

NATÁLIA CRISTINA NASCIMENTO

**ENERGIAS ALTERNATIVAS: POTENCIALIDADES  
PARA AS REGIÕES DE MAIOR DEMANDA  
ENERGÉTICA NO BRASIL**

*Monografia apresentada a Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no ano letivo de 2009.*

Orientador: Prof. Dr. Gerson Antonio Santarine

NATÁLIA CRISTINA NASCIMENTO

**ENERGIAS ALTERNATIVAS: POTENCIALIDADES  
PARA AS REGIÕES DE MAIOR DEMANDA  
ENERGÉTICA NO BRASIL**

ORIENTADOR: PROF. DR. GERSON ANTONIO SANTARINE

*Monografia apresentada a Comissão do Trabalho de  
Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental,  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de  
Rio Claro, como parte das exigências para obtenção do título  
de Engenheira Ambiental.*

Rio Claro – SP  
2009

628.092 Nascimento, Natália Cristina  
N244e Energias alternativas: Potencialidades para as regiões de  
maior demanda energética no Brasil / Natália Cristina  
Nascimento. - Rio Claro : [s.n.], 2009  
42 f. : il., figs., gráfs., tabs., mapas

Trabalho de conclusão ( Engenharia Ambiental) -  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas

Orientador: Gerson A. Santarine

1. Engenharia Ambiental. 2. Recursos naturais. 3.  
Potencialidades. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

*Aos meus pais Joaquim e Solange , e ao  
meu irmão Victor.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiro à Deus energia e luz que ilumina cada passo da minha vida.

Ao meu pai, Joaquim Francisco Nascimento, exemplo de homem, responsabilidade e dignidade, minha mãe Rosa Solange Dutra que sempre me trouxe muita paz e me fez acreditar que tudo é possível, e ao meu amigo e irmão Victor Nascimento, incentivo muito presente na minha, do qual eu tenho muito orgulho e aos meus avós queridos.

Aos meus tios queridos Márcia e Gastón, grandes apoio e tem grande participação em minha formação profissional e pessoal.

Ao Pedro Henrique T. Silva que com apenas um olhar me mostrou um mundo diferente.

Sou especialmente grata ao professor Gerson Santarine pela ajuda e paciente orientação, sem a qual não seria possível a realização dessa dissertação.

Ao professor Roberto Naves, que gentilmente comprou livros para execução deste projeto e participou ativamente na execução do mesmo.

Ao Professor Jonas Contiero, grande pesquisador e apoio durante minha formação acadêmica.

Ao Professor Mathias Mack, Professor Harard Hoffmann e a Maria do Carmo, grandes apoio quando fiz intercâmbio. E às saudosas amigas Irina Bubb, Sophie e Jörg.

A Na (Barbie engenheira) minha amiga, companheira de 5 anos e irmã, complicado descrevê-la por ser tão especial. Vivemos, sonhamos e principalmente aprendemos muito com nossos erros e acertos.

Aos meus amigos e agregados da República Tississinguabe, Salsicha, Pingüim, Itajubá, Abobrão, Tchaca, Robinho, Isaac, Porps e Matuco. As minhas flores Malu e Tia Cris. A República Delícias: Pomba, Brunilda, Monicaos e Camilosa ( as 2 últimas delícias deram muita força pra que este trabalho acontecesse este ano, obrigada!) Ao querido Corózinho, Livinha e as Malas ( Dinha e Chati). A Rep Atoas, especialmente Toroço, Copo e Tio Chico. Todos companheiros e irmãos de uma grande, insubstituível e inesquecível caminhada. Como dissemos sempre: “Como nossa sala, não há nada igual”.

Aos meus amigos distantes, porém fortemente presentes em minha vida Larissa, Dani (Limãozinha), Gisele, Paty , Talita, Bruno (Hermano) e Leandro Belini.

## SUMÁRIO

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
ÍNDICE DE SIGLAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.OBJETIVOS.....	3
3.MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO.....	4
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	5
5. CONCLUSÕES.....	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

# ÍNDICE

<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2.OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.Objetivo geral.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.Objetivos específicos.....</b>	<b>4</b>
<b>3.MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO.....</b>	<b>4</b>
<b>4.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1.Contextualização e evolução da matriz energética no Brasil .....</b>	<b>5</b>
<b>4.2.Caracterização das principais fontes de energias alternativas.....</b>	<b>11</b>
4.2.1.Fontes tradicionais de energia .....	12
4.2.1.1.Energia hidráulica.....	12
4.2.1.2.Usina Termelétrica.....	17
4.2.2.Fontes alternativas de energia.....	18
4.2.2.1.Energia Eólica.....	18
4.2.2.2.Energia Solar.....	21
4.2.2.2.1.Biomassa.....	25
4.2.2.2.2.Biogás .....	31
4.2.3.Fontes modernas de energia .....	32
4.2.3.1.Energia Nuclear .....	32
4.2.3.2.Usina virtual .....	34
<b>5.CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>38</b>

## RESUMO

Desde o início da vida em Sociedade, o homem tem procurado fontes de energia que possam ser utilizadas continuamente, ou armazenadas para serem consumidas nos momentos de necessidade. O processo de geração das diversas formas de energia possibilitou a raça humana à execução de inúmeras atividades que vão desde a cocção de alimentos, movimentação de grandes indústrias e até mesmo a possibilidade de aniquilação total com a disponibilidade das poderosas armas nucleares de destruição em massa.

No Brasil, diante de vários aspectos deletérios e principalmente da finitude dos recursos utilizados em larga escala para a obtenção de energia, há um enorme desvelo da sociedade no que se refere à perspectiva de alternativas para o uso de energia, nas escalas local, regional e global mas, como não poderia ser diferente, aspectos econômicos são os principais fatores neste cenário. É fato que o não aproveitamento do potencial da região quanto ao uso de fontes alternativas de energia leva a um maior impacto sócio-ambiental com prejuízos generalizados para todos. A finalidade do presente projeto está direcionada à discussão de forma abrangente, sistêmica e integrada de algumas das principais fontes de energias alternativas, associadas aos procedimentos técnicos correlatos a cada uma delas, visando contribuir para uma melhor e efetiva utilização dos recursos naturais disponíveis em cada região do país, com vistas a minimizar os impactos sobre o meio ambiente em que estão inseridas.

**Palavras chave:** Energia – Recursos naturais – potencialidades

## **ABSTRACT**

Since the beginning of life in society, the human being has sought sources of energy that can be used continuously, or stored to be consumed in times of need. The various energy generation processes has enabled the human race for the implementation of many activities ranging from food preparation, handling of large industries and even the possibility of total annihilation by the availability of powerful nuclear weapons.

