películas, tintas, isolamento, novas coberturas;

- Análise de componentes / sistemas completos;
- Novos tipos de coletores (tubos evacuados, concentradores estáticos);
- Suporte de engenharia a projetos: softwares, contratos de desempenho;
- Demonstração no sistema de habitação, pré-aquecimento industrial, hotéis, escolas etc.;
- Capacitação de profissionais.

Equipamentos como coletores solares já estão sendo certificados pelo grupo da PUC-Minas (Green Solar). Esse é um importante passo para o aumento da qualidade técnica e a eficiência dos equipamentos. No entanto, é necessário manter um suporte de P&D para garantir contínua melhoria dos padrões técnicos e suporte para o desenvolvimento industrial. Para isso, será necessário determinar prioridades para P&D. Uma análise de ciclo de vida de quatro diferentes alternativas de aquecimento de água para residências no país – chuveiros elétricos, aquecedores de passagem a gás natural, aquecedores de passagem a GLP e aquecedores termosolares – mostrou que os ASA emitem menos de 60% do CO<sub>2</sub> e do CH<sub>4</sub> emitidos pelos chuveiros, mesmo considerando ASA complementados com eletricidade (Taborianski 2002).

Nesse estudo, o potencial técnico-econômico para esse uso final foi calculado assumindo também hipóteses diferenciadas para cada classe de renda: potência média de chuveiros, número médio de habitantes por domicílio, distribuição regional (Norte/Nordeste/Centro-Oeste e Sul/Sudeste). Foram utilizados os preços de mercado do modelo mais popular de chuveiro elétrico e de um sistema padrão de aquecedor solar adequado para cada classe de renda.

#### 5.2.4 • EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

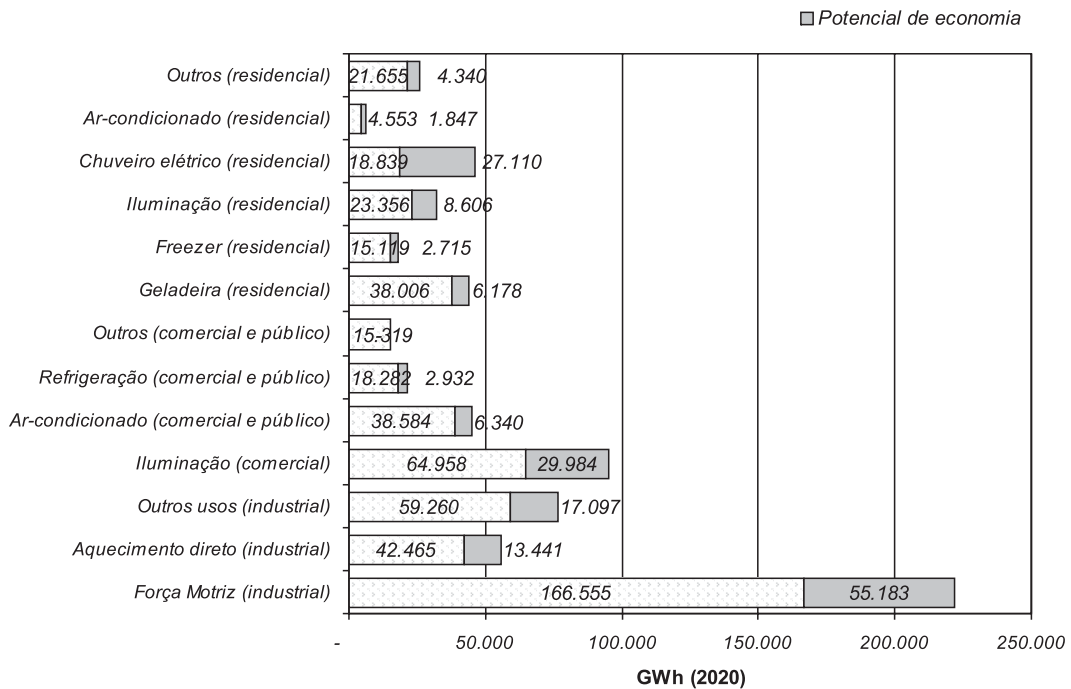
Equipamentos usados para refrigeração (refrigeradores e freezers) e condicionamento ambiental (equipamentos de ar-condicionado) têm um potencial significativo de redução de consumo. A introdução de equipamentos disponíveis no mercado internacional possibilitaria a imediata redução em até 40% comparados com os níveis atuais de consumo desses equipamentos (Jannuzzi, 2002). Depois de mais de 10 anos em tramitação no Congresso, somente em 2001, durante a crise de energia, foi aprovada a Lei de Eficiência Energética. Esta é peça fundamental para garantir contínuo aperfeiçoamento tecnológico dos equipamentos que consomem energia comercializados no país. No entanto, a aplicação dessa lei tem sido morosa e, conseqüentemente, os benefícios em se incorporar equipamentos mais eficientes têm sido muito modestos. Os índices de desempenho energético poderiam ser mais ambiciosos e, quando necessário, recursos para pesquisa e desenvolvimento deveriam ser canalizados para viabilizar a adoção de índices mais agressivos de redução de consumo.

É crescente a utilização de equipamentos que possuem o modo stand by. Ainda não existem estimativas confiáveis sobre quanto isso representa no consumo elétrico nacional, especialmente no setor residencial. Nos países da OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico), cerca de 5% a 13% do consumo residencial são representados por potência em stand by (Lebot *et al.*, 2000). Essas informações ainda não estão disponíveis para o consumidor brasileiro, mas é possível assumir que cerca de 10% do consumo dos setores residencial e comercial são consumidos por equipamentos em modo stand by. Para

reduzir esse desperdício, é preciso implementar um padrão mandatório limitando a 1 W a potência em stand by dos equipamentos. Já existe matéria em tramitação no Congresso Nacional para limitar a potência em stand by a 1 W, mas ainda sem implementação do governo.

A Figura 6 apresenta os resultados estimados de conservação de eletricidade através de medidas de eficiência energética nos setores e usos finais considerados.

**Figura 6:** Potencial de conservação por uso final (2020)



### 5.3 • CUSTO DA CONSERVAÇÃO DE ELETRICIDADE POR USO FINAL

Para a construção do cenário Elétrico Sustentável foi necessário estimar o custo de medidas de eficiência energética conforme apresentado na seção anterior. Foram consideradas diversas opções de substituições de tecnologias de uso final. Foram considerados os custos das tecnologias convencionais e daquelas tecnologias mais eficientes que poderiam substituí-las. Os custos de conservar eletricidade foram estimados a partir das informações de custos e tarifas para o ano base, considerando parâmetros de uso, taxas de desconto, vida útil para cada uso final/tecnologia e setor de consumo. A sistemática dos cálculos segue a lógica adotada de avaliar os custos na perspectiva do usuário final em 2020<sup>15</sup> e um valor médio foi adotado para cada uso final e setor de consumo estudado conforme o apresentado na Tabela 4 (coluna 1).

<sup>15</sup> Foi considerado, portanto, que os custos de capital decorrentes dos investimentos na nova tecnologia mais eficiente seriam descontados ao longo da vida útil do equipamento e contabilizados os créditos advindos da redução das despesas com eletricidade do consumidor nesse período (ver, por exemplo, Gadgil *et al.* 2001, Jannuzzi & Swisher 1997). Dependendo do uso final e segmento de consumo (classes de renda, por exemplo), foram utilizadas taxas de desconto anuais que variaram de 15 a 85% ao ano. Maior detalhamento da metodologia pode ser encontrado no documento 'Anexos Técnicos'.

Desse modo, foi considerado o custo de eletricidade ao usuário final de R\$ 350/MWh e foi assumido que o custo e a eficiência das tecnologias seriam mantidos constantes até 2020, o que é uma hipótese conservadora. O detalhamento dos cálculos é apresentado na seção de anexos. Para cada uso final foi estimado o potencial técnico de eficiência levando-se em conta a natureza do estoque e vida útil das tecnologias analisadas. A Figura 7 e a Tabela 4 apresentam os resultados obtidos de acordo com os custos de se conservar energia.

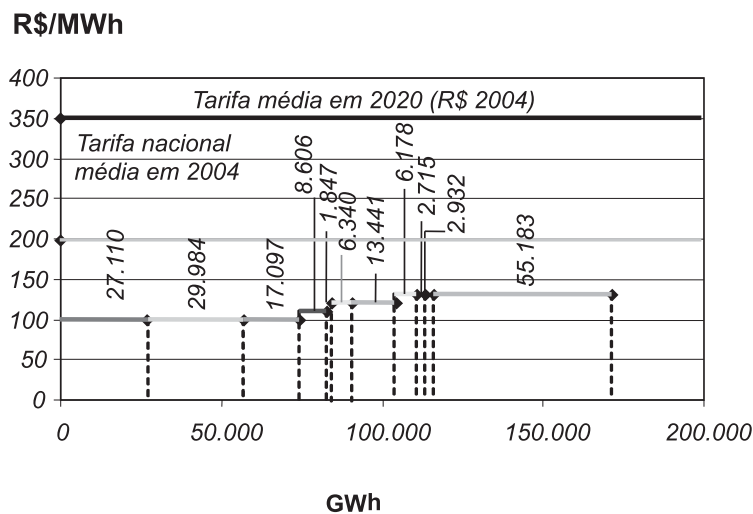
Foram representadas, na Figura 7, as economias de eletricidade obtidas em 2020 para cada uso final considerado e os custos de se implementar um programa de eficiência energética para atingir o potencial estimado.

Cerca de metade das economias estimadas do lado da demanda pode ser conseguida a um custo três vezes menor que o custo de eletricidade entregue ao usuário final e uma vez menor que a tarifa média atual. O uso de prover aquecimento de água a partir da energia solar em substituição ao chuveiro elétrico, iluminação mais eficiente e melhor gestão de energia no setor de força motriz industrial são três áreas responsáveis por essas economias.

Além disso, melhorias nos sistemas de ar condicionado e melhorias em motores industriais também representam um uso final com importante contribuição para a economia de energia no cenário Elétrico Sustentável, conforme pode ser visto abaixo. A contribuição de melhorias na utilização de eletricidade para força motriz é o mais importante uso final considerado. Nesse caso, melhorias no dimensionamento dos sistemas motrizes e uso de controladores de rotação (electronic speed drivers) estão entre as soluções que devem contribuir para isso.

Sistemas de ventilação e ar condicionado deverão contribuir para o aumento da demanda de eletricidade no país, e devem ser tomadas iniciativas importantes nessa área com relação a padrões de eficiência nos equipamentos e também nas edificações, especialmente para o setor comercial e público. Projetos arquitetônicos, materiais, trocadores de calor, maior uso de compressores centrífugos, bombas e ventiladores eficientes deverão contribuir para essa redução até 2020 no cenário Elétrico Sustentável.

**Figura 7:** Potencial estimado e custos de conservar energia (cenário Elétrico Sustentável)



Nota: A legenda para o gráfico encontra-se na Tabela 4, através dos valores expostos na figura 7.

**Tabela 4:** Resultados obtidos de acordo com os custos de conservar energia com cenário Elétrico Sustentável em 2020

	POTENCIAL DE ECONOMIA (GWh)	CUSTO (R\$/MWh)	CUSTO TOTAL DAS POLÍTICAS/PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (em milhões de R\$)
Chuveiro Elétrico (r)	27.110	100	2.711
Iluminação (c+p)	29.984	100	2.998
Outros usos (i)	17.097	100	1.710
Iluminação Elétrica (r)	8.606	110	947
Ar-condicionado (r)	1.847	120	222
Ar-condicionado (c+p)	6.340	120	761
Aquecimento direto (i)	13.441	120	1.613
Geladeira (r)	6.178	130	803
Freezer (r)	2.715	130	353
Refrigeração (c+p)	2.932	130	381
Troca de motores (i)	55.183	130	7.174
			Total 19.672

Notas: r = residencial; i = industrial; c + p = comercial e público.

Custo médio de fornecimento em 2020: R\$ 350/MWh. Tarifa média nacional em 2004: R\$ 197,35/MWh (ANEEL, 2005)<sup>16</sup>.

## 6 • FONTES RENOVÁVEIS

### 6.1 • INTRODUÇÃO

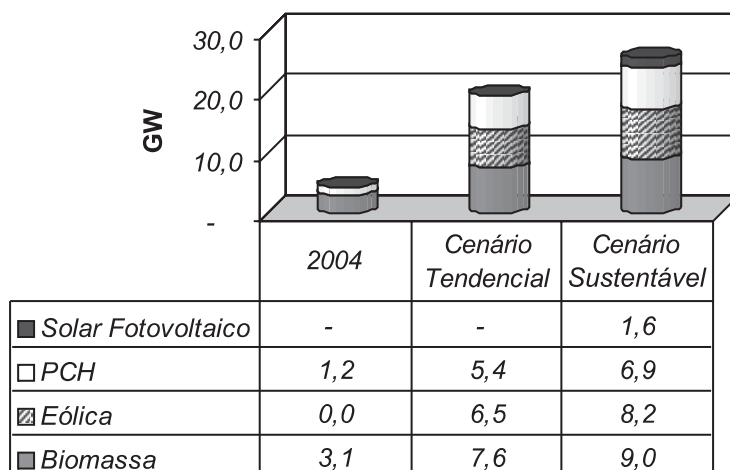
O cenário de oferta Elétrico Sustentável foi construído com o objetivo de aumentar de maneira significativa a participação de fontes renováveis para geração de eletricidade de maneira a aumentar a segurança do suprimento da energia, desenvolver a inovação tecnológica, e reduzir os impactos socioambientais do setor elétrico. O limite para a participação das fontes levou em conta o impacto dessas fontes no custo total do cenário Elétrico Sustentável, possibilidades de desenvolvimento da indústria nacional para atender a nova demanda e disponibilidade de recursos naturais (área de plantio disponível para biomassa, por exemplo) para suportar o crescimento projetado.

O cenário considerou também possibilidades de introdução de maior eficiência e redução de perdas especialmente na transmissão e distribuição de eletricidade. Uma premissa importante para a concepção do cenário de oferta Elétrico Sustentável foi considerar que os custos adicionais de utilização de energia renovável não tornariam o cenário Elétrico Sustentável mais caro que o cenário Tendencial. Internacionalmente, tem-se verificado substancial redução no custo de várias fontes renováveis, resultado de esforços de pesquisa e desenvolvimento e políticas agressivas para facilitar sua disseminação. Para muitas aplicações, tais fontes já apresentam forte competitividade com fontes convencionais.

<sup>16</sup> Os custos foram estimados a partir de substituições de tecnologias convencionais por tecnologias mais eficientes disponíveis comercialmente hoje. Foram considerados custos anuais de investimentos amortizados ao longo da vida útil de cada equipamento, utilizando taxas de desconto entre 15%-80%, dependendo de cada tipo de uso final e consumidor.

A Figura 8 mostra que o cenário Elétrico Sustentável possui cerca de 26 GW de potência instalada a partir de fontes renováveis, sendo que biomassa representa 9 GW, seguida de energia eólica e PCHs com aproximadamente 8 GW e 7 GW, respectivamente, e um total de 1,6 GW em instalações fotovoltaicas<sup>17</sup>. O cenário Tendencial assume as tendências de aumento da participação de bioeletricidade e energia eólica conforme verificado nas projeções oficiais consultadas<sup>18</sup>.

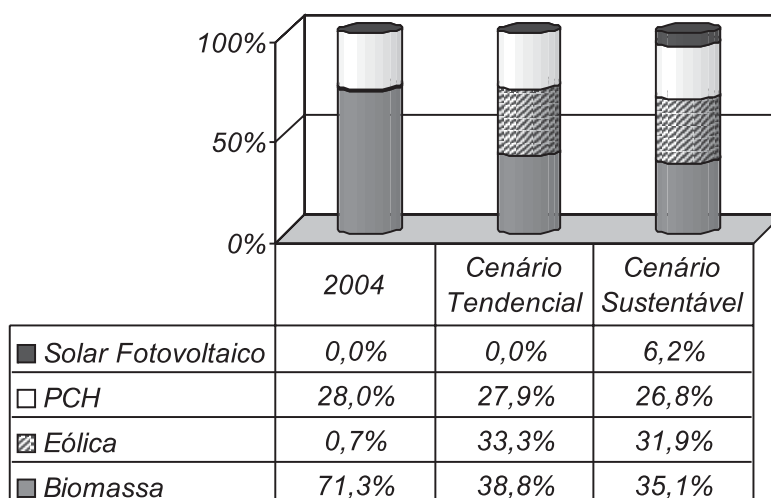
**Figura 8:** A capacidade instalada para geração de eletricidade a partir de fontes renováveis (ano base, cenários Tendencial e Sustentável)



Nota: Fontes renováveis= biomassa, energia eólica, PCHs e solar fotovoltaico.

A Figura 9 mostra a participação da capacidade instalada para a geração de eletricidade a partir das fontes renováveis.