In Brazil, whereupon the various deleterious aspects and especially the finite resources used on a large scale for the energy conservation, there is a huge devotion of society referred to the prospects for alternatives to the use of energy in local, regional and global, but overall, as it wouldn't be different, the main factors in this scenario are economic. The fact that the unused potential of a region in the use of alternative sources of energy leads to a larger socio-environmental prejudice generalized to all. The purpose of this project is targeted for a comprehensive, systemic and integrated discussion about some of the main alternative energy sources, associated with technical procedures related to them, to contribute to a better and effective use of natural resources available in each region of the country, in order to minimize the impacts on the environment in which they are inserted.

**Key words:** Energy – natural resources – energy potentials

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Centrais elétricas que compõem os sistemas isolados -Situação em outubro de 2003.....	7
Figura 2: Sistema de transmissão –Horizonte 2007-2009.....	8
Figura 3: Tabela do consumo final energético por fonte ( $10^3$ tep).....	9
Figura 4: Gráfico do consumo final energético por setor (Mtep) nos anos de 2006 e 2007).....	10
Figura 5: Mapa do consumo de energia elétrica por região em 2007.....	10
Figura 6: Mapa do potencial hidrelétrico por bacia hidrográfica – 2008.....	13
Figura 7: Mapa da potência instalada por estado – 2008.....	14
Figura 8: Mapa das principais ocorrências de carvão mineral, linhito e turfa no Brasil.....	17
Figura 9: Geração no Brasil: Capacidade Instalada e Energia Gerada.....	18
Figura 10: Tabela da potência instalada em 2007.....	19
Figura 11 Mapa do potencial eólico brasileiro.....	20
Figura 12: Gráfico da potência instalada de células fotovoltaicas no mundo (MW).....	23
Figura 13: Mapa da variação da radiação solar no Brasil.....	24
Figura 14: Mapa da matriz de consumo final de energia nos anos de 1973 e 2006.....	26
Figura 15: Tabela da produção de biodiesel no Brasil ( $m^3$ ).....	27
Figura 16: Gráfico da produção mundial de etanol.....	28
Figura 17 Mapa das usinas de biomassa em operação em novembro de 2008.....	29
Figura 18: Esquema de produção de Biogás.....	31
Figura 19: Diagrama esquemático de uma usina termonuclear.....	33
Figura 20: Reservas brasileiras de urânio.....	34

## ÍNDICE DE SIGLAS

Aneel - Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

AIE - Agência Internacional de Energia

BIG - Banco de Informações da Geração

BEM - Balanço Energético Nacional

CGH - Centrais Geradoras Hidrelétricas

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras S.A

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

IEA - International Energy Agency

Ipea – Instituto de pesquisa econômica aplicada

MME - Ministério de Minas e Energia

PCH - Pequenas Centrais Hidrelétricas

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PNPB - Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel

Proinfa - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century

SCIELO - Scientific Electronic Library Online

SIN - Sistema Interligado Nacional

tep - Tonelada equivalente de petróleo

UE - União Européia

Única - União da Indústria de Cana-de-Açúcar

UNICAMP - Universidade de Campinas

USP - Universidade Estadual de São Paulo

UNESP - Universidade Estadual Paulista

UHE - Usina Hidrelétrica de energia

WEC - World Energy Council

WWEA - World Wind Energy Association

## 1. INTRODUÇÃO

Em função da crise energética associada à questão do aquecimento global surgiu a necessidade de se buscar novas fontes alternativas de energia que pudessem minimizar os graves problemas advindos desta situação.

Pode-se afirmar que a vida sobre a Terra interagiu com três fontes primárias de energia, Solar, Geotérmica e Gravitacional. Todas as três são fontes renováveis de energia, ou seja, fontes eternas produtoras de energia. É importante observar que as Fontes Primárias de Energia apresentam-se disponíveis aos seres vivos na forma ou estado que os ciclos da natureza oferecem e determinam.

A fonte Solar que contribui com a formação da biomassa, movimento das águas (ciclos pluviométricos e rios), formação dos ventos (ciclos climáticos) e com o movimento dos oceanos (ondas e marés). A fonte Gravitacional, altamente instável, todavia dinâmica, influi nos ciclos climáticos das águas (evaporação e chuvas), na atividade eólica (formação e deslocamento das massas de ar e ventos) e atua também nos movimentos naturais dos oceanos. A fonte Geotérmica, que produz calor irradiado do centro da Terra, e em casos extremos se apresenta ao mundo exterior na forma de vulcões e fontes de gêiser (fontes térmicas de líquidos e gases acompanhados de altas pressões).

Com a evolução dos tempos a humanidade passou a relacionar-se com a natureza através de outras quatro fontes secundárias e renováveis de energia. A energia proveniente dos Oceanos; a energia Eólica; a energia Hidráulica (deslocamentos e/ou quedas das águas – centrais hidrelétricas); e a proveniente da Biomassa, composta pelas seguintes fontes secundárias – madeira, cana-de-açúcar, resíduos agrícola, carvão vegetal, óleos vegetais e biogás (este proveniente de processos de fermentação, como de aterros sanitários). Das fontes secundárias de energia, o destaque fica para a utilização intensa no país da Energia Hidráulica, disponível nas regiões de grandes bacias hídricas formadas por grandes, médios e pequenos rios, além de quedas d'água. Segue o uso da madeira e carvão vegetal provenientes da devastação das florestas através da queima e do corte.

Em confronto com o conjunto das energias primárias e secundárias renováveis, dois grandes acontecimentos foram marcantes no século XX – o uso da energia nuclear, que também é uma fonte primária de energia, porém não renovável, que produz calor através de reatores atômicos alimentados por elementos radiativos processados como urânio e plutônio.

Vivemos em um momento de mudanças profundas em que é necessário intensificar a busca de conhecimentos imprescindíveis à sua implementação. Tais mudanças devem se processar refletindo se as características e peculiaridades de nosso País com dimensões continentais, em sua imensa diversidade inter-regionais, estão correlacionadas aos aspectos de clima, desenvolvimento econômico e social. Mais recentemente, o potencial para o uso de energia eficiente como uma estratégia de desenvolvimento se tornou amplamente reconhecido nos países em desenvolvimento (GELLER, 1990).

Segundo Goldemberg (1998), atualmente o Brasil apresenta consumo médio de 1,3 toneladas equivalentes de petróleo/per capita, mas estima-se que entre 15 e 20 anos esse consumo possa dobrar.

As duas últimas décadas presenciaram um aumento substancial da emissão de gases à atmosfera, levando sociedade e governos a iniciativas como o protocolo de Kyoto que determinou que os países industrializados signatários reduzissem em 5,2% suas emissões de carbono em relação aos níveis de 1990 no período de 2008 a 2012. O acordo gerou a adoção de uma série de metas de redução regionais e nacionais. A União Européia, por exemplo, assumiu o compromisso de uma redução de 8%. Para atingir esse objetivo, a UE concordou também em aumentar a participação de energias renováveis em sua matriz energética de 6% para 12% até 2010.

Os signatários de Kyoto negociam atualmente a segunda fase do acordo, que abrange o período de 2013 a 2017, no qual os países industrializados deverão reduzir suas emissões de CO<sub>2</sub>(dióxido de carbono) em 18% em relação aos níveis de 1990; no período entre 2018 e 2022, a redução deve aumentar para 30%. Somente com esses cortes, teremos chance de manter o aumento médio da temperatura global abaixo do limite de 2°C. Caso o aumento da temperatura ultrapasse os 2°C, os impactos da mudança do clima serão incontáveis.

Assim faz-se necessário um amplo conhecimento e compreensão da natureza dos principais aspectos relacionados à geração de energia, e por conseguinte dos interesses e motivações de todas as partes envolvidas na questão energética, tais como, produtores, distribuidores, operadores de facilidades de transporte, retalhistas, agentes financiadores nacionais e internacionais, agentes reguladores além do consumidor final.

Uma das formas de se resolver o problema do aquecimento do clima na Terra consiste em se reverter boa parte da matriz energética usada pelo homem até o presente. Por essa razão o desenvolvimento das energias alternativas ou renováveis são indispensáveis. Estas são obtidas de fontes naturais virtualmente inesgotáveis, sendo algumas destas pela grande quantidade intrínseca de energia que contêm e outras porque possuem a capacidade de regenerar-se por meios naturais.

A demanda global por energia triplicou nos últimos 50 anos e poderá triplicar novamente nas próximas 3 décadas. Com base num crescimento anual de 4%, para os países em desenvolvimento, o acréscimo poderá atingir 100% em 20 anos (HINRICHS e KLEINBACH, 2003).

Assim sendo uma das principais razões para se buscar a melhoria da eficiência energética está na compreensão de que o consumo de energia sem planejamento eficiente, pode conduzir a conseqüências indesejáveis como a poluição local com os gases de efeito estufa no incremento da temperatura média global e suficiência energética. Para minorar estes problemas com melhorias técnicas que possuam custo competitivo com a oferta convencional de energia, programas inovadores de eficiência energética parecem oferecer uma solução satisfatória. Além do mais, oportunidades técnicas, economicamente atrativas, também começam a se tornar abundantes em países em desenvolvimento (US OTA, 1992).

Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), o aumento do consumo de petróleo e carvão mineral na China e Índia poderá neutralizar todos os esforços que estão sendo feitos para frear o agravamento do efeito estufa. É necessário acelerar o uso de energias alternativas e, para isso, aumentar os investimentos em novas tecnologias, em cooperação científica e econômica.

Três aspectos importantes devem ser salientados sobre esse tipo de energia: sua viabilidade econômica, sustentabilidade e disponibilidade de recursos renováveis para sua geração, fatores que variam para as diferentes regiões do país.

O presente projeto de TCC vem analisar alguns aspectos relacionados à utilização de fontes de energias alternativas diretamente correlacionadas às potencialidades de regiões brasileiras onde a demanda por energia é mais acentuada, com a utilização de recursos bibliográficos por meio da integração, análise e discussão dos dados coletados.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

O objetivo central do presente projeto consiste em se realizar uma contextualização do cenário energético brasileiro e posteriormente levantar dados quanto à potencialidade das principais regiões em relação ao uso de energias alternativas bem como suas principais características destacando-se suas vantagens e desvantagens.

## **2.2.Objetivos específicos**

- ✓ Identificação e levantamento das principais formas de energias utilizadas no Brasil;
- ✓ Descrição das fontes de energias alternativas já utilizadas;
- ✓ Prospecção, segundo o potencial das principais regiões do país, das energias alternativas que poderão ser utilizadas.

## **3. MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO**

Por se tratar de um trabalho de revisão bibliográfica, executou-se mediante quatro principais etapas: revisão bibliográfica aprofundada; identificação e levantamento das principais fontes de geração de energias alternativas; análise, discussão e sistematização destes dados.

Na revisão bibliográfica são contemplados o cenário energético brasileiro e as principais fontes de energias alternativas. Em um segundo momento na identificação e levantamento dos dados realizou-se a identificação e análise das energias já utilizadas, assim como uma prévia caracterização da capacidade dos recursos naturais das principais regiões do Brasil a serem utilizados como fonte para produção de energias alternativas.

Finalmente realizou-se a discussão e sistematização dos materiais levantados, correlacionando-os para obter como produto final a descrição das principais energias alternativas e suas respectivas regiões, segundo as potencialidades das mesmas.

O presente projeto não necessitou de financiamento externo para ser executado. A principal infra-estrutura necessária corresponde ao laboratório de informática do curso de engenharia ambiental e as dependências e materiais disponíveis na biblioteca universitária, que possuem todos os equipamentos a serem utilizados durante a pesquisa. Não havendo previsão de aquisição de equipamentos ou outros materiais, não houve quaisquer obstáculos que possam comprometer a exequibilidade da pesquisa.

Durante o desenvolvimento da revisão bibliográfica complementar, os materiais utilizados nesta etapa da pesquisa abrangerão trabalhos correlatos, relatórios e periódicos, entre outros meios e obras de comunicação e divulgação científica, proporcionando o embasamento cognitivo necessário ao desenvolvimento das demais etapas.

As principais bases de consulta utilizadas para o levantamento dos materiais utilizados

na revisão bibliográfica abrangem o acervo disponível na Universidade Estadual Paulista (UNESP), a partir de bases on-line do Catálogo Athena, o acervo das unidades da Universidade Estadual de São Paulo (USP) e Universidade de Campinas (UNICAMP) a partir de bases on-line UNIBIBLIWEB e acervo de obras on-line, entre elas obtidas na Scientific Electronic Library Online (SCIELO).

Após uma prévia triagem, para leitura e análise dos materiais levantados foi elaborado um fichário bibliográfico a partir do qual estes foram cadastrados e organizados.

Destaca-se que os resultados alcançados visam abranger um público relativamente heterogêneo que, de modo geral, poderá ser beneficiado pelo alcance dos objetivos do estudo, tendo destaque à: comunidade acadêmica com interesse sobre o tema; consultores privados e agentes públicos que pretendem se preparar e/ou atualizar-se, para atuar na área; empreendedores que desejam ter uma visão ampla de seus negócios e ter uma prospecção em que tipo de energia deve investir seu capital; e a sociedade em geral; empenhada em acompanhar, e/ou participar, dos processos de aprovação dos empreendimentos que utilizem as fontes de energias alternativas. Portanto, em complemento as considerações textuais, para apresentação dos resultados foram apresentados tabelas e gráficos, relacionados aos principais aspectos abordados.