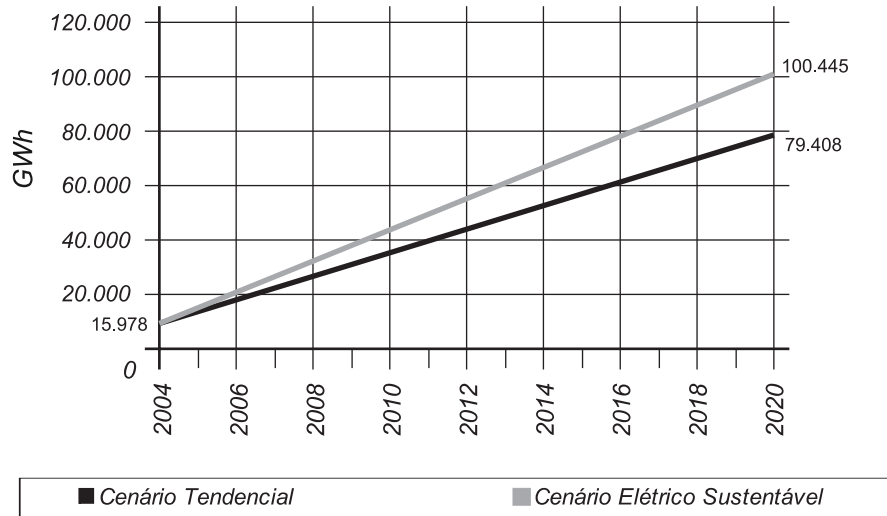
**Figura 9:** A participação da capacidade instalada para geração de eletricidade a partir de fontes renováveis (ano base, cenários Tendencial e Elétrico Sustentável)



<sup>17</sup> Incluindo sistemas isolados e integrados à rede.

<sup>18</sup> Plano de Longo Prazo da Matriz 2023, Plano Decenal de Expansão do Ministério de Minas e Energia (2003-2012).

**Figura 10:** A projeção da geração de eletricidade a partir de fontes renováveis<sup>19</sup> nos cenários Tendencial e Elétrico Sustentável



O cenário Elétrico Sustentável aumenta em 26% a produção de eletricidade a partir de fontes renováveis (Figura 10) em relação ao cenário Tendencial, chegando a mais de 100 TWh em 2020. Este cenário possui maior participação de PCHs em detrimento de hidrelétricas de tamanho convencional, 6% em 2020, comparado com apenas 1% em 2004 e 3% no cenário Tendencial (Figura 11).

Para a construção do cenário Tendencial, a participação das fontes renováveis (PCHs, energia eólica, biomassa) acompanhou as projeções encontradas nos estudos consultados. Os resultados apresentados mostram que, em relação ao ano base 2004, existe um aumento relativamente maior da participação de PCHs de 1,3% para 3% e energia eólica de 0% para 3% da geração total em 2020.

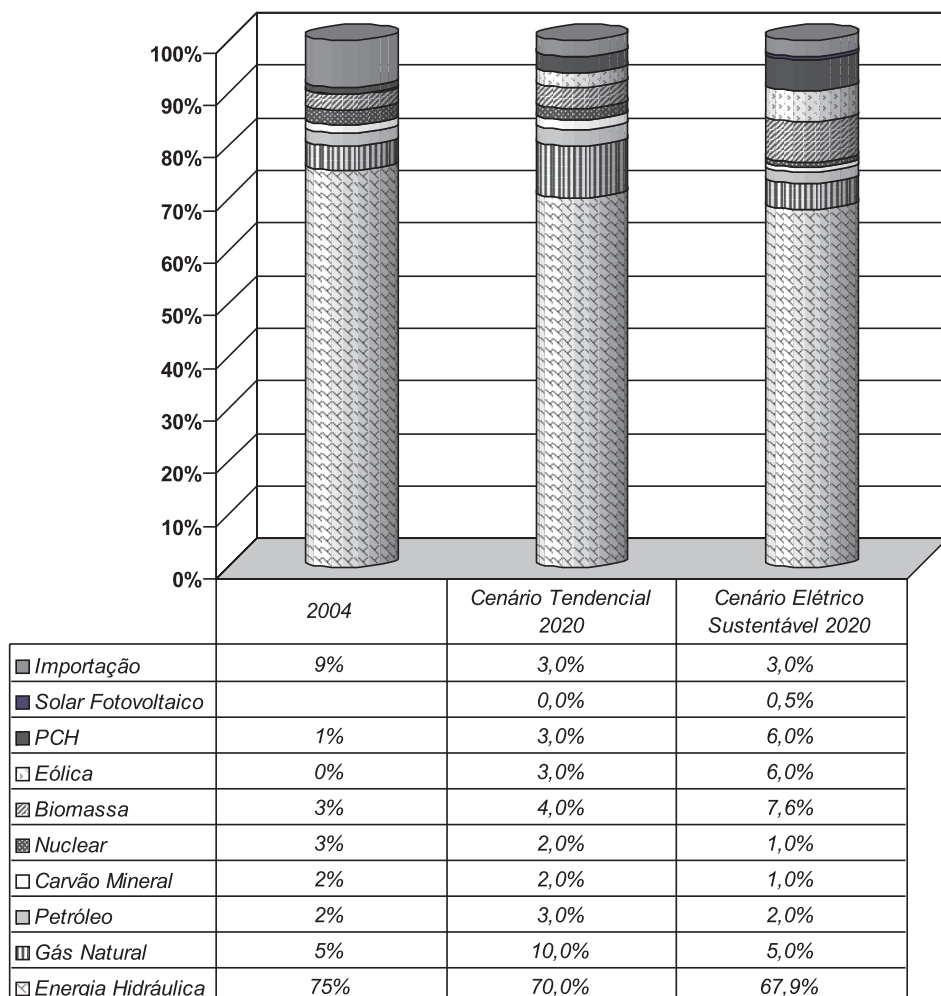
Para o cenário Elétrico Sustentável, foi assumida a criação de um PROINFA II, ou seja, a segunda fase do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, que seria financiado com 60% das economias conseguidas com as iniciativas de eficiência energética. O PROINFA II incluiria também a utilização de solar fotovoltaica. Foi assumido que os custos de geração a partir de biomassa seriam 20% menores que os do ano base, enquanto que os da energia eólica seriam reduzidos em 15% e os de PCH se manteriam no mesmo nível do ano base<sup>20</sup>. Essas reduções de custos seriam resultados de um programa de investimentos em P&D e de maior escala de comercialização dessas tecnologias.

O cenário favorável para a ampliação dessas fontes deverá ser acompanhado também de mudanças regulatórias que estimulem a geração distribuída, criando mecanismos tarifários apropriados para incentivar o uso de painéis fotovoltaicos em edificações, e das demais fontes renováveis mencionadas.

<sup>19</sup> As fontes renováveis consideradas são energia eólica, biomassa, solar (fotovoltaica) e PCHs

<sup>20</sup> No caso de PCH, buscou-se sinalizar com a manutenção de custos um possível aumento de dificuldades de exploração desses recursos, maior competição por usos de água etc.

**Figura 11:** A participação das fontes na geração de eletricidade: cenário Tendencial e cenário Elétrico Sustentável



## 6.2 • AS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

### 6.2.1 • BIOENERGIA

A biomassa é para a União Européia (UE) a fonte de energia renovável mais representativa na produção de energia. Para 2010, a Comissão Européia estima que a biomassa energética representará mais de 80% (230 TWh de eletricidade e 75 Mtoe de calor) do total da contribuição das fontes renováveis dos seus países membros (ECOTEC, 2002). De acordo com as associações de comércio de fontes renováveis, seriam gerados 1 milhão de empregos caso todo potencial da UE fosse explorado.

O Brasil, em março de 2005, possuía uma capacidade instalada de 3.070 MW (Porto, 2005). Com o PROINFA, foram contratados 685 MW a serem implantados até o final de 2007. No entanto, foram rescindidos contratos na ordem de 79,4 MW, devido, segundo seus empreendedores, às mudanças nos custos de conexão às subestações que inviabilizaram os empreendimentos (Canazio, 2006). A biomassa, assim como ocorre no caso da energia eólica, é uma fonte comple-

mentar à hidreletricidade nas regiões Sul e Sudeste, onde a colheita de safras propícias à geração de energia elétrica (cana-de-açúcar e arroz, por exemplo) ocorre em período diferente do chuvoso.

A utilização de biomassa para geração de energia é bastante interessante para o país, especialmente na direção de usos com maior conteúdo tecnológico como geração de eletricidade, produção de vapor e combustíveis para transporte. O fator mais importante para a redução de custos da energia de biomassa para os usos mencionados e, independentemente da tecnologia empregada, é a redução do custo da matéria-prima (incluindo os custos de coleta e transporte).

O custo da biomassa no país e alta eficiência de sistemas modernos de geração de eletricidade, especialmente através da gaseificação de biomassa e uso do gás em ciclos combinados, justificam maior atenção para o desenvolvimento dessas tecnologias no Brasil. É ainda necessário, no entanto, identificar o consumo da madeira com finalidade energética no país, bem como de resíduos agrícolas com potencial para utilização energética.

Como áreas de interesse para atividades de P&D em biomassa podem ser relacionadas (CGEE, 2003):

- Desenvolvimento de processos mais eficientes para uso de madeira como fonte de energia no setor residencial;
- Recuperação dos produtos gasosos condensáveis na carbonização da madeira;
- Melhorias de técnicas para a implementação e manejo de florestas energéticas em áreas marginais à agricultura para alimentos e de outras biomassas como a própria cana-de-açúcar, incluindo o melhoramento da produção da matéria prima (melhoramento genético, técnicas de produção, equipamentos etc.);
- Desenvolvimento de projetos de demonstração de gaseificadores de pequeno porte (até 1 MW) verificando eficiências, custos, impactos ambientais, desempenho e condições de operação em regiões isoladas do país;
- Acompanhamento das atividades de demonstração no exterior com gaseificadores de grande porte (maior que 10 MW) e implementação de um ou dois projetos de demonstração no país;
- Desenvolvimento de estudos da gaseificação de biomassa no país;
- Análise do uso de combustíveis complementares para tecnologias já comerciais (co-geração, queima direta nos setores de papel e celulose e cana-de-açúcar).

Com relação à biomassa de cana-de-açúcar no cenário Elétrico Sustentável, se para 2020 for considerado um fator de 50 kWh/t<sup>21</sup> cana e uma produtividade de 90 t cana/ha<sup>22</sup>, o total de área plantada de cana-de-açúcar requerida para atender a projeção de eletricidade produzida será de 8,4 milhões de hectares, um aumento de 2,8 milhões de hectares em relação à área plantada de cana-de-açúcar em 2004<sup>23</sup>, ano base considerado nesse trabalho. Tal expansão deverá se dar sem detrimento dos

<sup>21</sup> Considerando para 2020 geração em alta pressão (60-80 kgf/cm<sup>2</sup>) com cerca de 15% de palha adicional (Macedo, 2006). No Brasil é comum o aproveitamento de todo bagaço para a produção de energia.

<sup>22</sup> Os valores atuais estão para o estado de São Paulo em cerca de 30 kWh/t cana e 85 t cana/ha.

<sup>23</sup> IBGE, 2006. [http://www.ibge.com.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=498&id\\_pagina=1](http://www.ibge.com.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=498&id_pagina=1) acessado em 7/08/2006.

recursos naturais. Para este cenário, assume-se também que exista uma escolha de variedades e biomassa que não exijam irrigação adicional nem solos de qualidade que possam competir com outros tipos de agricultura. Estima-se que, para o Brasil atender a futura demanda mundial por etanol em 2025 (para substituir 10% da demanda por gasolina), seriam necessários 35 milhões de hectares de novos canaviais, cuja expansão se daria sem substituição de culturas, sem necessidade de irrigação, apenas utilizando a disponibilidade existente de terras segundo critérios do estudo elaborado pelo Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da Unicamp (NIPE, 2005). Dessa forma, a expansão da área cultivada de cana-de-açúcar no cenário Elétrico Sustentável corresponderia a menos de 10% da expansão da área plantada do estudo mencionado.

Porém, para permitir o aproveitamento de todo potencial existente e do potencial futuro de energia de biomassa de cana-de-açúcar, é necessária uma estratégia baseada em três medidas. Primeiro, os critérios de valorização praticados no âmbito dos leilões de energia nova, inclusive o ICB - Índice de Custo Benefício e o CEC - Custo Econômico de Curto Prazo, deveriam ter valores pré-estabelecidos dentro de uma faixa móvel com teto e piso, assegurando a rentabilidade dos investimentos. Segundo: considerando que a bioeletricidade da cana-de-açúcar tem consumo próprio, a legislação do desconto da tarifa do uso do fio, atualmente determinada em 30 MW de potência instalada, deveria considerar potência disponibilizada para venda e não potência instalada, aumentando para 50 MW. Terceiro: deve-se aprovar a complementaridade dessa fonte que é sazonal e complementar a hidreletricidade no caso de venda no mercado.

## 6.2.2 • ENERGIA EÓLICA

O mercado de energia eólica é o que cresce mais rápido dentre as chamadas fontes alternativas de energia, a uma taxa média anual de 40% no mundo. A União Européia é o maior mercado para se desenvolver a energia eólica, com 75% da capacidade instalada mundial de 18.5 GW, e com estimativas de crescimento da sua capacidade instalada 12 GW em 2000 para 60 GW em 2010 (ECOTEC, 2002). No entanto, já em 2005 atingiu-se uma capacidade de 40.5 GW, de um total mundial de 59,3 GW de acordo com GWEC (2006). Isto fez com que a União Européia atingisse com cinco anos de antecipação o objetivo estabelecido de aumentar sua capacidade instalada para 40 GW em 2010. Outros estudos são ainda mais otimistas com relação ao crescimento da capacidade instalada de energia eólica no mundo, apontando o valor de 120,6 GW até o final de 2007 (EWEA & Greenpeace, 2003).

Hoje essa tecnologia está prestes a se tornar economicamente viável para competir com as fontes tradicionais de geração de eletricidade em países como Alemanha, Dinamarca, EUA, e mais recentemente na Espanha, entre outros. Além disso, é grande o potencial eólico a ser explorado em diversos países. Existem oportunidades de melhoramentos tecnológicos, bem identificados internacionalmente, que devem levar a reduções de custo e permitem estabelecer metas bastante ambiciosas para instalação de sistemas de geração nos próximos 30 anos.

No Brasil, particularmente na região Nordeste, a energia eólica é uma alternativa para complementar a hidreletricidade, já que o período com maior regime de ventos ocorre quando há baixa precipitação de chuvas. Além do mais, o maior potencial eólico brasileiro encontra-se nessa região. A capacidade instalada nacional é de 29 MW (ANEEL, 2006) com a participação de diversos grupos nacionais, universidades e grupos estrangeiros, especialmente da Alemanha e Dinamarca. Já existe inclusive a produção de turbinas eólicas no país.

De acordo com o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (MME, 2001), considerando somente velocidades de vento maiores do que 7 m/s, o Brasil possui um potencial de geração de eletricidade de 272 TWh/ano para uma capacidade instalável de 143,5 GW, o que ocuparia uma área de 71.735 km<sup>2</sup> (utilizando-se de uma estimativa de densidade média conservadora de 2 MW/km<sup>2</sup>). Dessa forma, mesmo com o incremento assumido, o cenário Elétrico Sustentável utiliza somente 11% do potencial de geração de eletricidade a partir da energia eólica.

A energia eólica ainda apresenta custo de geração alto no país, havendo a necessidade de incentivos para a sua maior inserção na matriz elétrica nacional. O PROINFA surgiu com essa finalidade. A sua primeira fase contratou 1.423 MW de empreendimentos eólicos inicialmente previstos para entrarem em operação em 2007 (Machado, 2005). No entanto, atualmente, somente cinco projetos estão em andamento, totalizando apenas 208,3 MW, segundo levantamento da Agência Nacional de Energia Elétrica, feito no mês de abril de 2006, com perspectivas de extensão do prazo em um ano (Canazio, 2006).

Além de procurar expandir o mercado para a introdução de energia eólica, é necessário também maior conhecimento e adaptações tecnológicas para o país poder tirar maior proveito do potencial dessa energia. As áreas mais importantes para um programa de P&D em energia eólica são:

- Desenvolvimento de máquinas para situações específicas no Brasil, observando o regime de ventos e melhoria de eficiências;
- Consolidação de dados de potencial eólico;
- Integração de parques eólicos ao sistema interligado.

A experiência com o PROINFA indica a necessidade de instalar unidades fabris no país para atender a demanda por equipamentos e serviços, e em particular para disseminar os resultados obtidos através dos esforços de P&D.

### **6.2.3 • PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCHs)**

A capacidade mundial instalada de PCHs no ano 2000 era de 23 GW, valor que cresce cerca de 2-3% ao ano, mas muito inferior ao potencial estimado de 2000 GW (CGEE, 2003). No Brasil, inventários realizados estimam um total de 7,3 GW disponíveis, além da capacidade já instalada que, de acordo com a ANEEL, é de 1,4 GW (ANEEL, 2006).

É ainda possível reativar PCHs antigas ou promover repotenciamento daquelas existentes, adicionando cerca de 0,68 GW de capacidade (CGEE, 2003).

O mercado nacional possui fabricantes que podem fornecer quase a totalidade dos equipamentos para PCHs. Nas instalações acima de 5 MW, há grandes empresas com alguma tecnologia atualmente licenciada. Já os mercados para instalações menores que 5 MW, em geral, têm sido atendidos por inúmeras pequenas empresas totalmente nacionais. A engenharia e/ou projetos na área contam com profissionais e recursos modernos, embora em grande parte não sejam nacionais.

São necessários ainda alguns esforços de modernização tecnológica, especialmente, nas instalações de pequeno porte. É necessário resolver, também, alguns aspectos legais e técnicos

relacionados com o meio ambiente, os procedimentos para interligação à rede, avançar no conhecimento do uso múltiplo das águas e otimizar controles de carga/frequência. Há suficiente informação hidrológica (mais de 10 mil estações flúvio e pluviométricas), mas é necessário avançar nos estudos de inventário, especialmente em bacias de médio e pequeno portes.