Para análise, discussão e sistematização dos materiais, serão organizados e discutidos em âmbito federal, priorizando-se as regiões onde a demanda por energia é maior.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Contextualização e evolução da matriz energética no Brasil**

A energia elétrica foi introduzida no Brasil no mesmo ano que ocorreu a primeira demonstração pública da lâmpada elétrica de Edison em 1879: acionadas a partir da energia gerada por dois dínamos, seis lâmpadas de arco, do tipo Jablokhov, iluminaram a estação central da Estrada de Ferro D. Pedro (atual Central do Brasil) (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1988).

A primeira usina termelétrica para iluminação pública foi inaugurada em 1883, por dom Pedro II, em Campos dos Goytacazes (município localizado no norte do estado do Rio de Janeiro). Mas a antiga matriz de energia do Brasil é marcada principalmente pela queima de lenha, que até o início da década de 1940 gerava nada menos que 80% da energia nacional. Nessa época, o país começou a desenvolver sua estrutura para a indústria de base, com a

inauguração, em 1942, mineradora Vale do Rio Doce (para extrair minério de ferro e também o carvão mineral), e, após uma crise de abastecimento elétrico, a criação do sistema Eletrobrás e das primeiras represas hidrelétricas de grande porte como a Companhia Hidroelétrica do São Francisco, no Nordeste, em 1945. Na década de 50 é fundada a Petrobrás.

Daí para frente, aumentar a geração de hidroeletricidade tornou-se prioridade, e o governo passou a construir represas grandes, como as de Furnas, em Minas Gerais (1965), Itaipu, na fronteira com o Paraná e Paraguai (1982), E Turcuruí, no Pará (1984). Na década de 1970, no período chamado de ‘milagre econômico’, as cidades do país crescem e a eletricidade passa a ter o consumo cada vez maior e mais significativo na matriz energética.

Na década de 90, o governo decidiu ampliar o uso do gás natural, seguindo uma tendência adotada mundialmente. Em 1991 iniciou as discussões com a Bolívia para a construção do gasoduto Brasil-Bolívia. Com 3150 quilômetros de extensão, é um dos maiores do planeta, entrou em operação por trechos, a partir de 1999, e é o principal marco do aumento do uso de gás natural no país. Tal fornecimento tornou-se ainda mais importante após o colapso do abastecimento elétrico em 2001. Por causa do nível baixo de água nas represas, o governo federal determinou cortes de consumo de eletricidade e encareceu as tarifas, para reduzir a demanda e indenizar as maiores companhias da área.

Atualmente, o principal potencial hidráulico ainda pouco explorado está na região Norte, onde os desafios ambientais são maiores já enfrentados. Neste início de século, o Brasil está diversificando mais suas fontes de energia, para utilizar biomassa na geração de eletricidade e de biodiesel, bem como energia eólica e solar.

O sistema de transmissão no país é composto por 90 mil Km de linhas e é operado por 64 concessionárias, estas são responsáveis pela implantação e operação da rede que liga as usinas às instalações das companhias distribuidoras que estão juntas aos centros consumidores. Este seguimento é dividido em dois grandes blocos: o Sistema Interligado Nacional (SIN), que abrange a maior parte do território brasileiro e os Sistemas Isolados, instalados principalmente na região norte. Os mapas a seguir ilustram este cenário:

Figura 1: Centrais elétricas que compõem os sistemas isolados - Situação em outubro de 2003.



Fonte: Adaptado de Atlas de energia elétrica do Brasil- 3ª Edição

Figura 1: Sistema de transmissão - Horizonte 2007-2009



Fonte: Adaptado de Atlas de energia elétrica do Brasil-3ª Edição

Segundo estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética no Brasil, além do desenvolvimento econômico, outra variável que determina o consumo de energia é o crescimento da população (indicador obtido tanto pela comparação entre as taxas de natalidade e mortalidade quanto pela medição de fluxos migratórios). No Brasil, entre 2000 e 2005, essa taxa teve uma tendência de queda relativa, registrando variação média anual de 1,46%. Mesmo assim, a tendência do consumo de energia no período foi de crescimento: 13,93%. A exemplo do que ocorre no mercado mundial, também neste caso o movimento pode, portanto, ser atribuído principalmente ao desempenho da economia. O Produto Interno Bruto do país, no mesmo período, registrou um crescimento acumulado de 14,72%, conforme dados do Ipea.

O Ministério de Minas e Energia, mostra que em todo período que vai de 1970 a 2007, de uma maneira geral a tendência tem sido de expansão do consumo global de energia (o que abrange derivados de petróleo, gás natural, energia elétrica, entre outros). De 1990 a 2007, o crescimento acumulado foi de 69%, com o consumo total passando de 127,596 milhões de tep para 215,565 milhões de tep (tonelada equivalente de petróleo).

Enquanto a gasolina automotiva registrou recuo de 1% entre um ano e outro, o consumo de etanol aumentou 34,7% ao passar de 6,395 milhões de tep para 8,612 milhões de tep. Etanol e bagaço de cana foram, inclusive, os grupos a registrar maior variação no período, como mostram a tabela e o gráfico a seguir, o que justifica a consolidação da cana-de-açúcar como segunda principal fonte primária para produção de energia no país. (BEN, 2008 apud ATLAS, 2008, pág. 44)

Figura 3: Tabela do consumo final energético por fonte (10<sup>3</sup> tep)

Fonte	2006	2007	Variação %
Eletricidade	33.536	35.443	5,7%
Óleo diesel	32.816	34.836	6,2%
<b>Bagaço de cana</b>	<b>24.208</b>	<b>26.745</b>	<b>10,5%</b>
Lenha	16.414	16.310	-0,6%
Gás natural	13.625	14.731	8,1%
Gasolina*	14.494	14.342	-1,0%
<b>Álcool etílico</b>	<b>6.395</b>	<b>8.612</b>	<b>34,7%</b>
Gás liquefeito de petróleo	7.199	7.433	3,2%
Outras fontes**	39.887	42.957	7,7%

\*Inclui apenas gasolina A (automotiva)

\*\*Inclui lixívia, óleo combustível, gás de refinaria, coque de carvão mineral e carvão vegetal, entre outros.

Fonte: MME, 2008 (Adaptado do BEN 2008)

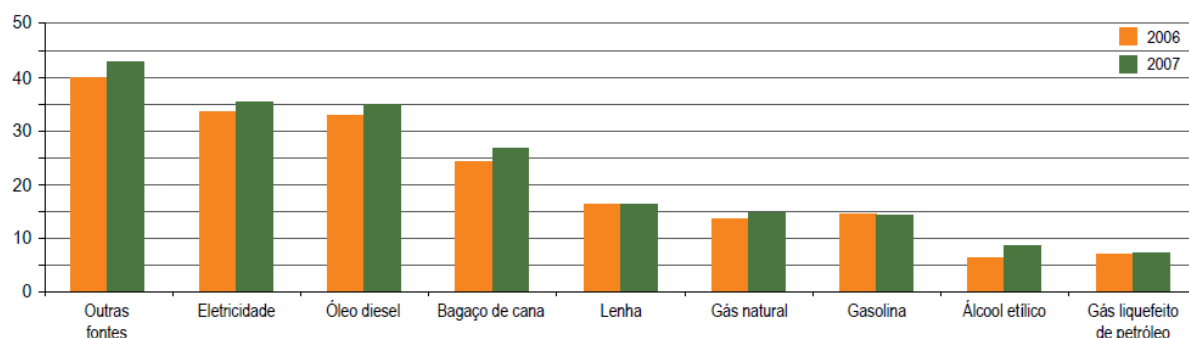


Figura 4: Gráfico do consumo final energético por setor (Mtep) nos anos de 2006 e 2007

Fonte: MME, 2008 (Adaptado do BEN 2008)

As diferenças regionais, segundo o consumo de energia, principalmente relacionadas ao ritmo de atividade econômica, que muitas vezes provoca fluxos migratórios, e à disponibilidade da oferta de eletricidade também interferiram na quantidade de energia elétrica absorvida no país. Sendo assim, embora a região Sudeste e Centro-Oeste, mais industrializada e com agropecuária bastante ativa, ainda lideram o *ranking* dos maiores consumidores, nas demais regiões a evolução do consumo tem sido bastante significativa. A figura a seguir ilustra este quadro de consumo de energia elétrica para cada região do país em 2007:

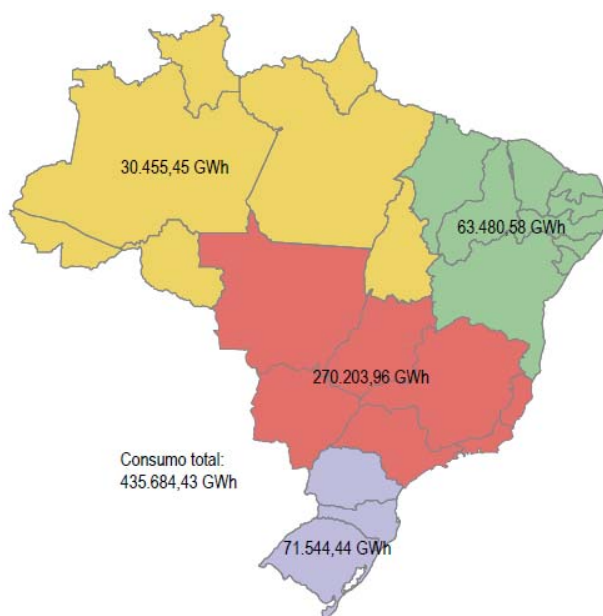


Figura 5: Mapa do consumo de energia elétrica por região em 2007

Fonte: Adaptado de ONS, 2008

Vale ressaltar a importância do governo na elaboração de programas e políticas que conciliem o desenvolvimento econômico e social e as questões ambientais. Neste sentido

leva-se em consideração a criação de algumas políticas ambientais estabelecidas no Brasil, das quais pode-se citar:

- Criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem em 1984, por intermédio do INMETRO, com o objetivo de informar ao consumidor sobre o consumo de energia dos produtos, estimulando-os a fazer uma compra consciente (INMETRO, 2009);
- Criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e do Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), em 1985 e 1991, respectivamente (ELETROBRAS, 2009, MME, 2009);
- Instituição do Programa de Eficiência Energética das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica (PEE), pela Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, que prevê a aplicação compulsória de um montante anual mínimo da receita operacional líquida destas empresas em programas de eficiência energética no uso final. A Lei nº 11.465, de 28 de março de 2007, prorroga até 31 de dezembro de 2010 a obrigação de aplicação de um percentual mínimo de 0,5% (ANEEL, 2009);
- Criação da Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, e do Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001, que a regulamenta. Conhecida como Lei de Eficiência Energética, que estabelece níveis máximos de consumo de energia de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, assim como de edificações construídas, baseado em indicadores técnicos e regulamentação específica (INMETRO, 2009);
- Instituição do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o PROINFA, através da Lei nº 10.438, de abril de 2002 e revisado pela Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003, que apóia a diversificação da matriz energética brasileira por meio de fontes de energia renováveis como Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH, o uso de energia eólica e biomassa na geração elétrica.(ELETROBRAS, 2009).
- Criação do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC em 2003 através de várias medidas institucionais com a finalidade de acelerar o desenvolvimento econômico e social através da desoneração de tributos e medidas fiscais de longo prazo que propendem a desoneração dos gastos públicos, dentre outras medidas. Nesse programa incluem-se vários projetos de infra-estrutura no setor elétrico sendo previstos cerca de R\$ 274,8 bilhões de investimentos entre 2007 e 2010 nesse setor (PAC, 2009).

#### **4.2.Caracterização das principais fontes de energias alternativas**

#### 4.2.1. Fontes tradicionais de energia

##### 4.2.1.1. Energia hidráulica

A produção de energia através da água é uma das poucas operações que não contribui para o aquecimento global, uns dos principais problemas ambientais da atualidade. Mesmo assim, a participação da água é pouco expressiva na matriz energética mundial. Segundo o último relatório Key World Energy Statistics, da Internacional Energy Agency (IEA), publicado em 2008, a participação da força das águas na produção total de energia passou, entre 1973 e 2006, de 2,2% para apenas 1,8%.

Nas últimas três décadas, também de acordo com levantamentos da IEA, a oferta de energia hidrelétrica aumentou em apenas dois locais do mundo: Ásia, em particular na China, e América Latina, em função do Brasil, país em que a hidroeletricidade responde pela maior parte da produção de energia elétrica. Neste mesmo período os países desenvolvidos já haviam explorado todos os seus potenciais, o que fez com que o volume produzido registrasse evolução inferior ao de outras fontes, como gás natural e as usinas nucleares. De acordo com estudos sobre hidroeletricidade do Plano Nacional de Energia 2030, elaborado pela EPE, são notáveis as taxas de aproveitamento da França, Alemanha, Japão, Noruega, Estados Unidos e Suécia, em contraste com as baixas taxas observadas em países da África, Ásia e América do Sul. No Brasil o aproveitamento do potencial hidráulico é da ordem de 30%.