É importante notar que grande parte de trabalhos de engenharia e projetos para PCHs conta com profissionais no país. Várias tecnologias para PCHs são produzidas no país com fabricantes nacionais e estrangeiros, embora muitas vezes a partir de projetos desenvolvidos no exterior. Há um grande potencial para o desenvolvimento de ferramentas para estudos de inventários de bacias hidrográficas, especialmente nas bacias de médio e pequeno portes, e para recapacitação ou repotenciação – adequação e correção de turbinas e geradores para maior capacidade e eficiência – das usinas mais antigas.

#### 6.2.4 • ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O mercado mundial de energia solar fotovoltaica continua mantendo um elevado crescimento anual: expandiu 42% de 2003 a 2004, atingindo 2,6 GWp<sup>24</sup> (IEA-PVPS, 2006), dos quais 2,1 GWp correspondem a aplicações conectadas à rede. Apenas ao longo da última década, o mercado duplicou quatro vezes. Da capacidade instalada em 2004 (770 MW), 94% foram instaladas somente no Japão, Alemanha e Estados Unidos. No caso brasileiro, o mercado ainda é incipiente, limitando-se a programas governamentais, como o PRODEEM, e a projetos de eletrificação de comunidades isoladas.

A modularidade, favorecendo sistemas distribuídos, já demonstra aplicações importantes para regiões isoladas no Brasil e poderá ser de importância crescente para aplicações de maior porte, em 10-20 anos, interconectadas à rede elétrica. O silício é o material predominantemente utilizado em sistemas fotovoltaicos no mundo e o país possui 90% das reservas mundiais economicamente aproveitáveis. A tecnologia hoje é baseada em “bolachas de silício” (*silicon wafers*), mas já existe uma segunda geração de tecnologias baseada nos chamados filmes finos (*thin films PV technologies*).

É importante para o Brasil desenvolver uma estratégia de P&D para essa área visando:

- Análise das necessidades tecnológicas e viabilidade econômica para a produção de silício de grau solar no país. A indústria brasileira de painéis fotovoltaicos utiliza restos de silício de “grau eletrônico”, de custo mais elevado;
- Apoio ao desenvolvimento de células e painéis solares no país a partir de silício de “grau solar”;
- Desenvolvimento e produção de componentes, sistemas eletrônicos, conversores e inversores para painéis fotovoltaicos;
- Desenvolvimento de mecanismos regulatórios e tarifários para incentivar a criação de um mercado para essa tecnologia, como já é adotado em diversos países;
- Criação de normas técnicas e padrões de qualidade.

---

<sup>24</sup> Para os países pertencentes ao programa IEA-PVPS.

O cenário Elétrico Sustentável considerou uma insolação diária de 18 MJ/m<sup>2</sup> e uma eficiência de conversão de 10% (Gadgil *et al.*, 1999). Dessa maneira, em 2020 seria necessária uma área de 13,72 km<sup>2</sup> (1372 ha) de painéis fotovoltaicos. É importante ressaltar que grande parte desses painéis deverá estar integrada ao ambiente construído, ou seja, em telhados e paredes de edifícios, interconectados à rede e participando como fontes de geração distribuída.

### **6.3 • A COMPETÊNCIA NACIONAL EM PESQUISA & DESENVOLVIMENTO NA ÁREA DE FONTES RENOVÁVEIS**

Embora um mapeamento de competências em energia no país seja ainda muito precário, é possível afirmar que em muitas áreas já existe densidade e competência em nível internacional (Jannuzzi e Carmeis, 2002).

Um outro fato relevante é a coleta de informações sobre o setor empresarial. Existem indústrias que estão desenvolvendo atividades em P&D na área de fontes renováveis, seja de forma isolada ou associada a grupos de centros de pesquisas. É muito provável que exista no país capacitação industrial para a produção de diversos componentes necessários para as tecnologias de energia renovável. Já existem também indústrias de equipamentos solares e de energia de biomassa que estão investindo em melhorias técnicas através de pesquisa e desenvolvimento. Equipamentos como coletores solares já estão sendo certificados pelo grupo da PUC-Minas (Green Solar). Esse é um importante passo para o aumento da qualidade técnica e a eficiência dos equipamentos. No entanto, é necessário manter um suporte de P&D para garantir contínua melhoria dos padrões técnicos e suporte para o desenvolvimento industrial. Para isso, será necessário determinar prioridades para P&D.

Na área de energia eólica, um grande fabricante internacional de turbinas eólicas possui instalações industriais no país e exporta seus produtos. Outros grupos importantes do cenário internacional também estão se fazendo presentes no Brasil. Embora essa tecnologia já esteja comercialmente bastante avançada no mundo, é importante determinar quais adaptações são necessárias e verificar as oportunidades de aumentar a participação da indústria nacional para viabilizar sua utilização e integração ao sistema elétrico nacional. Na medida em que esses equipamentos sejam incorporados à rede convencional de energia, como tem sido a expectativa, será importante desenvolver sistemas de certificação e controle de qualidade, o que irá exigir infra-estrutura técnica e recursos humanos.

Além disso, existem no país cerca de 10 centros de referência em energias renováveis, que têm como objetivo principal coletar informações sobre tecnologias, atividades, projetos de pesquisa, dados estatísticos e pesquisadores. Vários desses centros também executam e coordenam projetos próprios de P&D em fontes renováveis, competindo em algumas situações entre si e com grupos de universidades. O Ministério da Ciência e Tecnologia tem sido um dos principais organizadores desses centros e vários possuem atividades financiadas pelo CNPq, pela FINEP, pela Caixa Econômica Federal, e mais recentemente pelos Fundos Setoriais (CTEnerg).

Em termos temáticos, é possível verificar pela Tabela 5, áreas de superposições e possibilidades de maior cooperação entre os centros. Um papel importante que estas instituições poderiam exercer seria a promoção de atividades em formato de redes temáticas dentro de programas de P&D. Existem possibilidades importantes de interação entre

tecnologias solares e edificações, por exemplo. Outras áreas que merecem especial atenção são a coleta padronizada de dados meteorológicos e a confecção de mapas e inventários eólicos e solarimétricos.

**Tabela 5:** Centros de referência relacionados a energias renováveis

GREEN SOLAR - Grupo de Estudos de Energia Solar (PUC Minas) <a href="http://www.green.pucminas.br">http://www.green.pucminas.br</a>	Energia solar térmica
CERBIO Centro de Referência em Biocombustíveis (TECPAR) <a href="http://www.tecpar.br/cerbio">http://www.tecpar.br/cerbio</a>	Biocombustíveis
CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa (USP) <a href="http://www.cenbio.org.br/">http://www.cenbio.org.br/</a>	Biomassa energética
CBEE - Centro Brasileiro de Energia Eólica <a href="http://www.eolica.com.br/">http://www.eolica.com.br/</a>	Energia eólica
CERPCH - Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos <a href="http://www.cerpch.unifei.edu.br">http://www.cerpch.unifei.edu.br</a>	Energia hidrelétrica, PCHs
CENEH - Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio (Unicamp) <a href="http://www.ifi.Unicamp.br/ceneh/">http://www.ifi.Unicamp.br/ceneh/</a>	Energia do hidrogênio
NAPER - Núcleo de Apoio a Projetos de Energias Renováveis (UFPE) <a href="http://www.ufpe.br/naper/">http://www.ufpe.br/naper/</a>	Uso de energia solar nas áreas rurais do Nordeste brasileiro
GEDAE - Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (UFPA) <a href="http://www.ufpa.br/gedae/">http://www.ufpa.br/gedae/</a>	Energia eólica, energia solar e sistemas híbridos
CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CEPEL) <a href="http://www.cresesb.cepel.br/">http://www.cresesb.cepel.br/</a>	Energia solar e eólica
INFOHAB - Centro de Referência e Informação em Habitação (ANTAC) <a href="http://www.infohab.org.br">http://www.infohab.org.br</a>	Energia no ambiente construído

## 7 • BENEFÍCIOS

### 7.1 • INTRODUÇÃO

O cenário Elétrico Sustentável traz benefícios econômicos através da redução nos custos totais dos serviços de energia para os consumidores. Os benefícios sociais são percebidos pela maior geração de empregos relacionados com o setor energético e ao mesmo tempo possibilita menores impactos ambientais, uma vez que reduz a necessidade de expansão de grandes usinas hidrelétricas.

Entretanto, o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica (PDEE) 2006-2015 prevê a construção de grandes usinas hidrelétricas na região amazônica. Como exemplo, tomamos os três aproveitamentos hidrelétricos previstos para a região: de Jirau (3.300 MW) e Santo Antônio (3.150 MW), que totalizam 6.450 MW, no rio Madeira, e o de Belo Monte (5.500MW), no rio Xingu. De acordo com os estudos para Belo Monte, anteriormente realizados pela Eletrobrás, esta usina terá capacidade instalada de 11.000 MW na sua configuração final. Neste Plano Decenal, uma primeira etapa do empreendimento foi contemplada, com 10 máquinas de 550 MW, perfazendo um total de 5.500 MW.

O PDEE 2006-2015 também programou um aumento de 72% (1.050 MW) do parque termelétrico a carvão mineral instalado. Além disso, ainda projeta um aumento de 65% na

capacidade nuclear instalada nacional com a construção de Angra III (1.309 MW), sendo que, em dezembro de 2005, o parque nuclear era de 2.007 MW.

O cenário Elétrico Sustentável evitaria a implantação de 78.594 MW de novos empreendimentos, o que corresponderia, portanto, a aproximadamente 60 Angra III, ou 14 Belo Montes, ou sete vezes a capacidade instalada que o Plano Decenal de Expansão 2006-2015 programa dentro do horizonte decenal para a região amazônica<sup>25</sup>. As seções seguintes detalham os benefícios sociais, ambientais e econômicos associados ao cenário Elétrico Sustentável.

## 7.2 • BENEFÍCIOS SOCIAIS: GERAÇÃO DE EMPREGOS

As opções escolhidas no cenário Elétrico Sustentável têm a capacidade de aumentar a oferta de novos empregos em relação ao cenário Tendencial. Embora exista uma diminuição de empregos associados aos empreendimentos hidrelétricos e termelétricos a gás natural e carvão mineral, o resultado do cenário Elétrico Sustentável é amplamente compensado pelo incremento dado pelas fontes renováveis consideradas<sup>26</sup>.

A Tabela 6 apresenta uma estimativa de número de postos de trabalho<sup>27</sup> que podem ser criados com uma estratégia de fornecimento de serviços de energia através de fontes renováveis e geração distribuída<sup>28</sup>. As estimativas baseadas em coeficientes retirados da literatura indicam um aumento líquido de cerca de 3,5 milhões de novos empregos no cenário Elétrico Sustentável em relação ao Tendencial. A maior parte desses empregos advém do Programa Nacional para a Energia Solar Térmica e do aumento da geração a partir de biomassa.

As tecnologias descentralizadas poderão alavancar novos negócios, especialmente para pequenas e médias empresas. Países como Alemanha e EUA, por exemplo, viram nessas iniciativas uma estratégia para fomentar a formação de novas empresas de base tecnológica e criar novos empregos. A maior participação de bioeletricidade é uma oportunidade energética já reconhecida, de grande necessidade de mão-de-obra, mas as demais fontes também demandam novos profissionais, tanto no campo como nas zonas urbanas (Fagbenle, 2001). A maior inserção dos aproveitamentos eólico, solar fotovoltaico e de PCHs no cenário Elétrico Sustentável geraria cerca de 324 mil novos postos de trabalho até 2020 em relação a 2004, ao passo que para o cenário Tendencial seria de 149 mil novos empregos.

As estimativas de geração de empregos, resumida na Tabela 6, não incluem os novos postos de trabalhos que certamente deverão surgir devido ao aumento das atividades em efici-

<sup>25</sup> O PDEE 2006-2015 programa a instalação de três grandes hidrelétricas na região amazônica: Jirau (3.300 MW) e Santo Antônio (3.150 MW), no rio Madeira e a usina de Belo Monte – etapa 1 (5.500 MW), no rio Xingu.

<sup>26</sup> A parte mais intensiva em mão-de-obra de empreendimentos energéticos está relacionada com a fase de construção e implantação dos projetos, sendo bem menor a demanda de mão-de-obra na fase de operação dos mesmos.

<sup>27</sup> Totalizando os postos de trabalho na fase de implantação e de operação.

<sup>28</sup> Uma estimativa mais rigorosa sobre os impactos de diferentes cenários energéticos na geração de empregos necessita de uma modelagem macroeconômica que vai além dos esforços realizados neste trabalho. Uma metodologia adequada para esta questão é a análise insumo-produto que tem sido utilizada por diversos autores, tanto para quantificação dos impactos de programas de energia renovável como os de eficiência energética.

**Tabela 6:** Estimativa da geração de empregos para os cenários Tendencial e Elétrico Sustentável por fonte de geração de eletricidade

	INDICADORES		NÚMERO DE EMPREGOS GERADOS	
	Construção	Operação	Tendencial	Elétrico Sustentável
Energia Hidráulica	15 emp/MW	1% da fase de construção	800.587	83.583
Gás Natural	1,5 emp/MW	0,1 emp/MW	32.210	-891
Carvão Mineral	4,3 emp/MW	1,25 emp/MW	25.687	2.723
Biomassa	178 emp/GWh	-	3.545.616	4.627.858
Eólica	13 emp/MW	0,2 emp/MW	85.091	107.430
PCH	15 emp/MW	1% da fase de construção	64.113	85.650
Solar Fotovoltaico	82 emp/MW	0,2 emp/MW	-	130.540
Solar Térmico (a)	58 emp/MWpico <sup>2</sup>			3.000.000
		Total	4.553.304	8.036.893

Notas: <sup>1</sup> Total de postos criados nas fases de construção e operação. <sup>2</sup> MW retirados da ponta, calculados pela equação:  $MW_{pico} = n^{\circ} \text{ domicílios com aquecimento solar (Elétrico Sustentável 2020)} \times 2.5 \text{ kW} \times \text{FCP} (-0,6)$ . FCP = Fator de coincidência na ponta

Fontes: A estimativa do número de empregos gerados partiu de diversos estudos sobre impactos de empreendimentos energéticos e da literatura especializada (vide referências relativas a diversos relatórios da CELESC, CELG, CNEC, Consórcio Salto, Desenvix, Eletronorte e também Gil (2006), Guilhoto *et al.* (2001), Guilhoto *et al.* (2002), Ortiz & Happe (2005) nas referências bibliográficas). (a) PROSOLAR (MME-MMA).

ência energética<sup>29</sup>. Existem poucos trabalhos na literatura que fazem avaliações sobre impactos de programas de eficiência energética na geração de empregos. Dentre eles, estão os citados a seguir.

Geller *et al.* (1992) analisa, para os EUA, os impactos considerando maiores atividades na área de eficiência energética em detrimento às atividades econômicas relacionadas com o suprimento de energia nos EUA. É um estudo utilizando técnicas de insumo-produto, contabilizando todos os setores da economia e verifica que existe um saldo positivo na geração de empregos no cenário de alta eficiência energética quando comparado com o cenário de referência considerado.

Outros trabalhos que demonstram aumento líquido na geração de empregos através de investimentos em eficiência energética para os EUA são Laitner S., S. Bernow, J. DeCicco. 1998. "Employment and other macroeconomic benefits from innovation-led climate strategy for the United States". Energy Policy, vol. 26(5), pp. 425-432; "Modeling the Economic Impacts of National and State Energy Policy Scenarios", relatório do U.S. PIRG (Public Interest Research Group – www.uspirg.org).

<sup>29</sup> O relatório da União Européia, em seu Anexo 5, (European Union, 2005) estima que, se um aumento de eficiência em 20% fosse efetivado hoje, cerca de dois milhões de empregos por ano poderiam ser criados.

Uma adaptação do modelo insumo-produto desenvolvido para os EUA foi aplicada para a África do Sul para verificar os impactos do aumento em 5% na eficiência energética (eletricidade) daquele país até 2010. Os resultados mostraram um aumento de cerca de 39 mil novos empregos em relação ao cenário Tendencial (Laitner, 2001).

No campo da eficiência energética, novas oportunidades de geração de empregos podem acontecer, especialmente com a criação de empresas do tipo ESCOs (*Energy Saving Companies*), como demonstrado em anos anteriores em consequência dos investimentos compulsórios das concessionárias de eletricidade em programas de eficiência.

## 7.3 • BENEFÍCIOS AMBIENTAIS

### 7.3.1 • REDUÇÃO DE ÁREAS ALAGADAS

Os esforços para aumentar a eficiência energética do cenário Elétrico Sustentável contribuem positivamente para limitar a expansão de hidrelétricas e conseqüentemente para a preservação da biodiversidade, especialmente quando se tem em conta que a maior parte da expansão planejada deverá vir de PCHs. Tais unidades de PCHs normalmente têm um impacto ambiental absoluto menor em relação às grandes hidrelétricas, e tendem a ser localizadas geograficamente nas regiões Sul e Sudeste. Entretanto, em função da já crítica situação da Mata Atlântica, quanto menor for a necessidade de implantação de usinas hidrelétricas, incluindo-se aí as PCHs, menor serão os danos sobre a sua biodiversidade. Tal necessidade é claramente menor no cenário Elétrico Sustentável em comparação ao cenário Tendencial.

Já na região amazônica, apesar de deter cerca de 40% (104 GW) do potencial hidrelétrico brasileiro, a relação entre a área de reservatório necessária por MW instalado nessa região é significativamente elevada em relação à média nacional<sup>30</sup>. Portanto, caso a geração hidrelétrica adicional requerida em 2020 pelo cenário Tendencial fosse gerada na região amazônica, seriam alagados 69.605 km<sup>2</sup> de floresta, uma área maior do que a dos estados brasileiros do Rio de Janeiro (43.696 km<sup>2</sup>), Espírito Santo (46.077 km<sup>2</sup>), Alagoas (27.768 km<sup>2</sup>), Sergipe (21.910 km<sup>2</sup>), Paraíba (56.440 km<sup>2</sup>) e Rio Grande do Norte (52.797 km<sup>2</sup>).

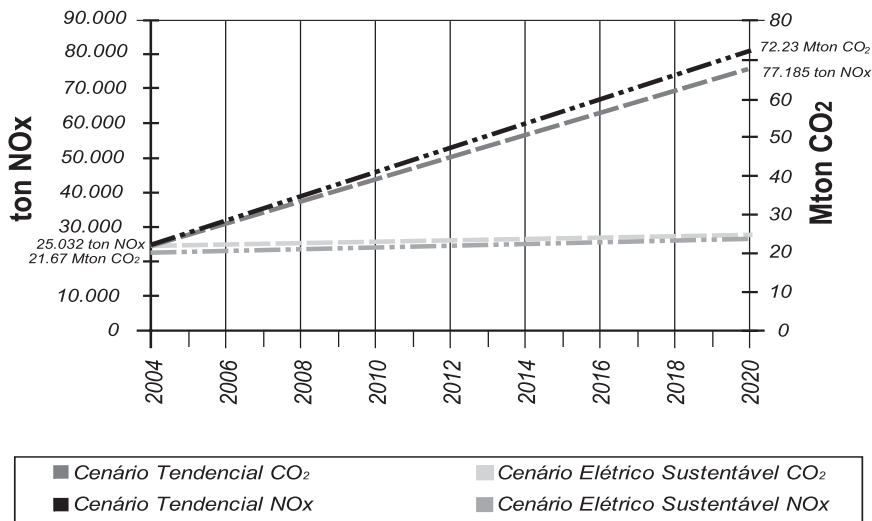
Já o cenário Elétrico Sustentável requer uma área alagada aproximadamente sete vezes menor do que a requerida pelo cenário Tendencial em 2020. Na média, seriam inundados 142 km<sup>2</sup> até 2020 pelo cenário Elétrico Sustentável, enquanto para o cenário Tendencial essa área seria de 955 km<sup>2</sup>.

### 7.3.2 • REDUÇÃO DE EMISSÕES DE POLUENTES

A combinação de medidas de eficiência energética, tanto do lado da oferta como da demanda, e maior utilização de fontes renováveis, que substituem a termoeletricidade de origem fóssil, possibilitou a formulação do cenário Elétrico Sustentável que reduz drasticamente as emissões, de CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> em comparação ao Tendencial, praticamente oferecendo uma possibilidade de estabilização de emissões ao nível do ano base 2004 (Figura 12).

<sup>30</sup> Esta relação potência/área é de 0,82 MW/Km<sup>2</sup> para a região amazônica, enquanto a relação média potência/área dentre todas as usinas hidrelétricas em operação no país é de 59,79 MW/Km<sup>2</sup>. Dados obtidos a partir de informações retiradas no sítio da Eletrobrás.

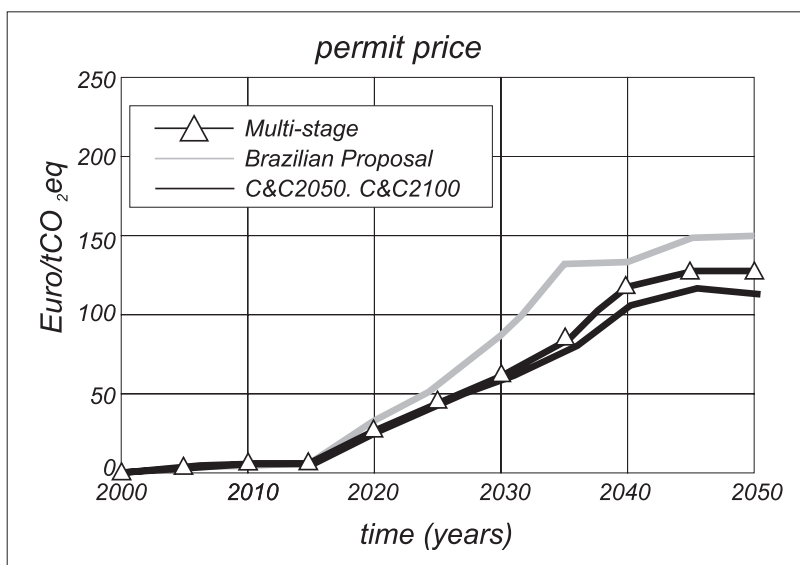
**Figura 12:** Emissões de CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> para o ano base, cenário Tendencial e cenário Elétrico Sustentável (tCO<sub>2</sub>)



Pode ser interessante considerar também a possibilidade de captar créditos de carbono com as emissões evitadas através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) previsto no Protocolo de Quioto.

Se fossem comercializados os créditos de carbono obtidos com o cenário Elétrico Sustentável a um custo internacional de 32 euros/tonCO<sub>2</sub>e, o cenário apresentaria ainda um crédito de R\$ 5,6 bilhões em 2020, ou cerca de 2% do custo total estimado do cenário Elétrico Sustentável. Se forem consideradas as emissões acumuladas durante o período 2004-2020, o cenário Elétrico Sustentável totaliza 413 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, o que poderia significar uma receita acumulada de R\$ 47,5 bilhões nesse período.

**Figura 13:** Comportamento do preço (euro/tCO<sub>2</sub>e) das reduções de emissões para as três propostas analisadas: Proposta Brasileira, Contração e Convergência e Multi-etapas.



Fonte: Den Elzen et al., 2005.

O valor utilizado de € 32/tCO<sub>2</sub>e é um valor médio para 2020, retirado do estudo realizado por Den Elzen *et al.* (2005). Nesse trabalho são analisadas as demandas por certificados de carbono, necessárias para atingir reduções de emissões de gases do efeito estufa (GEE), em três propostas para o regime pós-2012: Proposta Brasileira, Contração e Convergência e Multi-etapas. No gráfico acima são apresentados os resultados das estimativas para os preços dos créditos de redução de emissões de GEE praticados. Pode se observar com certa evidência que, para o período de 2010 a 2050, os preços dos créditos de redução de emissões de GEE apresentam grande crescimento - de € 2 a € 120-150 tCO<sub>2</sub>e -, resultante do rápido aumento das metas de redução de emissões para todas as regiões e do formato exponencial das curvas de custo marginal de abatimento.

No entanto, é importante ressaltar que a grande incerteza sobre o delineamento a ser dado ao futuro regime internacional de enfrentamento das mudanças climáticas e a conseqüente dificuldade de se predizer, com razoável precisão, o comportamento do mercado de carbono após o primeiro período de compromisso, são fatores a justificar, de certa forma, a existência de poucas estimativas e projeções para além de 2012.

Entende-se, portanto, que o cenário Elétrico Sustentável representa a melhor opção de oferta de energia elétrica em relação ao cenário Tendencial, apresentando ganhos tanto em termos dos aspectos sociais quanto ambientais no senso restrito.

## 7.4 • BENEFÍCIOS ECONÔMICOS

O cenário Elétrico Sustentável, conforme apresentado anteriormente, significou uma redução de 12,5% em relação aos custos necessários para atender a demanda projetada no cenário Tendencial, equivalente a uma economia de R\$ 33 bilhões que deixariam de ser recolhidos dos consumidores até o ano de 2020. Os custos do cenário Elétrico Sustentável incluem os custos de fornecimento de eletricidade conjuntamente com os da expansão de capacidade instalada para este cenário, custos associados a programas de eficiência energética e os custos decorrentes de maior uso de fontes renováveis.

Além disso, é importante também ressaltar os benefícios relativos ao aumento de segurança do suprimento de gás natural, uma vez que os esforços para estabilizar a expansão de termelétricas e aumento de eficiência na produção de eletricidade praticamente mantêm o consumo de gás natural no cenário Elétrico Sustentável (2020) nos níveis de 2004.

## 8 • AS BARREIRAS

### 8.1 • INTRODUÇÃO

A introdução de medidas que favorecem as tecnologias de energias renováveis ou mais eficientes não ocorre como um processo natural ou porque tais tecnologias sejam viáveis economicamente em muitos casos. Essas medidas requerem mudanças significativas no comportamento do consumidor, no modo como estes e as companhias de energia tomam suas decisões de

investimentos e, principalmente, como a sociedade gerencia seus recursos energéticos através dos agentes públicos (agências de governo e órgãos de regulação). A viabilização de um cenário como o proposto Elétrico Sustentável exige novas orientações para a política pública de energia e novos comportamentos tanto dos consumidores, das empresas que produzem e comercializam energia elétrica como dos fabricantes de equipamentos.

É necessário ter um plano estratégico de modo a promover as mudanças requeridas e a implantação efetiva das medidas de eficiência de energia, bem como maior utilização de fontes renováveis. É fundamental a perspectiva de longo prazo para promover alterações em um setor tão complexo como o setor de produção e consumo de energia, principalmente, porque a maturação de investimentos e a vida útil de grande parte das tecnologias são também longas. Nesse relatório, apresenta-se uma análise das principais barreiras encontradas e soluções que podem ser adotadas para a implementação de eficiência energética e para maior utilização de fontes renováveis. São sugeridas algumas políticas que poderão compor programas específicos e que podem ser implementados pelas Companhias de Eletricidade (CEs), pelo governo e diversas agências governamentais, organizações não governamentais (ONGs), associações empresariais etc.

O cenário Elétrico Sustentável também contempla mudanças do lado da oferta, com redução de perdas, maior uso de geração distribuída, maior eficiência de termelétricas e cogeração. Neste relatório, são consideradas de maneira mais detalhada as mudanças que serão exigidas com relação ao lado da demanda. O planejamento da demanda de energia é cada vez mais necessário e exigirá um grande esforço de coordenação e liderança do setor público através de políticas e mesmo ações diretas, procurando influenciar o comportamento do consumidor, desenvolvimento econômico e alterações na evolução e disseminação das tecnologias de uso final (Bruggink *et al.*, 1995).

Embora as duas principais características que compõem o cenário Elétrico Sustentável – eficiência energética e fontes renováveis – sejam elementos que praticamente não encontram oposições explícitas no debate sobre o futuro energético, a realidade tem apresentado diversas e sérias barreiras que devem ser enfrentadas, especialmente através de políticas públicas, para que se registrem avanços como os que foram simulados no cenário Elétrico Sustentável. Diversos autores têm se dedicado à análise das barreiras existentes. Além disso, diversas propostas têm sido experimentadas para acelerar o desenvolvimento e disseminação comercial de tecnologias e práticas relacionadas com produção e uso eficiente de energia e fontes renováveis<sup>31</sup>.

Essa seção apresenta de maneira sucinta alguns dos principais aspectos que dificultam a efetiva implantação de medidas e tecnologias que favorecem a eficiência energética e o maior uso de fontes renováveis. É importante entender as dificuldades existentes nos diversos níveis de decisão, desde os consumidores até empresas de energia, fabricantes de equipamentos, órgãos reguladores e os agentes públicos com o devido mandato para a elaboração de políticas de interesse da sociedade.

Algumas dessas barreiras são específicas para eficiência energética, outras para fontes renováveis e muitas se aplicam aos dois casos. Dentre as principais barreiras identificadas,

---

<sup>31</sup> Apenas para ilustração, podem-se mencionar os seguintes trabalhos: Reddy, 1991; Howarth e Andersson, 1993; Usaid, 1997; Jannuzzi, 2000; Geller, 2003; Wiser, Murray *et al.*, 2003; entre outros.

estão aquelas relacionadas ao planejamento energético, informação, barreiras legais e regulatórias, barreiras financeiras e decisões de investimentos, barreiras tecnológicas e de infra-estrutura, tarifas, impostos e preços de energia, diversidade de atores e de expectativas.

## 8.2 • PLANEJAMENTO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ainda existe tradicionalmente uma forte predominância do planejamento voltado para a oferta de energia. O planejamento tradicional que tem sido praticado tende a associar maior credibilidade às alternativas de geração de energia altamente centralizadas e não favorece investimentos em medidas de conservação de energia ou em opções descentralizadas de produção de eletricidade (seja através de fontes renováveis ou não). Dessa maneira, a estrutura de planejamento energético no Brasil tem sido uma importante barreira para o país planejar ações mais agressivas de promoção de conservação de energia em maior escala e com maior coordenação.

Os Planos Decenais que são preparados pelo governo são bem detalhados e possuem boa qualidade técnica nos aspectos relacionados com o planejamento da oferta de eletricidade. No entanto, mesmo com a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o detalhamento de opções de conservação de energia, com metas quantificadas, custos, elaboração de estratégias, é ainda extremamente modesto, senão inexistente. O Brasil continua a aplicar um conceito de planejamento essencialmente baseado na oferta.

## 8.3 • BARREIRAS LEGAIS E REGULATÓRIAS

Existem barreiras legais que limitam o objetivo das atividades de planejamento e ações das companhias de energia. Impedem a elaboração e a futura implantação de um tipo de planejamento que possa facilitar o avanço de medidas de eficiência energética e de fontes renováveis.

Por exemplo, no campo regulatório, a principal barreira está relacionada com a maneira de remunerar as empresas de energia, baseada no preço-teto (*price-cap*). Essa característica incentiva as empresas geradoras e distribuidoras a produzirem e venderem mais kWh para aumentarem seus lucros, o que limita o exame de alternativas de investimentos para conservar eletricidade ou outras ações que possam substituir a eletricidade ou diminuir o seu consumo.

Para que programas de eficiência energética continuem a ser desenvolvidos pelas próprias empresas, como é o caso brasileiro, é necessário reconhecer que essa atividade também deva apresentar incentivos financeiros para elas. Deve-se oferecer outro tipo de regulação que propicie vantagens para que elas possam desenvolver bons programas, sem que isso represente perdas de receitas.

Outro tipo de regulação, como a chamada receita-teto (*revenue-cap*), como é atualmente aplicada para as empresas de transmissão de energia no Brasil, fixa a remuneração anual da empresa que então passa a explorar possibilidades de reduzir os seus custos e não tem interesse, em aumentar a venda de kWh. Existem diversas maneiras de introdução de medidas de regulação incentivando a eficiência energética em mercados competitivos (Nadel *et al.*, 1992).

## 8.4 • TARIFAS, IMPOSTOS E PREÇOS DE ENERGIA

As tarifas de eletricidade, em muitos casos, têm sido uma barreira para atrair consumidores e investimentos em eficiência de energia e em novas fontes de energia. No Brasil, praticamente nenhuma mudança tem ocorrido em termos de opções tarifárias para os consumidores desde a década de oitenta, quando foram introduzidas as tarifas horo-sazonais. Em diversos países, tarifas especiais têm sido introduzidas para incentivar a adoção de tecnologias mais eficientes ou então melhor remunerar investidores em tecnologias para geração de eletricidade através de fontes renováveis.

Por exemplo, em alguns países - como Japão, EUA e Alemanha - é possível uma residência que possua painéis fotovoltaicos vender o excedente de sua eletricidade em alguns períodos do dia e com esse crédito comprar energia durante a noite ou em outros períodos. Desse modo, não existe a necessidade de hiperdimensionar esse sistema ou investir em caros sistemas de armazenamento, melhorando assim o custo-benefício para o consumidor que está utilizando energia solar.

A alta carga tributária distorce também as oportunidades de investimento em eficiência de energia e geração distribuída. De um modo geral, ainda no Brasil o peso da energia elétrica nos gastos gerais de uma empresa é muito pequeno (na média entre 1% a 4% dos gastos mensais das empresas). Muitas vezes os encargos e impostos são mais significativos para uma empresa que a sua própria conta de eletricidade, o que diminui a importância e atenção para iniciativas relacionadas com redução de consumo<sup>32</sup>.

## 8.5 • SUBSÍDIOS E BARREIRAS FINANCEIRAS

A existência da Conta de Consumo de Combustíveis (CCC) é um exemplo de distorção financeira para o uso de eletricidade em algumas regiões do país. A CCC é uma taxa recolhida dos consumidores para financiar a utilização de combustíveis fósseis (diesel) para geração de eletricidade especialmente nas regiões isoladas do norte do país, mas também por usinas térmicas do sistema interligado. É um tipo de subsídio que favorece o desperdício de eletricidade e não auxilia a inserção de fontes renováveis em locais onde ela já poderia estar sendo utilizada de maneira economicamente viável.

Nos sistemas isolados da região Norte, por exemplo, por causa das distâncias envolvidas que podem significar o gasto de até dois litros de combustível para cada litro transportado, a produção de energia nas 80 principais localidades do interior amazonense tem um custo médio muito acima do poder aquisitivo dos consumidores da região. A manutenção por longos períodos desse tipo de subsídio, sem uma clara estratégia de sua extinção, não contribui para resolver os problemas de energia da região. Para o ano de 2006, mais de R\$ 4,5 bilhões estão sendo gastos com a CCC. No curto prazo, porém, deverá haver uma distinção entre a utilização dos recursos da CCC no sistema interligado e dos sistemas isolados que possuem uma realidade muito diferenciada.