Pelo aproveitamento do fluxo das águas em uma usina, obtém-se energia hidráulica, isto envolve tanto a construção quanto o desvio do rio e a formação do reservatório, tais estruturas são tão ou mais importantes que os equipamentos instalados. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), a potência instalada determina se a usina é de pequeno, médio ou grande porte, adota-se para tanto três classificações: Centrais Geradoras Hidrelétricas (com até 1 MW de potência instalada), Pequenas Centrais Hidrelétricas (entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada) e Usina Hidrelétrica de energia (UHE, com mais de 30 MW).

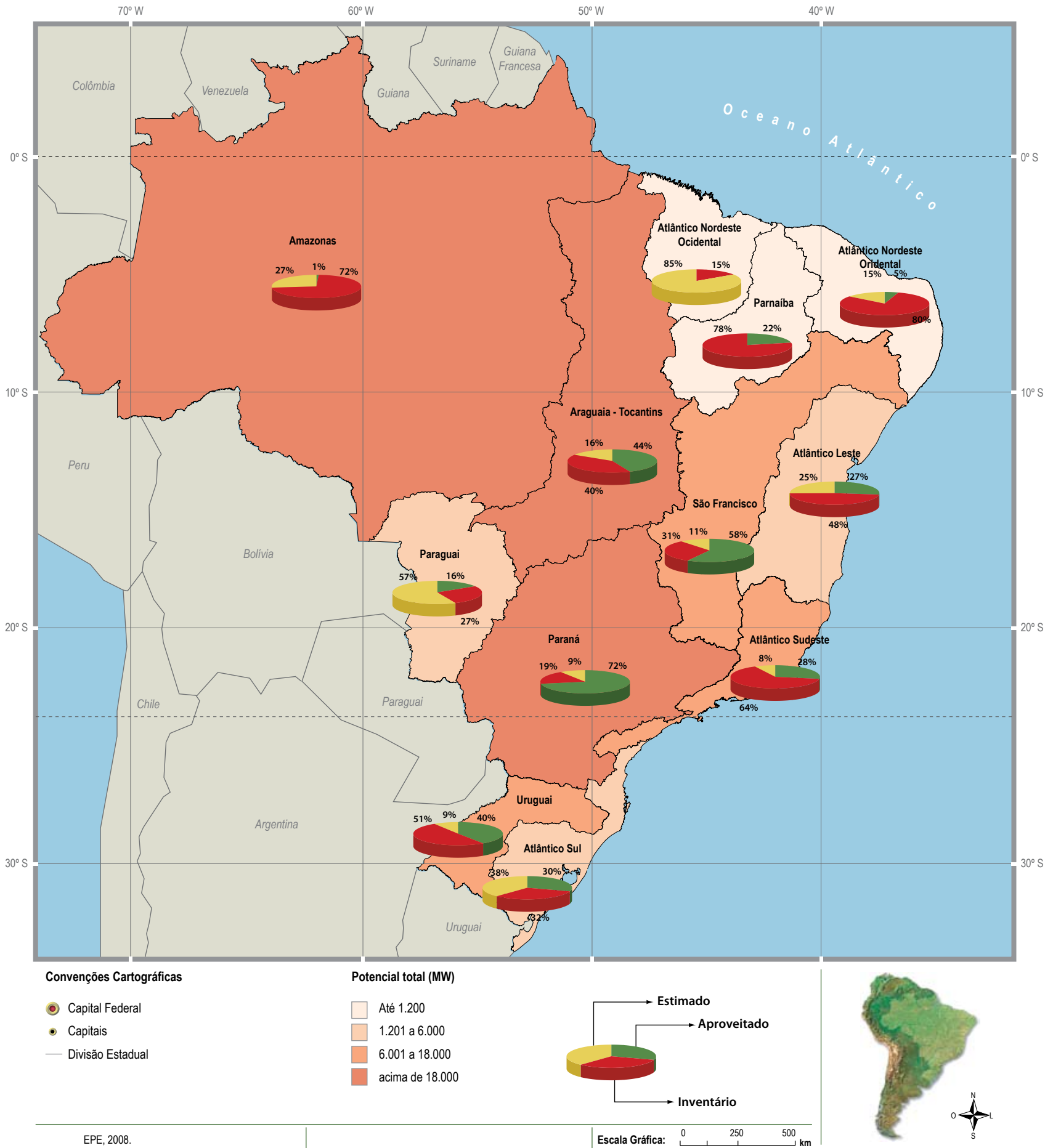
Segundo o Banco de Informações da Geração (BIG) da Aneel, em novembro de 2008, existem em operação 227 CGHs, com potência total de 120 MW; 320 PCHs (2,4 mil MW de potência instalada) e 159 UHE com uma capacidade total instalada de 74,632 mil MW. As usinas hidrelétricas, independente de seu porte, respondem, portanto, por 75,68% da potência total instalada no país, de 102,262 mil MW.

O parque hidrelétrico, no passado, chegou a representar 90% da capacidade instalada. Há três principais motivos para tal mudança. O primeiro vem da necessidade de diversificar a matriz elétrica, prevista no planejamento do setor elétrico, de forma a aumentar a segurança

do abastecimento. O segundo é em função da dificuldade em ofertas de novos empreendimentos hidráulicos pela ausência da oferta de estudos e inventários. O terceiro, está atrelado aos entraves jurídicos que protelam o licenciamento ambiental de usinas de fonte hídrica e provocam o aumento constante da contratação em leilões de energias de fonte térmica, a maioria queima derivados do petróleo ou carvão.

De acordo com resultados publicados pela Empresa de Pesquisa Energética e discriminados no Balanço Energético Nacional (BEN), em 2007, a energia de fonte hidráulica correspondeu a 14,7% da totalidade da matriz energética do país, sendo superada por derivados da cana-de-açúcar (16%) e petróleo e derivados (36,7%). Assim vale ressaltar que o Brasil possui o maior potencial hidrelétrico do mundo, com 260 mil MW, segundo o Plano 2015 da Eletrobrás, último inventário produzido no país em 1992. De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030, o potencial a ser aproveitado é cerca de 126.000 MW. Desse total, mais de 70% estão nas bacias do Amazonas e do Tocantins/Araguaia, conforme ilustram os mapas a seguir:

Figura 4: Mapa do potencial hidrelétrico por bacia hidrográfica - 2008



Observações: 1- potencial aproveitado inclui usinas existentes em dezembro de 2005 e os aproveitamentos em construção ou com concessão outorgada; 2- inventário nesta tabela indica o nível mínimo de estudo do qual foi objeto o potencial; 3- valores consideram apenas 50% da potência de aproveitamentos binacionais; 4- Foi retirado o potencial das usinas exclusivamente de ponta.

Fonte: Adaptado de Atlas de energia elétrica do Brasil-3ª Edição

Figura 5: Mapa da potência instalada por estado - 2008



Fonte: Adaptado de Atlas de Energia Elétrica do Brasil 3ª Edição

A bacia do Tocantins/Araguaia possui potencial de 28.000 MW, dos quais quase 12.200 MW já estão aproveitados pelas UHEs Serra da Mesa e Tucuruí. Do potencial a ser aproveitado 90%, porém, sofrem alguma restrição ambiental. (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, 2008, p.60)

No rio Madeira, localizado na bacia do Amazonas, se localizam as principais usinas planejadas para os próximos anos e incluídas no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal. Estas são classificadas como projetos estruturantes, considerados como iniciativas que proporcionam expansão da infra-estrutura, no caso, a oferta de energia elétrica, no médio e longo prazo e, ao mesmo tempo, demonstram capacidade para estimular o desenvolvimento econômico, tecnológico e social. Por isso, mobilizam governo, centros de pesquisa, universidades e iniciativa privada. Uma dessas usinas é Santo Antônio, licitada em 2007, com capacidade instalada de 3.150 MW. A outra é Jirau, licitada em 2008, com 3.300 MW de potência. Ambas constam do Banco de Informações de Geração da Aneel que, em novembro de 2008, além das PCHs e CGHs, registra 15 usinas hidrelétricas já outorgadas, mas cuja construção ainda não havia sido iniciada.

A Aneel, em 2008, iniciou estudos sobre a viabilidade de três aproveitamentos no rio Teles Pires, pertencentes à bacia de Tapajós, todos de caráter estruturante, que somam 3.027 MW. Ademais, um estudo encaminhado pela Eletrobrás à Aneel prevê a construção de cinco usinas com capacidade total de 10.682 MW no próprio Tapajós. Outra é a bacia do rio Xingu, para a qual está prevista a construção da Usina de Belo Monte, que, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), deverá entrar em obras até o fim da década, com potência instalada de 5.500 MW. Em fase de construção em novembro de 2008, o BIG relaciona 21 empreendimentos. Destes, os maiores, novamente, podem ser observados na região Norte. Entre eles destaca-se a usina de Estreito, com 1.087 MW de potência no rio Tocantins, e Foz do Chapecó, com 855 MW, no rio Uruguai, região Sul do país. No total, tanto as UHEs apenas outorgadas quanto aquelas já em construção deverão agregar 13.371 MW à potência instalada do país.

Os maiores problemas em relação à expansão hidrelétrica do país são de natureza ambiental e judicial. No final de 2007 e início de 2008 uma polêmica ocorreu entre os formadores de opinião quando veio a público que a maior parte das obras estava atrasada em função da dificuldade para obtenção do licenciamento ambiental provocada por questionamentos na justiça, ações e liminares. Os opositores argumentam que as construções, principalmente na região da Amazônia, provocam impacto na vida da população, na flora e fauna locais, por interferirem no traçado natural e no volume de água dos rios. Entretanto, é

necessário construir novas usinas, com impacto socioambiental mínimo, para produzir a energia suficiente para o crescimento econômico e ampliação da oferta de empregos.

#### 4.2.1.2. Usina Termelétrica

O carvão mineral, ou apenas carvão, é um combustível fóssil sólido formado a partir da matéria orgânica de vegetais depositados em bacias sedimentares. Essencial para a economia mundial, o carvão é largamente empregado em escala planetária na geração de energia elétrica e na fabricação de aço. Na siderurgia é utilizado o carvão coqueificável, um carvão nobre com propriedades aglomerantes (DNPM, 2001).

No Brasil as reservas provadas estão estimadas em cerca de 7.068 milhões de toneladas, conforme mostra o mapa abaixo, localizadas principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

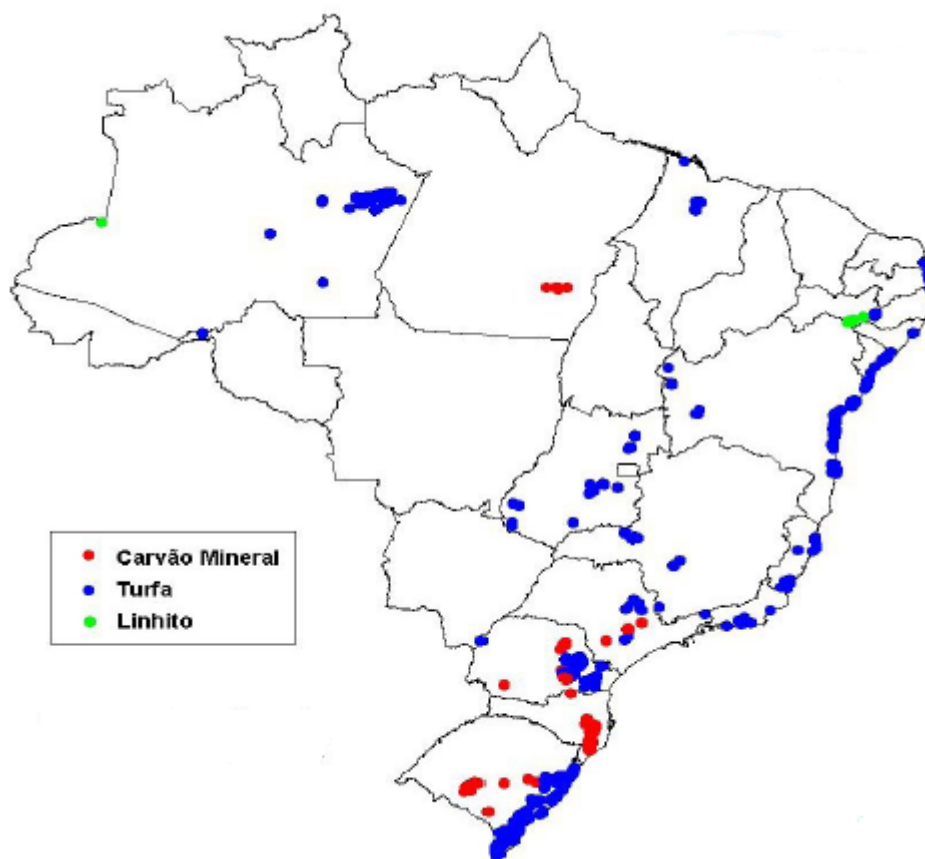


Figura 8: Mapa das principais ocorrências de carvão mineral, linhito e turfa no Brasil.

Fonte: Adaptado de DNPM, 2001

A geração de energia elétrica é dominada pela hidroeletricidade restando à energia térmica apenas 22% da capacidade instalada (ANEEL, 2009) ao passo que, em relação a energia gerada, apenas 8% é proveniente das usinas térmicas (ONS, 2009), como mostrado na Figura 9.