---

<sup>32</sup> Informações coletadas a partir de pesquisa de campo realizada para o projeto Estudo para Avaliação de Impactos Econômicos decorrentes da Implantação de Tarifas Modificadas e Oportunidades para Eficiência Energética, CPFL-NIPE/Unicamp.

A maioria dos consumidores não faz investimentos em eficiência de energia - muitas vezes vantajosas, com rápido retorno do investimento inicial - porque não possui capital disponível (ou acesso a fontes de financiamento) para novos equipamentos mais eficientes, para fazer melhorias em suas instalações ou modernizar seus processos produtivos. Capital não é o único fator financeiro de restrição: um consumidor pode ter capital, mas a eficiência energética pode não ser sua prioridade para investimentos. Tipos diferentes de consumidores terão maneiras distintas de estimar os retornos econômicos sobre seus investimentos em eficiência de energia.

## **8.6 • BARRERAS TECNOLÓGICAS E DE INFRA-ESTRUTURA**

A disponibilidade de produtos de maior eficiência energética é importante para a criação de um mercado sustentado de tecnologias eficientes que podem ser introduzidas a partir das ações de Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD) e outros programas. O mesmo se aplica às tecnologias de geração descentralizada, geração eólica e energia solar. Diversas tecnologias ainda enfrentam problemas técnicos para ser produzidas ou utilizadas em algumas regiões do país.

Esses produtos, nacionais ou importados, necessitam de assistência técnica localmente disponível. A qualidade do equipamento é uma garantia de sucesso das ações do lado da demanda e pode ter reflexos no desempenho do próprio sistema elétrico. Muitas tecnologias novas e eficientes dependem da boa qualidade da rede elétrica para operar, caso contrário diminui-se o período de vida útil projetada dos equipamentos, colocando em risco os seus méritos técnicos e econômicos.

No caso de energia renovável de pequena escala (solar fotovoltaico, pequenas centrais eólicas e a partir de biomassa), pode acontecer que justamente nas áreas onde elas podem ser mais atrativas do ponto de vista econômico existam sérios problemas de fornecimento e manutenção, como nas áreas rurais, onde se concentra a maior demanda por eletrificação. A própria utilização do recurso energético disponível pode depender de infra-estrutura existente.

Por exemplo, um dos grandes problemas para a exploração do potencial eólico na região Nordeste é a inadequação da infra-estrutura de distribuição e transmissão que não foi concebida para esse tipo de fonte de energia. Será necessário desenvolver reforços para esse sistema e também realizar um aprendizado para despachar uma fonte de energia bem diferente da energia hidráulica e termelétrica, mais conhecidas do sistema brasileiro.

## **8.7 • DIVERSIDADE DE ATORES E DE EXPECTATIVAS**

É necessário considerar-se a diversidade dos atores envolvidos e suas diferentes percepções em relação aos impactos ambientais, custos e benefícios, aos riscos e às incertezas de cada medida de eficiência energética ou fonte renovável. Os resultados da avaliação da atratividade econômica e conveniência (ou não) de implantar uma dada medida, dependerão, portanto, de cada um desses atores. A decisão sobre investimentos envolve pelo menos três agentes (ou atores) diferentes: o setor energético (ou companhia de energia), o consumidor e a sociedade (que inclui consumidores de energia, não consumidores e o setor energético).

Por exemplo, o construtor de um edifício para locação não tem interesse em realizar investimentos para instalação de equipamentos eficientes, aquecimento solar, ou utilizar materiais

que melhorem o desempenho térmico do imóvel, uma vez que essas ações podem representar maiores custos iniciais e ele não será responsável pela manutenção dos custos de operação do edifício, que ficará a cargo do locatário. Na medida em que houver uma exigência de padrões de eficiência energética para edificações, haverá garantias para que o locatário possa usufruir de edifícios mais eficientes e com menor custo de energia.

## 8.8 • FALTA DE INFORMAÇÃO

O pouco conhecimento das possibilidades de melhorias no uso de energia e a falta de informação adequada por parte dos consumidores, vendedores, produtores e administradores públicos desta área, pode distorcer a introdução de medidas de eficiência ou o uso de fontes renováveis em situações onde estas já se encontram técnica e economicamente viáveis. Um investimento contínuo e sistemático em programas educacionais e de disseminação de boa informação é sempre necessário para promover a efetiva introdução de medidas de uso eficiente de energia, tecnologias adequadas e fontes renováveis.

## 9 • CONCLUSÕES: O POTENCIAL DO BRASIL

Esse estudo demonstra que é possível aumentar a eficiência tanto na oferta como na demanda de eletricidade e dobrar a participação de fontes renováveis (biomassa, energia eólica, PCHs e solar fotovoltaica) em relação a um cenário Tendencial, reduzindo em cerca de 40% as necessidades de eletricidade em 2020. No entanto, para realizar esse potencial torna-se evidente a necessidade de um forte e consistente apoio governamental, seja através de subsídios ou de leis e forte regulação. Tal apoio deve ter como intuito transformar e consolidar espaço no mercado de energia para as fontes renováveis bem como aumentar significativamente o uso eficiente de energia. Importantes experiências internacionais já existem nesse sentido (vide anexo).

Entretanto, é possível constatar que o Brasil já possui elementos importantes para colocar em prática um programa que viabilize grandes economias de energia, como as que foram estimadas no cenário Elétrico Sustentável. Essas economias poderão viabilizar a maior expansão de fontes renováveis e melhor utilização das instalações existentes. Em primeiro lugar, existem recursos humanos qualificados e capacidade de expansão dos mesmos. Existem diversos grupos (acadêmicos ou não) e empresas<sup>33</sup> que podem realizar diagnósticos, propor e executar projetos de eficiência energética. Existem experiência e expertise suficientes para serem mobilizadas em programas nacionais de eficiência energética.

O país dispõe de instituições com mandato para supervisionar, coordenar ou acompanhar essas ações (CONPET, PROCEL) e ONGs que são especializadas nesses temas. No âmbito de fontes renováveis, o MCT criou no passado uma série de Centros de Referência que poderiam ser melhor articulados e aparelhados para estruturar diversas ações. No entanto, a

---

<sup>33</sup> Um dos grandes benefícios dos programas das concessionárias foi o de ter fomentado a criação e manutenção de diversas ESCOs e empresas de consultoria que vêm trabalhando com diversos tipos de programas e clientes em praticamente todo o território nacional. Os recursos obrigatórios aplicados pelas concessionárias têm sido fundamentais para a sustentabilidade dessas ESCOs (Abesco, 2005).

viabilização de um cenário como o proposto Elétrico Sustentável exige novas orientações para políticas públicas de energia, baseadas principalmente na economia de energia e em novos comportamentos, tanto dos consumidores, das empresas que produzem e comercializam energia elétrica, como dos fabricantes de equipamentos.

## 10 • RECOMENDAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS

Ainda inexistente uma clara definição de políticas públicas na área de energia que sinalize para a importância e necessidade de incorporar eficiência energética no planejamento e regulação do setor. Apoios fragmentados a algumas ações, existência de fundos e legislação específica são importantes, mas não são suficientes para explorar o potencial de economia de energia que existe. É necessário ter o suporte de diversas políticas e ações de cunho governamental e público para conferir sinais claros, especialmente para investidores privados, da importância que a sociedade brasileira confere às características apresentadas no cenário Elétrico Sustentável:

- Maior eficiência energética;
- Aumento da oferta de energia de maneira descentralizada;
- Maior espaço para fontes renováveis;
- Redução dos gastos de eletricidade dos consumidores;
- Redução da necessidade de expansão de capacidade instalada de tecnologias convencionais.

É necessário ter um plano estratégico de modo a promover as mudanças requeridas e a implantação efetiva das medidas de eficiência de energia, bem como maior utilização de fontes renováveis. Apresenta-se a seguir um quadro com um resumo das principais políticas e estratégias consideradas por este trabalho. Elas representam os instrumentos que possibilitariam a viabilização do cenário Elétrico Sustentável.

Um resumo das medidas sugeridas é feito ao final na Tabela 7. A Tabela 8 apresenta uma compilação de alguns dos principais programas de eficiência energética realizados em diversos países e seus respectivos resultados alcançados.

### 10.1 • LEILÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O governo deveria implementar leilões de eficiência energética, ou seja, determinar uma certa quantidade de energia a ser conservada (e/ou a potência retirada) e respectiva comercialização, que poderia ser feita através de órgão independente ou agência de governo, por exemplo. Essa é uma maneira alternativa de se viabilizar, através de agentes de mercado, a consecução de medidas que poupem energia nos setores de oferta e usos finais. Referente aos usos finais, permitiria o desenvolvimento de companhias de serviços de eficiência energética, em relação ao setor de oferta, alavancaria a recuperação de usinas hidrelétricas mais antigas através de re-potenciação. Estima-se que é possível haver ganhos em instalações com mais de 20 anos de uso correspondentes, hoje, a 32 GW instalados com custos de R\$ 250-600 / kW adicionados.

Alternativamente, pode ser feito também um leilão a partir de um montante de recursos ofertado e os agentes devem fornecer programas que maximizem a quantidade de energia conservada. Esta medida tem um potencial de cerca de 290 TWh, em 2020, a um custo inferior ao da tarifa que seria praticada naquele ano. Ademais, deve ser considerado que os leilões poderão atrair agentes do mercado para viabilizar, pelo menos, 15% desse potencial. Entretanto, tal medida implica ter bons diagnósticos de potenciais de eficiência energética e os custos relacionados com conservação de energia. Além disso, exige uma grande capacidade de monitoramento e verificação por parte da agência responsável pelo mecanismo, que já tem sido aplicado internacionalmente, especialmente nos Estados Unidos.

## 10.2 • PADRÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### 10.2.1 • EQUIPAMENTOS, SETORES PRODUTIVOS E DE SERVIÇOS

Depois de mais 10 de anos em tramitação no Congresso, somente em 2001, durante a crise de energia, foi aprovada a Lei de Eficiência Energética. Esta é uma peça fundamental para garantir o contínuo aperfeiçoamento tecnológico dos equipamentos que consomem energia comercializados no país. No entanto, a aplicação dessa lei tem acontecido de forma morosa e conseqüentemente os benefícios em se incorporar equipamentos mais eficientes têm se apresentado muito modestos. O governo deveria priorizar a implementação da Lei de Eficiência Energética por meio de aprovação mais acelerada de padrões de desempenho energético para equipamentos. Os índices de desempenho energético deveriam ser mais ambiciosos e, quando necessário, recursos para pesquisa e desenvolvimento deveriam ser canalizados para viabilizar a adoção de índices mais agressivos de redução de consumo. O cenário Elétrico Sustentável assume que cerca de 30% do total das economias nos usos finais considerados poderiam vir apenas tomando como padrão os equipamentos mais eficientes comercializados hoje no país<sup>34</sup>, o que inclui também a padronização e limitação da potência em modo *stand-by* nos equipamentos. A Tabela 8 ilustra os impactos positivos conseguidos com programas de padrões obrigatórios e uso de etiquetas em alguns países.

Em complementação aos padrões de desempenho para os equipamentos, é preciso promover tecnologias e processos mais eficientes em toda a cadeia produtiva. Portanto, o governo deveria aprovar patamares de eficiência energética para todos os setores produtivos, priorizando os setores energo-intensivos, iniciando pelos segmentos mais ineficientes e com maior potencial de redução. A implementação dos patamares deveria ser viabilizada a princípio com incentivos, e posteriormente com multas ou punições, caso o patamar não seja atingido.

### 10.2.2 • GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO

A maior parte das termelétricas a gás instaladas no país possui ciclo-aberto o que reduz sua eficiência energética. A eficiência média hoje do parque termoelétrico é 36% (BEN 2005) e poderia haver o estabelecimento de medida mandatória para eficiência energética na geração segundo combustível primário/tecnologia utilizada.

<sup>34</sup> O impacto de padrões de eficiência energética em equipamentos poderá ser significativamente maior, se forem acompanhados índices que estão sendo considerados nos EUA, Japão e Comunidade Européia. Vale lembrar que muitas das indústrias aqui estabelecidas dominam as melhores tecnologias e muitas vezes exportam equipamentos mais eficientes e dedicam ao mercado interno produtos menos eficientes que os exportados.

Já o transporte de energia envolve perdas técnicas que estimamos hoje na ordem de 15% a 16% da energia consumida. Além de contínuo aperfeiçoamento de materiais e tecnologias dos sistemas de transmissão e distribuição, os operadores podem não estar recebendo os incentivos regulatórios para que promovam redução de perdas, pois em alguns casos isso pode também implicar a redução de suas receitas.

Portanto, padrões técnicos mandatórios e aplicação de recursos de Pesquisa & Desenvolvimento deveriam fazer parte de políticas dirigidas para redução de perdas técnicas de transmissão e distribuição. Além disso, a estruturação de tarifas e incentivos para que os operadores possam se beneficiar economicamente da redução de perdas pode acelerar a redução das perdas técnicas do sistema elétrico brasileiro até o nível assumido pelo cenário Elétrico Sustentável, de 8% em 2020.

### **10.3 • LICITAÇÕES TECNOLÓGICAS DE AGÊNCIAS DE GOVERNO**

O setor público representa cerca de 10% do consumo total de eletricidade. Estas agências têm a possibilidade de especificar padrões de desempenho que, por sua vez, deverão estimular fabricantes a desenvolver e oferecer produtos para atender a essa demanda. Esse tipo de iniciativa é importante, principalmente, quando estão relacionadas com novas tecnologias ainda não introduzidas em escala significativa no mercado, onde os riscos de desenvolvimento tecnológico podem ser altos para os fabricantes, uma vez que não há um mercado garantido para os equipamentos produzidos. Esse tipo de iniciativa é uma maneira de assegurar retornos financeiros para os fabricantes através da compra de uma quantidade grande de equipamentos com determinadas especificações. O Quadro 1 apresenta exemplos de Programas de Licitação de Tecnologias que foram realizados com sucesso em vários países, viabilizando posteriormente a introdução dos equipamentos mais eficientes para o mercado consumidor mais amplo.

### **10.4 • METAS PARA OS RESULTADOS DE INVESTIMENTOS EM EFICIÊNCIA**

Os investimentos compulsórios das empresas de eletricidade em seus programas de eficiência energética e Pesquisa & Desenvolvimento, além do Fundo Setorial de Energia - CTEnnerg, estimados em cerca de R\$ 400 milhões/ano, precisam ser melhor coordenados para que se assegure a maximização de benefícios sociais. É necessário definir metas para os resultados de investimentos em eficiência e melhorar a capacidade de monitoramento, verificação e avaliação de resultados obtidos através da aplicação desses recursos. Existem recursos suficientes para uma mudança significativa nos padrões de tecnologias e processos de produção e usos de energia no país. Existem também agentes já estabelecidos (públicos e privados) que carecem de melhor articulação para que investimentos voltados à criação e expansão de mercados de tecnologias mais eficientes e fontes renováveis sejam acompanhados por medidas regulatórias complementares (tarifas, padrões técnicos). O apoio de programas de Pesquisa & Desenvolvimento e treinamento deverão aperfeiçoar as tecnologias e reduzir seus custos ao longo do tempo.

### **10.5 • PROGRAMA NACIONAL DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (PROGEDIS)**

Através de um programa desse tipo, o governo deveria desenvolver uma regulação de incentivos para maior disseminação de tecnologias de geração distribuída. Em diversos países, sobretudo

na Europa, o desenvolvimento de medidas regulatórias, desde tarifas especiais que possam tomar partido das características de tecnologias utilizadas para geração distribuída até questões relacionadas com qualidade e aumento de segurança de suprimento, têm sido peças importantes das políticas públicas para auxiliar a disseminação de fontes distribuídas.

A geração distribuída poderia representar, em 2020, 26% da geração de energia através de sistemas de co-geração e geração distribuída, sendo 22% a partir de fontes renováveis e o restante com sistemas a gás natural.

Em particular, a produção combinada de calor e eletricidade a partir do bagaço da cana é uma fonte energética ainda subexplorada no país. Para permitir o seu aproveitamento, é preciso uma estratégia baseada em três medidas. Primeiro, os critérios de valorização praticados no âmbito dos leilões de energia nova deveriam ter valores pré-estabelecidos dentro de uma faixa móvel com teto e piso, assegurando a rentabilidade dos investimentos. Segundo, considerando que a bioeletricidade da cana-de-açúcar tem consumo próprio, a legislação do desconto da tarifa do uso do fio, atualmente determinada em 30 MW de potência instalada, deveria considerar potência disponibilizada para venda e não a potência instalada, podendo aumentar para 50 MW. Terceiro, deve-se aprovar a complementaridade dessa fonte que é sazonal e complementar a hidreletricidade no caso de venda no mercado.

## **10.6 • PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA - SEGUNDA FASE (PROINFA II)**

O anúncio e implementação de uma segunda fase do PROINFA tem como objetivo garantir 10% da produção de eletricidade a partir de fontes renováveis até 2010 e chegar a 20% em 2020. O funcionamento do programa de forma menos burocrática, mais transparente e adaptado às necessidades dos produtores das energias renováveis seria um grande ganho para esta segunda fase. É essencial que se garantam incentivos econômicos para este programa, juntamente com o Programa de Geração Distribuída, onde poderia ser alocada parte dos recursos economizados com a geração evitada de eletricidade através dos programas de eficiência energética, de modo a não transferir aumento de tarifas aos consumidores.

No entanto, não deve haver somente uma ação no sentido de criar e expandir o mercado para fontes renováveis através do PROINFA. Em paralelo, deve-se aproveitar investimentos em P&D para resolver e adaptar tecnologias mais adequadas às condições de operação no país.

## **10.7 • PROGRAMA NACIONAL PARA A ENERGIA SOLAR TÉRMICA (PROSOLTER)**

O uso de energia solar para aquecimento a baixas temperaturas é feito com tecnologias comerciais em todo o mundo e no Brasil, especialmente, para o aquecimento de água. É também utilizado para processos de secagem e refrigeração (sistemas de absorção). As tecnologias utilizam, em sua maior parte, coletores solares planos, fechados ou abertos, dependendo da temperatura desejada.

Para aproveitar de maneira efetiva o grande potencial da energia solar térmica no Brasil, é necessário um programa nacional para essa fonte de energia limpa e barata. Tal programa deveria incluir metas de desenvolvimento, oferta de incentivos para o financiamento aos con-

sumidores finais e incentivos fiscais, como por exemplo, redução de impostos<sup>35</sup>. As populações de baixa renda poderiam ser especialmente beneficiadas através de tais medidas. É essencial que se destaque a necessidade de obrigações de instalação em novos edifícios, bem como que se dê investimentos na área de Pesquisa & Desenvolvimento com o intuito de aumentar a eficiência dos sistemas e diminuir os custos ao consumidor final. Cerca de 9% do total das economias de energia do cenário Elétrico Sustentável são decorrentes da implantação de um programa nacional para atingir quase um terço dos domicílios do país em 2020.

## 10.8 • REDUÇÃO DOS SUBSÍDIOS PARA AS FONTES CONVENCIONAIS

Os subsídios aos combustíveis fósseis favorecem o desperdício de eletricidade e dificultam a inserção de fontes renováveis na matriz elétrica do país. É necessária uma redução imediata e uma estratégia de eliminação a longo prazo de tais subsídios, como, por exemplo, a Conta de Consumo de Combustíveis (CCC), que distorce o mercado em favor de combustíveis fósseis como carvão e diesel. Para o ano de 2006, mais de R\$ 4,5 bilhões estarão sendo gastos com a CCC, 10 vezes mais do que o valor dos investimentos compulsórios das empresas de eletricidade em programas de eficiência energética.

É importante considerar as realidades distintas da aplicação dos recursos da CCC no sistema interligado e nos sistemas isolados da Amazônia, sendo, portanto, um tratamento diferenciado e uma estratégia diferente para lidar com esses subsídios para essas regiões. Mesmo na região amazônica, existem diferenças enormes entre zonas urbanizadas das capitais e grandes cidades e as inúmeras pequenas vilas. O papel dos subsídios e sua gradual extinção deverão ser considerados, levando-se em conta seus impactos nas populações e as alternativas existentes. De qualquer modo, é necessário haver uma reformulação no emprego dos recursos da CCC no país.

## 10.9 • DISSEMINAÇÃO CONSTANTE DE INFORMAÇÕES

Embora o país tenha desenvolvido programas de informação, seja através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), do Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e das próprias companhias de energia, é necessário manter continuidade e regularidade na disseminação de informações atualizadas sobre tecnologias de energia e maneiras mais eficientes de sua utilização. Ainda existem barreiras significativas, em especial para difusão de tecnologias de usos térmicos de energia solar, nos setores residencial, industrial e em edifícios.

A exceção da cidade de Belo Horizonte, onde a CEMIG e a PUC-MG têm conduzido já há anos um consistente trabalho de promoção do uso de aquecedores solares, a tecnologia é relativamente desconhecida no Brasil por construtores, arquitetos, projetistas, e consumidores. Neste contexto, campanhas públicas de difusão da tecnologia, de seu emprego e suas vantagens são de extremo valor para que a sociedade brasileira tome partido dos benefícios sócio-ambientais dos aquecedores solares térmicos. Além de campanhas públicas, são também necessárias ações de educação ambiental e cursos profissionais que criem massa crítica de instaladores técnicos.

<sup>35</sup> Em algumas cidades, o cálculo de IPTU penaliza aquelas residências que possuem coletores solares, pois são interpretados como um sinalizador de maior poder aquisitivo (Jannuzzi, 2006).

**Tabela 7:** Resumo de opções políticas consideradas para o cenário Elétrico Sustentável

OPÇÕES DE POLÍTICAS		MEDIDAS	COMENTÁRIOS POTENCIAL DE REDUÇÃO/CUSTOS
Eficiência Energética - Oferta	Redução de perdas técnicas em T&D	Gradual restrição e limites para o regulador aceitar níveis de perdas técnicas das companhias de eletricidade. Pesquisas cooperativas entre empresas para desenvolvimento e adaptação de tecnologias/materiais de interesse.	Para 2020 (Elétrico Sustentável) o nível de perdas cai para 8% do total consumido (hoje é em torno de 16%). O cenário Tendencial considera um índice de 13%.
	Padrões de desempenho energético para termelétricas	A maior parte das termelétricas a gás instaladas no país possui ciclo-aberto o que reduz sua eficiência energética. A eficiência média hoje do parque termoeletrico é 36% (BEN 2005). Estabelecimento de medida mandatória para eficiência energética segundo combustível primário/tecnologia utilizada.	Para o cenário Elétrico Sustentável, foi assumido um valor médio de 45% para o parque termoeletrico a gás natural.
	Repotenciação de usinas hidrelétricas	Estima-se que é possível ter ganhos em instalações que hoje correspondem a 32 GW instalados (todas acima de 20 anos de uso), com custos de R\$ 250-600 / kW adicionado.	O cenário Elétrico Sustentável assume que 15 GW seriam disponibilizados em 2020. Essa solução não expande a área inundada e os impactos associados.
	Melhorias na operação do sistema interligado	Novos conceitos e implementação de software para despacho elétrico de usinas hidrelétricas e melhor conhecimento de variáveis climáticas de médio e longo prazos.	Alguns estudos em bacias específicas demonstram a possibilidade de aumentar em 3% a energia disponível em relação à prática atual. O cenário Elétrico Sustentável assume o valor de 1%.

continua >>

**Tabela 7:** Resumo de opções políticas consideradas para o cenário Elétrico Sustentável (continuação)

		OPÇÕES DE POLÍTICAS	MEDIDAS	COMENTÁRIOS POTENCIAL DE REDUÇÃO/CUSTOS
Eficiência Energética - Demanda	Leilões de eficiência energética	Recursos financeiros (como o % existente para programas EE) são colocados para financiar projetos de eficiência energética com metas para o total de MW retirados ou MWh conservados.	Exige conhecimento em monitoramento, avaliação e verificação de resultados de programas de EE. Cerca de 15% do total conservado pelo Elétrico Sustentável poderiam ser atingidos através desse mecanismo com Escos.	
	Concessionária Virtual de Energia (Super ESCO)	Estabelecimento de um novo tipo de concessionária de serviços de energia responsável por implementar medidas de eficiência em consumidores. Essa concessionária poderá ser licitada no mercado com metas de GWh e MW conservados anualmente e custos para energia e demanda conservados. A vantagem de poder atuar em regiões com diversas concessionárias convencionais e oferecer serviços competitivos com as tarifas praticadas pelas mesmas.	Esse sistema retira o problema de conflito de interesses entre distribuidoras que vendem eletricidade e são obrigadas a implementar medidas de eficiência no mercado. A Concessionária Virtual pode ser regulada e fiscalizada através da Aneel e implementar suas ações através de Escos ou empresas de engenharia. É um mecanismo de maior facilidade de controle por parte da ANEEL e órgãos de planejamento.	
	Padrões de eficiência energética para equipamentos e edificações	Estabelecimento de padrões mínimos de eficiência energética para todos os equipamentos que consomem energia e edificações. Revisão periódica estimulando e incorporando avanços de P&D para redução de consumo em equipamentos e edificações.	De acordo com faixa de renda e segmento de mercado, o cenário Elétrico Sustentável assumiu uma redução de 10% a 50% na eficiência média do estoque de equipamentos em 2030 em relação ao cenário Tendencial. Foi assumido também, um limite 1W para potência em stand-by.	
	Licitações tecnológicas	Órgãos e agências públicas criam/consolidam mercado para tecnologias emergentes e eficientes através de grandes compras.	O setor público poderia reduzir em até 50% seu consumo de energia elétrica em diversos usos finais, especialmente iluminação com compra de tecnologias mais eficientes.	

continua >>

Tabela 7: Resumo de opções políticas consideradas para o cenário Elétrico Sustentável (continuação)

OPÇÕES DE POLÍTICAS		MEDIDAS	COMENTÁRIOS POTENCIAL DE REDUÇÃO/CUSTOS
Fontes Renováveis	Programa Nacional de Geração Distribuída	Definição de regulação e incentivos tarifários (novas tarifas: net metering, por exemplo) para viabilidade econômica para GD próximo a centros de consumo.	O cenário Elétrico Sustentável assume que 4 GW da nova capacidade instalada com geração a gás natural seria através de GD e co-geração. PCHs, usinas eólicas e biomassa representam 21GW, em 2020, no cenário Elétrico Sustentável.
	Programa Nacional para Solar-térmico	Estabelecimento de programa nacional com ênfase para as regiões Sul e Sudeste para massificar o uso de coletores solares para aquecimento e pré-aquecimento de água.	O cenário Elétrico Sustentável assume que 30% das residências em 2020 estariam usando coletores solares. Cerca de 9% das economias do cenário Elétrico Sustentável são resultado do uso de energia solar em substituição aos chuveiros elétricos.
	PROINFA-2	Juntamente com o Programa Nacional de GD viabilizaria a expansão da oferta através de leilões de compra de energia renovável.	Programa dirigido à produção de eletricidade a partir de biomassa, eólica, PCHs e solar fotovoltaico (inclusive de sistemas integrados a edifícios e rede de distribuição).
Financiamento	CTEnerg e investimentos compulsórios das companhias	Maior integração e coordenação entre atividades de P&D e EE entre o CTEnerg e o programa das concessionárias. Considerar o modelo de Concessionária Virtual para implementar programas de EE em regiões geográficas.	Organização de uma agenda para P&D de longo prazo acoplada à implantação de programas de difusão de tecnologias eficientes e/ou renováveis.
	BNDES e Bancos	Oferecimento de linhas de crédito específicas para financiamento de equipamentos eficientes, ou que utilizam fontes renováveis para produzir eletricidade, prédios. Criação de Fundo de Aval para financiar projetos implementados por ESCOs.	Existe a necessidade de maior financiamento para criar um mercado sustentável para eficiência energética. Esse financiamento inicial faria parte da estratégia de transformação de mercado para eficiência energética.
	Política fiscal e tributária	Reduzir impostos de equipamentos mais eficientes, ou edificações eficientes. Explorar possibilidades a nível municipal inclusive (IPTU diferenciado para edificações com uso de energia solar, por exemplo).	Essa medida também faria parte de estratégia de transformação de mercado para que equipamentos e tecnologias eficientes se tornassem o novo padrão de compra de consumidores.

continua >>

**Tabela 7:** Resumo de opções políticas consideradas para o cenário Elétrico Sustentável (continuação)

OPÇÕES DE POLÍTICAS		MEDIDAS	COMENTÁRIOS POTENCIAL DE REDUÇÃO/CUSTOS
Planejamento energético	Planejamento Integrado de Recursos	Consideração explícita e rigorosa do potencial técnico e econômico de oportunidade de oferta e conservação de energia. Consideração de externalidades, sociais e ambientais e outros critérios para escolhas entre medidas de oferta e demanda. Planejamento segundo "serviços de energia" e não kWh.	Inserção nos planos de expansão do setor energético de detalhamento do potencial de eficiência energética e ações do lado da demanda, com quantidades físicas e custos de conservação, apresentação de programas e estratégias para planejamento da demanda.
	Planejamento Integrado de Recursos (Energia e Água) em bacias hidrográficas	Estudar os diversos usos de água de maneira sistêmica entre abastecimento público, agricultura e energia. Quantificar oportunidades e custos de conservação de água e energia.	Consideração de bacias hidrográficas como unidade de planejamento e iniciar a contabilidade e benefícios mútuos de programas de conservação de água e programas de eficiência energética.

**Tabela 8:** Alguns exemplos de programas de eficiência energética no mundo

PAÍS	PLANO/PROGRAMA	PRINCIPAIS MEDIDAS	RESULTADOS ESPERADOS
UK - Reino Unido (1)	Energy Efficiency: The Government's Plan for Action	<b>Planos e Programas em andamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior investimento privado em EE.</li> <li>- Aumentar em 20% o padrão de EE das construções.</li> <li>- Acreditar a eficiência no consumo de combustíveis no aquecimento residencial.</li> <li>- Desenvolver padrões energéticos para as habitações.</li> <li>- Deduzir as emissões de carbono em 12 milhões de toneladas por volta de 2010.</li> <li>- Superar barreiras.</li> <li>- Recomendações e estratégias para crescer os investimentos em EE no lado da demanda (uso final) nos próximos cinco anos.</li> <li>- Criar oportunidades de negócios e lideranças em 2006.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidas fiscais de incentivo ao setor privado.</li> <li>- Regulação das construções.</li> <li>- Programas contra a falta de combustíveis.</li> <li>- Programa de casas eficientes.</li> </ul>	
USA - EUA (2)	Energy Efficiency Action Plan -ENERGY STAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar barreiras chaves que limitam o acréscimo dos investimentos em EE.</li> <li>- Documentar práticas de negócios que sejam fortes na superação dessas barreiras.</li> <li>- Melhorar a aceitação e o uso de práticas de EE do lado da oferta.</li> </ul>	

continua >>

Tabela 8: Alguns exemplos de programas de eficiência energética no mundo (continuação)

PAÍS	PLANO/ PROGRAMA	PRINCIPAIS MEDIDAS	RESULTADOS ESPERADOS
Canadá (3)	Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency (OEE) - Vários programas: - Buildings - Equipment - Government Operations - Housing - Industry - Outreach - Transportation	<b>Planos e Programas em andamento</b> - Incentivos financeiros. - Padrões e selos. - Marketing para promover produção, compra e uso de equipamentos eficientes. - Regulações específicas para equipamentos. - Guia de EE industrial. - Guias energéticos para residências. - EE no setor de transportes.	- Reduzir em 31% as emissões de gases de efeito estufa já em 2010. - Aumentar a informação das pessoas em relação a EE. - Auxiliar os canadenses a economizar energia e diminuir as emissões de gases de efeito estufa.
China (4)	China End-Use Energy Efficiency Project (EUEEP)	- Desenvolver medidas de EE nos maiores setores de uso final. - Construções e indústrias. - Remover barreiras a aplicações e práticas de conservação de energia e EE. - Formulação de um plano após medidas de análise custo-benefício. - Mobilização de todos os possíveis agentes. - Medidas custo efetivas. - Melhor uso da taxação. - Medidas de financiamento. - Medidas de política energética específicas para construções, utilidades domésticas, limitação do consumo de combustível dos veículos. - Cooperação internacional etc.	- Reduzir no período do programa (2003-2006) 12 milhões de toneladas de carbono. - Reduzir o consumo de energia nos setores selecionados em 19 Mte (construções e indústrias). - Conservar 20% ou mais da energia consumida atualmente através de medidas custo efetivas.
Comunidade Européia (5)	Green Paper on Energy Efficiency	- Estabelecimentos de padrões para construções residenciais e não residenciais (especificações desde a desenho das plantas dos prédios (residencial ou não) até a operação dos equipamentos.)	- Economizar até 2013 aproximadamente US\$ 23 bilhões em gás natural e eletricidade. - Reduzir o consumo de eletricidade em 478GWh/ano.
USA - Califórnia (6)	California's Energy Efficiency Standards for Residential and Nonresidential Buildings		

continua >>

Tabela 8: Alguns exemplos de programas de eficiência energética no mundo (continuação)

PAÍS	PLANO/ PROGRAMA	PRINCIPAIS MEDIDAS	RESULTADOS ESPERADOS
<b>Alguns programas realizados</b>			
Austrália (7)	Mandatory Standards and Labeling		- 11% de redução do consumo de energia através de programas de etiquetagem (1992). - 94 GWh de energia conservada ou 1,6% de redução do consumo residencial.
Europe (7)	Mandatory Standards and Labeling		- Alemanha: 16,1% de aumento de eficiência média (1993-1996). - Holanda: 12,6% de aumento de eficiência média (1992-1995). - Inglaterra: 7,3% aumento de eficiência em refrigerador/freezer (1994-1996).
United States (7)	Mandatory Standards and Labeling		- 98% de aumento de eficiência em refrigerador (1972-1988). - Mais de 3% de redução no consumo anual de eletricidade em equipamentos residenciais e iluminação.

Fontes: Consultadas em 09/01/2006  
[http://www.defra.gov.uk/environment/energy/review/;](http://www.defra.gov.uk/environment/energy/review/)  
[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab\\_index](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab_index)  
<http://oee.nrcan.gc.ca/corporate/programs.cfm?attr;>  
[http://www.beconchina.org/project\\_progress.htm](http://www.beconchina.org/project_progress.htm)  
[http://europa.eu.int/comm/energy/efficiency/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/energy/efficiency/index_en.htm) (consultada em 11/01/2006);  
<http://www.energy.ca.gov/title24/http://app.nea.gov.sg/cms/htdocs/article.asp?pid=2000>

**Tabela 9:** Exemplos de Programas de Padrões de Eficiência Energética

PAÍS OU REGIÃO	PROGRAMA	RESULTADOS ALCANÇADOS
Austrália	Padrões obrigatórios e etiquetagem	11% de redução no consumo de energia do aparelho doméstico etiquetado em 1992; Aproximadamente 94 GWh de energia foi economizado, ou 1,6% de redução no total do consumo de eletricidade residencial.
Europa	Padrões obrigatórios e etiquetagem	Alemanha: 16,1% de crescimento no mercado de equipamentos eficientes (1993-1996); Países Baixos: 12,6% de crescimento no mercado de equipamentos eficientes (1992-1995); Reino Unido: 7,3% de crescimento na eficiência de refrigerador/freezer (1994-1996).
Filipinas	Padrões obrigatórios e etiquetagem	25% de crescimento, em média, na eficiência de aparelhos de ar condicionado (após o primeiro ano); Energia economizada: 6 MW na demanda e 17 GWh no consumo (após o primeiro ano).
Coréia	Padrões obrigatórios e etiquetagem	11% de redução no consumo de energia em refrigeradores (após 3 anos); 24% de redução no consumo de energia em aparelhos de ar condicionado (após 3 anos); 1,8% de redução no consumo nacional de energia (1992-1993).
Tailândia	Etiquetagem voluntária	14% de redução no consumo de energia em refrigeradores (após 3 anos); Energia Economizada: 65 MW na demanda e 643 GWh no consumo.
Estados Unidos	Padrões obrigatórios e etiquetagem	98% de crescimento na população de refrigeradores eficientes (1972-1988); Mais que 3% de redução nos Estados Unidos no consumo anual residencial de aparelhos e equipamentos de iluminação.

Fonte: Silva Jr (2005).

**Quadro 1:** Exemplos de Programas de Licitação para Aquisição de Tecnologias (fonte: Jannuzzi & Swisher, 1997)

Um exemplo pioneiro de intervenção na política de inovação de eficiência energética é a aquisição, por órgãos públicos, de tecnologia que foi desenvolvida na Suécia pela NUTEK, Ministério de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial. Este processo combina incentivos governamentais com pedidos garantidos de grupos de compradores (tais como associações civis, órgãos do governo) numa licitação competitiva por produtos de eficiência energética especificada. Os fabricantes são convidados a oferecer modelos de protótipos com certas propriedades, incluindo uma eficiência energética mínima especificada e as ofertas são julgadas de acordo com suas eficiências e o quanto eles satisfazem os outros requisitos. O(s) ganhador(es) recebe(m) incentivos e uma demanda garantida inicialmente suficiente para justificar a produção do novo modelo. Esta estratégia remove uma grande parte do risco de se introduzir novos modelos de maior eficiência energética nas suas linhas produtivas.

Este processo foi realizado com sucesso em 1991 para os modelos combinados de refrigeradores-freezers, sendo que o consumo de energia do modelo ganhador foi 30% abaixo do melhor modelo disponível anteriormente e 50% abaixo da média do mercado. Embora o modelo ganhador tenha entrado no mercado com aproximadamente uma redução promocional de preço de 50%, após um ano essa redução representou cerca de 10% e uma outra firma concorrente ofereceu um novo modelo com uso de energia comparável ao ganhador e um preço próximo dos outros modelos do mercado.

O processo de aquisição também foi aplicado na Suécia para janelas com alto desempenho energético, para reatores eletrônicos de alta frequência para lâmpadas, para monitores de computador que desligam automaticamente e mais recentemente para as máquinas de lavar usadas nas residências. As novas janelas possuem cerca de três vezes maior resistência térmica quando comparadas com as convencionais, e estes produtos melhorados estão agora entrando tanto no mercado da Europa quanto da América do Norte.

O NUTEK conduziu uma aquisição pública tecnológica de sucesso para monitores de computador de desligamento automático. Existe um grande potencial de melhoria em eficiência energética em computadores e em outros equipamentos de escritório que podem atingir um custo incremental muito baixo. Com os monitores de desligamento automático e outros equipamentos de escritório de eficiência energética espera-se ganhar uma grande fatia do mercado nas próximas gerações de tecnologia de equipamentos de escritório, com economias de energia maiores que 50% comparados aos modelos de equipamentos atuais. Estas economias tomaram lugar rapidamente por causa do rápido retorno dos equipamentos eletrônicos. As melhorias são levadas a rápidos avanços tecnológicos nesta área, deixando pouca necessidade de programas adicionais para acelerar ainda mais a penetração de produtos eficientes no mercado, uma vez que eles tenham sido introduzidos.

Com um programa norte americano similar, "Energy Star", conduzido pelo Environmental Protection Agency (EPA), espera-se modificar o mercado de computadores, introduzindo-se quase 100% dos microcomputadores com dispositivo de controle de consumo em quatro anos, a quase nenhum custo. Este programa é voluntário e certifica computadores e equipamentos periféricos eficientes com a etiqueta "Energy Star". É muito provável que as melhorias de eficiência que estão sendo conseguidas em escala mundial não teriam acontecido tão cedo sem o envolvimento da EPA com os fabricantes de computadores.

O EPA iniciou também outro programa "Green Lights", programa voluntário de eficiência energética de iluminação. Centenas de grandes firmas comerciais, representando porcentagem significativa de área construída comercial nacional, se juntaram ao programa e se comprometeram a realizar melhorias nos seus sistemas de iluminação cobrindo 90% de sua área construída. A demanda gerada por este programa teve um efeito significativo em termos de levar a indústria de equipamentos de iluminação em direção a maiores eficiências energéticas.

O Programa do Refrigerador Super Eficiente, ou "Golden Carrot", nos E.U.A., é uma variação do programa de aquisição de tecnologia da Suécia. Neste caso, diversas grandes concessionárias criaram um incentivo coletivo, que foi oferecido aos fabricantes como

prêmio em uma competição para desenvolver um refrigerador-freezer livre de CFC e de alta eficiência. O incentivo será pago pelas companhias por cada unidade de modelo ganhador que for vendida nas suas áreas de serviço. O programa também será estendido para máquinas de lavar roupa e aparelhos de ar condicionado. O progresso tecnológico estimulado por este programa deve tornar possível atingir o complemento dos padrões de eficiência energética do refrigerador-freezer, uma mudança que provavelmente não teria sido possível sem o programa.

O efeito da aquisição tecnológica e das metodologias desse tipo - "technology push" - é acelerar os ganhos de eficiência energética pelo aumento da eficiência final do mercado, que serve para acelerar o potencial de conservar energia mais cedo no tempo e é particularmente efetivo na combinação com padrões de desempenho energético. Os padrões eliminam os modelos menos eficientes do mercado, mas seus impactos na conservação de energia é limitado pelas tecnologias disponíveis atualmente porque elas não podem melhorar a alta eficiência final do mercado. É possível, entretanto, que sem um mecanismo de "technology push" tal como o processo de aquisição de tecnologia, o desenvolvimento de novos produtos eficientes não ocorra. A introdução de novos modelos de alta eficiência no mercado leva a um aumento da eficiência média, sem a imposição de padrões de eficiência energética, mas seus impactos totais no mercado podem ser ampliados pela presença de padrões progressivos que removem produtos menos eficientes.

## REFERÊNCIAS

- Abesco. Pesquisa realizada junto a associados da ABESCO. 2005. Comunicação de M. C. Amaral a G. M. Jannuzzi. São Paulo
- ANEEL. 2002. Manual para Elaboração do Programa Anual de Eficiência Energética. ANEEL. Brasília: Versão Out 2002, 116 p.
- ANEEL. Banco de Informações de Geração da ANEEL: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acessado em 19/05/2006.
- ANEEL. Tarifas médias de fornecimento por região. <http://www.aneel.gov.br/98.htm> (consultada em 02/12/2005).
- Assumpção, M. G. 2003. Implementação da Lei de Eficiência Energética: Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE (Relatório de atividades – maio a dezembro de 2002). Ministério de Minas e Energia. Brasília, 88 p.
- Birner, S. e E. Martinot. 2005. Promoting energy-efficient products: GEF experience and lessons for market transformation in developing countries. *Energy Policy*, v.33, p.1765-79.
- Boardman, B., K. Lane, M. Hinnells, N. Banks, G. Milne, A. Goodwin e T. Fawcett. 1997. Transforming the UK Cold Market. Energy and Environment Program, University of Oxford. Oxford, UK, 112 p.
- Brower, M. C., S. D. Thomas e C. Mitchell. 1996. The British Electric Utility Restructuring Experience: History and Lessons for the U.S. National Council on Competition and the Electric Industry. <http://eande.lbl.gov/ea/NationalCouncil/pubs/restdeba.html> (acesso em 20/11/2001)
- Brown, A. e P. Lewis. 1997. Restructuring and Regulatory Incentives for Energy Efficiency, Renewables and Research and Development. Hagler Bailly Services, Inc. Arlington, VA.

Bruggink, J. J., A. D. Oliveira, L. Srivastava, K. Fujime, J. Kim, L. Halvorsen e D. A. Norman. 1995. Energy Demand, Life Style Changes and Technological Development. World Energy Council. London, UK, 90 p.

Canazio, Alexandre. Energia eólica: só cinco projetos do Proinfa estão em andamento. CanalEnergia: <http://www.canalenergia.com.br/zpublisher/materias/Busca.asp?id=52766>. Publicado em 03/05/2006.

Canazio, Alexandre. Proinfa: quatro projetos de biomassa podem ter contratos cancelados. CanalEnergia:<http://www.canalenergia.com.br/zpublisher/materias/Newsletter.asp?id=52782>. Publicado em 05/05/2006.

Carmeis, D. Os efeitos da diversidade de tensões de distribuição no setor elétrico brasileiro: estudo de caso do refrigerador doméstico. (M.Sc.). Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Campinas, 2002. 132 p.

Cate, A., J. Harris, J. Shugars e H. Westling. 1998. Technology Procurement as a Market Transformation Tool. ACEEE Summer Study on Energy-Efficient Buildings. Asilomar, CA, 1998. p.

CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina/Ambiental Consultoria e Planejamento (1997) EIA Usina Hidrelétrica Salto Pilão. Santa Catarina. Volume I. 48 p.

CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina/Ambiental Consultoria e Planejamento (1997) EIA Usina Hidrelétrica Salto Pilão. Santa Catarina. Volume III. 48 p.

CELG - Centrais Elétricas de Goiás (1994) Estudos Preliminares de Inventário. Bacia Hidrográfica do Rio Corrente. V.1. – Texto e V.2. – Desenhos. THEMAG. Outubro/1994.

CELG - Centrais Elétricas de Goiás (1994) UHE Itumirim. Estudo de Impacto Ambiental. Diagnóstico da Área de Influência. THEMAG. Dezembro 1994.

CELG - Centrais Elétricas de Goiás (1994) UHE Itumirim. Estudo de Impacto Ambiental. Diagnóstico Ambiental da Área Diretamente Afetada. Avaliação de Impactos e Programas. V.1. – Texto e V.2. – Anexos.

CELG - Centrais Elétricas de Goiás (1995) Estudos Finais de Inventário. Bacia Hidrográfica do Rio Corrente. V.1. – Texto e V.2. – Desenhos. THEMAG. Fevereiro/1995.

CELG - Centrais Elétricas de Goiás (1995) UHE Itumirim. Relatório de Impacto Ambiental. Fevereiro/1995.

CELG - Centrais Elétricas de Goiás (1996) UHE Itumirim. Estudo de Viabilidade. Relatório Final. THEMAG. Dezembro/1996.

CELG - Centrais Elétricas de Goiás (1998) Bacias dos Rios Claro e Verde. Estudos de Inventário Hidrelétrico. V.1. – Texto e V.2. – Desenhos. THEMAG. Novembro/1998.

CELG - Centrais Elétricas de Goiás (1999) Estudos de Inventário da Bacia do Rio Corrente. Revisão da Divisão de Queda. THEMAG. Fevereiro/1999.

CELG - Centrais Elétricas de Goiás (2001) AHE Olho D'Água. Estudos de Viabilidade. Relatório Final. V.1. – Texto e V.2. – Desenhos (disponíveis apenas parcialmente). SOARES BARROS Engenharia. Julho/2001.

CELG - Centrais Elétricas de Goiás (s/d) AHE Olho D'Água. Relatório Ambiental Simplificado. V.1. – Texto e V.2. – Desenhos (disponíveis apenas parcialmente). CTE – Centro Tecnológico de Engenharia. s/d, mas com alguns desenhos datados de julho/01.

CELG UHE Itumirim. Relatório de Impacto Ambiental. Fevereiro/1995.

CELG. AHE Olho D'Água. Estudos de Viabilidade. Relatório Final. V.1. – Texto e V.2. – Desenhos (disponíveis apenas parcialmente). SOARES BARROS Engenharia. Julho/2001.

CELG. AHE Olho D'Água. Relatório Ambiental Simplificado. V.1. – Texto e V.2. – Desenhos (disponíveis apenas parcialmente). CTE – Centro Tecnológico de Engenharia. s/d, mas com alguns desenhos datados de julho/01.

CELG. UHE Itumirim. Estudo de Impacto Ambiental. Diagnóstico Ambiental da Área Diretamente Afetada. Avaliação de Impactos e Programas. V.1. – Texto e V.2. – Anexos.

CELG. UHE Itumirim. Estudo de Impacto Ambiental. Diagnóstico da Área de Influência. THEMAG. Dezembro 1994.

Cervantes, C. e G. M. Jannuzzi. 2002. Net Metering: Incentivando novas tecnologias e auto-suficiência energética. IX Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, 2002. 1976 - 81 p.

Cervantes, C. R. Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Planejamento de Sistemas Energéticos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002. 118 p.

CESP - Centrais Elétricas de São Paulo /ENGEA (1994) UHE Ourinhos. Projeto Básico Ambiental (PBA). Contrato n° ASS/EA/369/01/92. Outubro de 1994. 160 p.

CESP /ENGEA (1994) Plano Básico Ambiental da PCH Ourinhos.

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Estado da Arte e Tendências das Tecnologias para Energia. Janeiro de 2003.

Cgee. 2004. Prospecção Tecnológica - Energia - Relatório Final. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. [http://www.cgee.org.br/arquivos/rel\\_final\\_energia.pdf](http://www.cgee.org.br/arquivos/rel_final_energia.pdf) (acesso em 30/Mar 2005)

CNEC – Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores (2001) AHE Couto de Magalhães. Estudos de Viabilidade. Relatório Final. V.1 – Texto e V.2 – Caderno de Desenhos, mais Apêndices 1 – Hidrologia e 2 – Geologia e Geotecnia. Rev. 0. 2001.

CNEC. AHE Couto de Magalhães. Estudos de Viabilidade. Relatório Final, V.1 – Texto e V.2 – Caderno de Desenhos, mais Apêndices 1 – Hidrologia e 2 – Geologia e Geotecnia. Rev. 0. 2001.

CONSÓRCIO SALTO (CEB-THEMAG) (2001) AHE Salto do Rio Verdinho. Estudos de Viabilidade. V.1. – Memorial Descritivo, Rev. 2, abril/02 e Desenhos de Interesse Avulsos, datadas de dezembro/2001.

CONSÓRCIO SALTO (CEB-THEMAG) (s/d) AHE Salto. Estudos de Viabilidade. V.1. – Memorial Descritivo, Rev. 1, s/d e Desenhos de Interesse Avulsos, datadas de novembro/2001.

CONSÓRCIO SALTO (CEB-THEMAG) (s/d) AHE Salto. Estudos de Viabilidade. Relatório Hidrossedimentométrico (set/00 a ago/01). ARAGUAIA Serviços Hidrométricos. s/d.

CONSÓRCIO SALTO (CEB-THEMAG) (s/d) AHE Salto. Levantamento Topográfico. CTE – Centro Tecnológico de Engenharia. s/d, mas com desenhos datados de junho/01.

CONSÓRCIO SALTO (CEB-THEMAG). AHE Salto do Rio Verdinho. Estudos de Viabilidade. V.1. – Memorial Descritivo, Rev. 2, abril/02 e Desenhos de Interesse Avulsos, datados de dezembro/2001.

Cowart, R. H. 1997. Restructuring and the Public Good: Creating a National System Benefits Trust. The Electricity Journal, v.10, n.3, p.52-7.

CTEnerg. Diretrizes Básicas do Fundo Setorial de Energia. 2002. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia: 40 p. [http://www6.prossiga.br/ctenerg/docs\\_base/Diretrizes\\_Estrategicas.pdf](http://www6.prossiga.br/ctenerg/docs_base/Diretrizes_Estrategicas.pdf).

D'Sa, A. (2005). "Integrated resource planning (IRP) and power sector reform in developing countries". Energy Policy 33 (10): 1271-85

- Den Elzen, Michel; Lucas, Paul; Vuuren, Detlef van. Abatement costs of post-Kyoto climate regimes. *Energy Policy* n.33, p.2138-2151, 2005.
- DESENVIX (2001) UHE Barra dos Coqueiros. Estudos de Viabilidade. Relatório Final. ENGEVIX. Outubro/2001.
- DESENVIX. UHE Caçu. Estudos de Viabilidade. Relatório Final. ENGEVIX. Outubro/2001.
- DESENVIX Complexo Energético de Caçu. Estudo de Impacto Ambiental. ENGEVIX. s/d.
- DESENVIX Complexo Energético de Caçu. Relatório de Impacto Ambiental. ENGEVIX. s/d.
- DESENVIX. UHE Barra dos Coqueiros. Estudos de Viabilidade. Relatório Final. ENGEVIX. Outubro/2001.
- DESENVIX. UHE Caçu. Estudos de Viabilidade. Relatório Final. ENGEVIX. Outubro/2001.
- ECOTEC (2002) Renewable Energy Sector in the EU: Its Employment and Export Potential, Report to DG Environment. ECOTEC: Birmingham UK. [http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/industry\\_employment/ecotec\\_renewable\\_energy.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/industry_employment/ecotec_renewable_energy.pdf).
- ELETRONORTE UHE Couto de Magalhães. Estudos de Impacto Ambiental. 3 V1s. PROGEA. Setembro/1998.
- Eto, J., C. Goldman e S. Nadel. 1998. Raterpayer-funded Energy-Efficiency Programs in a Restructured Electricity Industry: issues and options for regulators and legislators. Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley: May, 65 p. (LBNL-41479). <http://eetd.lbl.gov/EA/EMP/>
- Europa. 2005. Green Paper on energy Efficiency. European Commission, Directorate General for Energy and Transport. [http://europa.eu.int/comm/energy/efficiency/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/energy/efficiency/index_en.htm) (acesso em 15 Jan 2006).
- European Union. Doing more with less: green paper on energy efficiency (Annex 5). 2005. Disponível em: [http://ec.europa.eu/energy/efficiency/doc/2005\\_06\\_green\\_paper\\_book\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/doc/2005_06_green_paper_book_en.pdf). Acesso em: 26 de maio de 2006.
- Fagbenle, R. 2001. "National renewable energy policy objectives and programmes in Botswana." *Renewable Energy* 24(3-4): 419-437.
- Gadgil, A. e G. M. Jannuzzi. Conservation Potential of Compact Fluorescent Lamps in India and Brazil. *Energy Policy*, v.19, n.5, p.449-463. 1991
- Gadgil, A.; Jannuzzi, G. M.; Silva, E.P.; Leonardi, M. L. A Cost-Neutral Strategy for Maximal Use of Renewable Energy Sources and Energy Efficiency for Manaus, Brazil. *Energy Policy*, Inglaterra, v. 27, n. 6, p. 357-367, 1999.
- Geller, H. *Revolução Energética: políticas para um futuro sustentável*. Rio de Janeiro: Relume-Dumará/USAID. 2003. 299 p.
- GIL, J. Renewable Energy Policy and Job Creation in Spain. International Grid-Connected Renewable Energy Policy Forum. Mexico. Fevereiro 2006.
- Goldemberg, J. and Johansson, T. B., Eds. (2004). *World Energy Assessment: Overview 2004 Update Energy and the Challenge of Sustainability*. New York, United Nations Development Program.
- Goldemberg, J., S. Coelho e O. Lucon. 2003. How adequate policies can push renewables. *Energy Policy*, v.32, n.9, p.1141.
- Goldemberg, J., S. T. Coelho, P. M. Nastari e O. Lucon. 2004. Ethanol learning curve—the Brazilian experience. *Biomass and Bioenergy*, v.26, p.301 – 4.
- Grassi, G. (1999): "Modern Bioenergy in the European Union," *Renewable Energy*, 16, 985-990.

GUILHOTO, J. M. M.. Geração de emprego nos setores produtores de cana-de-açúcar, açúcar e álcool no Brasil e suas macro-regiões; Relatório Cenários para a produção de açúcar e álcool, MB Associados e Fipe, São Paulo, 2001.

GUILHOTO, J. M. M. *et al.*. Mechanization Process of the Sugar Cane Harvest and its Direct and Indirect Impact over the Employment in Brazil and in its 5 Macro-Regions. Relatório Esalq – Cepea, Piracicaba, 2002.

GWEC. Record year for wind energy: Global wind power market increased by 43% in 2005. Press release. Global Wind Energy Council: Brussels, 17 February 2006. [www.ntnu.no/sffe/documents/GWEC%20-%20Global%20Wind%20Statistics%202005.pdf](http://www.ntnu.no/sffe/documents/GWEC%20-%20Global%20Wind%20Statistics%202005.pdf).

GWEC. Record year for wind energy: Global wind power market increased by 43% in 2005. Press release. Global Wind Energy Council: Brussels, 17 February 2006. [www.ntnu.no/sffe/documents/GWEC%20-%20Global%20Wind%20Statistics%202005.pdf](http://www.ntnu.no/sffe/documents/GWEC%20-%20Global%20Wind%20Statistics%202005.pdf).

Hamilton, L. B., M. Dwokin e B. Sachs. The Efficiency Utility: a model for replication. ECEEE 2005 Summer Study - What works & who delivers? Mandelieu: European Council for an Energy Efficient Economy, 2005. 237-42 p.

Harrington, C. e C. Murray Who Should Deliver Ratepayer Funded Energy Efficiency? A Survey and Discussion Paper. The Regulatory Assistance Project. Montpelier, VT EUA, 127 p. 2003.

Hawken, P., A. Lovins e H. Lovins. Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution. Snowmass, Colorado: Rocky Mountain Institute. 2003

Howarth, R. e B. Andersson. 1993. Market Barriers to Energy Efficiency. Energy Economics, v. October. IEA-PVPS. <http://www.oja-services.nl/iea-pvps/isr/index.htm> Acessado em 19/05/2006.

Jannuzzi, G. M. 2000. Políticas Públicas Para Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado. Campinas: FAPESP/Editora Autores Associados. 2000. 118 p.

Jannuzzi, G. M. Uma Avaliação das Atividades Recentes de P&D em Energia Renovável no Brasil e Reflexões para o Futuro. IV Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Itajubá: Sociedade Brasileira de Planejamento Energético, 2004.

Jannuzzi, G. M. 2005. Energy Efficiency and R&D Activities in Brazil: Experiences from the Wirecharge Mechanism (1998-2004). World Bank. Washington, 50 p.

Jannuzzi, G. M. e C. J. B. Pagan. 2000. The impacts of technical standards for incandescent lamp manufacture in Brazil. NOV, 1033-45 p.

Jannuzzi, G. M. e C. J. B. Pagan. The impacts of technical standards for incandescent lamp manufacture in Brazil. Energy, v.25, p.1033-1045. 2000

Jannuzzi, G. M. Energia Solar: um luxo para os Campineiros. Energia & Ambiente. 16/05/06. Disponível em: <http://gilbertomartino.wordpress.com/2006/05/16/energia-solar-um-luxo-para-os-campineiros>. Acesso em 26 de maio de 2006.

Jannuzzi, G. M., G. C. Queiroz, T. Borges e E. A. Vendrusculo. 2002. Metodologia de análise de custo de ciclo de vida como suporte técnico à lei de eficiência energética: um estudo de caso para refrigeradores domésticos no Brasil. International Energy Initiative. Campinas: September, 28 p.

Jannuzzi, G. M., L. A. Rossi, R. Terciote, C. Cervantes e C. D. O. Baptista. 2002. As possibilidades para a geração distribuída na rede de baixa tensão: aspectos técnicos, econômicos e políticas de regulamentação. Universidade Estadual de Campinas. Campinas: maio, 130 p. (FAPESP Proc. no. 01/00895-0).

Jannuzzi, G. M., S. Bajay, A. Furtado, J. A. Paccola e H. X. Jr. 2005. Estudo para Avaliação de Impactos Econômicos decorrentes da Implantação de Tarifas Modificadas e Oportunidades para Eficiência Energética. NIPE/UNICAMP. Campinas, 157 p.

- Jannuzzi, G. M., T.V. Pereira, *et al.* Desenvolvimento de Tecnologia de Pré-Aquecedor Solar de Água Para Chuveiros Elétricos de Potência Reduzida - Etapa 1: Experiência de Laboratório Relatório Final. UNICAMP/Companhia Paulista de Força e Luz-CPFL. Campinas. 1994. (Convênio de Pesquisa)
- Jannuzzi, G. M., V. F. Santos, *et al.* Avaliação do Programa de Incentivos à Substituição de Lâmpadas Incandescentes por Fluorescentes Compactas ou Circulares em Fortaleza. Universidade Estadual de Campinas UNICAMP/ Eletrobrás - PROCEL (Convênio de Pesquisa). Campinas, p. 200. 1998.
- Jannuzzi, G.M., Swisher, J.N., 1997. Planejamento Integrado de Recursos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis. Editora Autores Associados, Campinas.
- Juma, C. e L. Yee-Cheong. 2005. Innovation: applying knowledge to development. UN Millennium Project, Task Force on Science, Technology and Innovation, 220 p.
- Kozloff, K., R. Cowart, G. D. M. Jannuzzi e O. Mielnik. 2000. Recomendações para uma Estratégia Regulatória Nacional de Combate ao Desperdício de Eletricidade no Brasil. USAID-Brasil. Campinas, 189 p.
- Laitner, J. "Energy Efficiency Investments: a dynamic link between environmental quality and positive benefits for South Africa", artigo apresentado em Cape Technikon South Africa Conference on Direct Energy Use, Abril 2001.
- Langniss, O. e R. Wiser. 2003. The renewables portfolio standard in Texas: an early assesment. Energy Policy, n.31, p. 527-35.
- Lewis, J. e R. Wiser. 2005. A Review of International Experience with Policies to Promote Wind Power Industry Development. Energy Foundation China Sustainable Energy Program, Center for Resource Solutions, 70 p.
- Lima, L. E. A. D., C. M. Ayres, A. D. Poole, C. F. Hackerott e M. Campos. 2005. Novos Mecanismos de Intermediação Financeira para Projetos de Eficiência Energética no Brasil, China e Índia: Análise da Viabilidade e Design de um Fundo de Aval para Projetos de Eficiência Energética. Banco Mundial e ABESCO (Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Energia). <http://www.abesco.com.br/pdf/docs/Fundoaval.pdf> Acesso em 10 jan 2006.
- Lovins, A. 2005. Energy End-Use Efficiency. Rocky Mountain Institute. Snowmass, CO, EUA, 25 p
- Macedo, I. C. 2003. Estado da Arte e Tendências Tecnológicas para Energia. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília:janeiro, 50 p.
- Macedo, I. C. 2006. Comunicação pessoal.
- MACHADO, Augusto Cesar Campos de Sousa. Departamento de Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia. Comunicação pessoal em 31/08/2005.
- Mct.2005. Fundos setoriais: execução financeira. [http://www.mct.gov.br/Fontes/Fundos/Recursos/FS\\_Exec\\_Financeira\\_2005\\_Cons.pdf](http://www.mct.gov.br/Fontes/Fundos/Recursos/FS_Exec_Financeira_2005_Cons.pdf) Acesso em 10 jan 2006.
- Nadel *et al.* (eds). Regulatory Incentives for Demand Side Management, ACEEE, 1992; Kozloff, K. et. Al. 2000. Recomendações para uma estratégia regulatória nacional de combate ao desperdício de eletricidade no Brasil. USAID-Brasil, 189 p.
- Nadel, S., M. Reid e D. Wolcott, Eds. Regulatory Incentives for Demand-Side Management. Energy Conservation and Energy Policy. Washington: ACEEE, p.303, Energy Conservation and Energy Policyed. 1992.
- Neij, L., P. D. Andresen, M. Durstewitz, P. Helby, M. Hoppe-Kilpper e P. E. Morthorst. 2003. Experience Curves: a tool for energy policy assessment. Department of Technology and Society, University of Lund. Lund, 125 p. (IMES/EESS Report no. 40).

Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da UNICAMP (NIPE/UNICAMP). Projeto: Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo. Relatório Final ao CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Dezembro 2005. Disponível em: [http://www.cgee.org.br/prospeccao/doc\\_arq/prod/registro/pdf/regdoc2162.pdf](http://www.cgee.org.br/prospeccao/doc_arq/prod/registro/pdf/regdoc2162.pdf)

ORTIZ, L. S. & HAPPE, B. (s/d). Usina Termelétrica a carvão de Seival, Candiota, Rio Grande do Sul. IN: ORTIZ, L. (org.) Dossier sobre os riscos sócio-ambientais dos projetos de energia e infra-estrutura no Brasil apresentados como oportunidades de negócio a investidores internacionais. Fundação Heinrich Böll. Site: [www.coalisaoriosvivos.org.br](http://www.coalisaoriosvivos.org.br). Acessado em 15 de novembro de 2005.

Pompermayer, M. Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico Brasileiro: Aspectos Legais Regulatórios e Conceituais. 2003. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL: 27 p.

Porto, Laura. Energias Alternativas Renováveis. Apresentação realizada para o Seminário Cenários de Energia: Curitiba, 1 de junho de 2005.

Queiroz, G. C., G. M. Jannuzzi, E. A. Vendrusculo, T. Borges e J. A. Pomílio. 2003. A life-cycle cost analysis (LCCA) for setting energy-efficiency standards in Brazil: The case of residential refrigerators. International Energy Initiative. Campinas: May, 15 p. (Energy Discussion Paper no. 2.56-01/03). <http://www.iei-la.org>

Reddy, A. K. N. 1991. Barriers to Improvements in Energy Efficiency. *Energy Policy*, v.19, p.953-61.

Reddy, A. K., D'Sa, A. (1995). "Integrated energy planning: Part 1. The DEFENDUS methodology". *Energy for Sustainable Development* 2 (3): 15-26.

Reddy, A. K., D'Sa, A. (1995). "Integrated energy planning: Part 2. Example of the DEFENDUS scenarios". *Energy for Sustainable Development* 2 (4): 12-26.

Rosenfeld, A. e D. Hafemeister. 1988. Energy-efficient Buildings - Energy conservation and economic development can go hand in hand. *Scientific American*, v. 258, n.4, p.78-85.

Rosenfeld, A., J. J. Romm, H. Akbari, M. Pomerance e H. Taha. 1996. Policies to Reduce Heat Islands: Magnitudes of Benefits and Incentives to Achieve Them. Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley, p. (LBL-38679,).

Rosenfeld, A., J. Romm, H. Akbari e A. Lloyd. 1997. Painting the Town White — and Green. *Technology Review*, n. Feb/Mar.

Silva Jr, H. X. D. Aplicação das Metodologias de Análise Estatística e de Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) para o Estabelecimento de Padrões de Eficiência Energética: Refrigeradores Brasileiros. (MSc). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. 163 p.

THEMAG (1978) EIA e PBA da Usina Hidrelétrica Porto Primavera.

THEMAG AHE Salto. Relatório de Impacto Ambiental. CTE - Centro Tecnológico de Engenharia. s/d.

THEMAG. AHE Salto do Rio Verdinho. Estudo de Impacto Ambiental. Vls 1 a 3 – Texto e V.4 – Anexos. CTE - Centro Tecnológico de Engenharia. s/d.

THEMAG. AHE Salto do Rio Verdinho. Relatório de Impacto Ambiental. CTE - Centro Tecnológico de Engenharia. s/d.

Usaid. 1997. Promoting energy efficiency in reformed electricity markets: a guidebook for stakeholders, final report prepared for USAID/Office of Energy, Environment and Technology. Haigler Bailly Services, Inc. Washington, DC.

- Vendrusculo, E. A., G. C. Queiroz, G. M. Jannuzzi, N. Mendes, T. Borges e J. A. Pomílio. 2003. Technical improvement of residential refrigerator in Brazil: energy efficiency analysis. International Energy Initiative. Campinas: May, 10 p. (Energy Discussion Paper no. 2.56—2/03). <http://www.iei-la.org>
- Vine, E. 1997. Confidential Data in a Competitive Environment: Setting a Regulatory Agenda. *The Electricity Journal*, v.10, n.3, p.62-9.
- Vine, E., J. Hamrin, N. Eyre, D. Crossley, M. Maloney e G. Watt. 2003. Public policy analysis of energy efficiency and load management in changing electricity businesses. *Energy Policy*, v.31, n.5, 2003/04/, p.405-30.
- Weiss, W.; Bergmann, I.; Faninger, G. Solar Heating Worldwide: markets and contribution to the energy supply 2003. IEA Solar Heating & Cooling Programme. May 2005.
- Wiel, S. e J. McMahon. 2001. Energy-Efficiency Labels and Standards: A Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting. Collaborative Labeling and Appliance Standards Program (CLASP). Washington, 205 p.
- Wiser, R. H., M. Fowlie e E. H. Holt. 2001. Public goods and private interests: understanding non-residential demand for green power. *Energy Policy*, n.29, p.1085–97.
- Wiser, R., C. Murray, J. Hamrin e R. Weston. 2003. International Experience with Public Benefits Funds: A Focus on Renewable Energy and Energy Efficiency. Energy Foundation, China Sustainable Energy Program, 100 p. <http://www.resource-solutions.org/Library/librarypdfs/IntPolicy-China.PBF.pdf>
- Wiser, R., S. Pickle e C. Goldman. 1996. California Renewable Energy Policy and Implementation Issues - an overview of Recent Regulatory and Legislative Action. Lawrence Berkley National Laboratory. Berkeley, (LBL-39247 UC-1321).

Anexos técnicos estão disponíveis no site [www.wwf.org.br](http://www.wwf.org.br)





## **Missão do WWF-Brasil**

Contribuir para que a sociedade brasileira conserve a natureza,  
harmonizando a atividade humana com a conservação  
da biodiversidade e com o uso racional dos recursos naturais,  
para o benefício dos cidadãos de hoje e futuras gerações.



### **WWF-Brasil**

SHIS EQ QL 06/08 Conjunto E 2º andar  
CEP71620-430 - Brasília - DF  
Fone: (61) 3364 7400 • Fax: (61) 3364 7474  
panda@wwf.org.br  
<http://www.wwf.org.br>