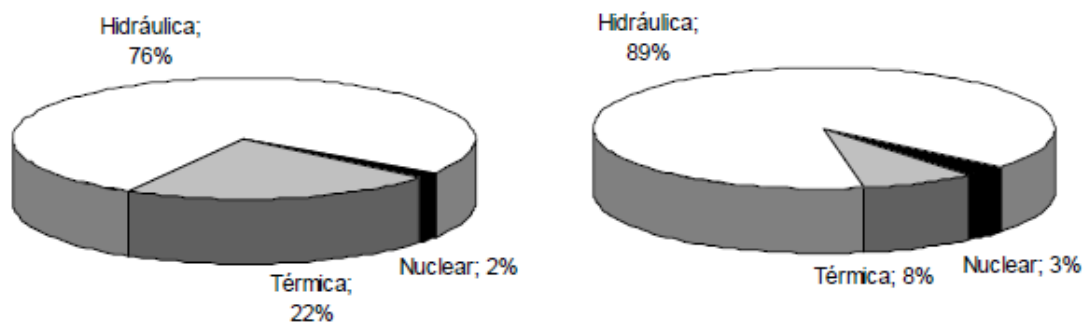


Figura 9: Geração no Brasil: Capacidade Instalada e Energia Gerada.

Fonte: ANEEL, 2009 (capacidade instalada) e ONS, 2009 (energia gerada)

Para se compreender a situação brasileira em relação à geração de energia através do carvão, faz-se necessário avaliar as características do mesmo, em especial o nacional, que possui baixo poder calorífico, portanto no caso das termelétricas, devem ser construídas próximas aos locais de extração. Além disso, este recurso pode implicar em impactos ambientais significativos se não forem utilizadas técnicas apropriadas para sua extração e aproveitamento energético (Monteiro, 2004).

#### 4.2.2. Fontes alternativas de energia

##### 4.2.2.1. Energia Eólica

Segundo Martins et al (2008 apud, GASCH E J. TWELE, 2002), a evolução da tecnologia da energia eólica é analisada em detalhes a partir de 1700 a.C. até os atuais mega aerogeradores que geram energia elétrica.

A energia eólica é aquela obtida pela migração das massas de ar provocadas pela diferenças de temperatura da água e da terra. A quantidade de energia disponível no vento varia de acordo com as estações do ano e as horas do dia. A topografia e a rugosidade do solo também tem grande influência na distribuição de frequência de ocorrência dos ventos e de sua velocidade em um local. Além disso, a quantidade de energia extraível em uma região depende das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão instalados. A avaliação precisa do potencial de vento em uma região é o primeiro e fundamental passo para o aproveitamento do recurso eólico como fonte de energia.

As hélices de uma turbina de vento são diferentes das lâminas dos antigos moinhos porque são mais aerodinâmicas e eficientes, possuem formato de asas de aviões e usam a mesma aerodinâmica. Em movimento ativam um eixo que está ligado à caixa de mudança. Através de uma série de engrenagens a velocidade do eixo de rotação aumenta. O eixo de

rotação está conectado ao gerador de eletricidade que com a rotação em alta velocidade gera energia.

De acordo com Marcondes (2006), a energia eólica vem aumentando significativamente sua participação nos países da Europa e EUA, em virtude das grandes vantagens, como fonte renovável de energia e impacto ambiental mínimo que leva também à notável redução do uso de combustíveis fósseis com fonte de geração de energia elétrica.

Outros argumentos favoráveis à fonte eólica são, além da renovabilidade, perenidade, grande disponibilidade, independência de importações e custo zero para obtenção de suprimento (ao contrário do que ocorre com as fontes fósseis). O principal argumento contrário é o custo que, embora seja decrescente, ainda é elevado na comparação com outras fontes. Apenas como exemplo, em 2008, no Brasil, considerando-se também os impostos embutidos, era de cerca de R\$ 230,00 por MWh, enquanto o custo da energia hidrelétrica estava em torno dos R\$ 100,00 por MWh. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, apud Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2008, p. 80)

Em 2007 houve, em todo o mundo, a instalação de aproximadamente 20 mil MW de geração eólica, segundo estudo realizado pela WWEA. Nesse ano, os maiores produtores foram Alemanha, Estados Unidos e Espanha que, juntos, concentravam, em 2007, quase 60% da capacidade instalada total. O maior parque estava na Alemanha que, com capacidade total de 22 mil MW, correspondia a 23,7% do total mundial. O segundo lugar ficou com Estados Unidos (18% de participação), graças ao salto de 45% verificado entre 2006 e 2007 na capacidade instalada local, que atingiu um total de 16,8 mil MW. Na seqüência veio Espanha com 16,1% de participação, como mostra a tabela abaixo.

<b>Potência Instalada em 2007</b>			
	<b>País</b>	<b>Potência (MW)</b>	<b>% em relação ao total</b>
1ª	Alemanha	22.247,40	23,7
2ª	Estados Unidos	16.818,80	17,9
3ª	Espanha	15.145,10	16,1
4ª	Índia	7.850,00	8,4
5ª	China	5.912,00	6,3
6ª	Dinamarca	3.125,00	3,3
7ª	Itália	2.726,10	2,9
8ª	França	2.455,00	2,6
9ª	Reino Unido	2.389,00	2,5
10ª	Portugal	2.130,00	2,3
25ª	Brasil	247,10	0,3
	<b>Total</b>	<b>93.849,10</b>	<b>100,0</b>

Fonte: WWEA, 2008.

Figura 10: Tabela da potência instalada em 2007

Em relação aos ventos, o Brasil é um país privilegiado, pois estes se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial e pela volatilidade de 5% (oscilação da velocidade), o que permite uma maior previsibilidade do volume a ser produzido. Ademais, a velocidade normalmente é maior em períodos de estiagem, assim é possível operar as usinas eólicas em sistema complementar com as usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas. Enfim, estimativas constantes do Atlas do Potencial Eólico de 2001, que foi o último estudo realizado a respeito, mostram um potencial de geração de energia eólica de 143 mil MW no Brasil, tal volume é superior à potência instalada total no país, de 105 mil MW em novembro de 2008. A figura abaixo ilustra que as regiões com maior potencial medido são Nordeste, principalmente no litoral (75 GW); Sudeste, particularmente no Vale do Jequitinhonha (29,7 GW); e Sul (22,8 GW), região em que está instalado o maior parque eólico do país, o de Osório, no Rio Grande do Sul, com 150 MW de potência. Porém no país, o vento é ainda utilizado particularmente para produzir energia mecânica utilizada no bombeamento de água na irrigação.

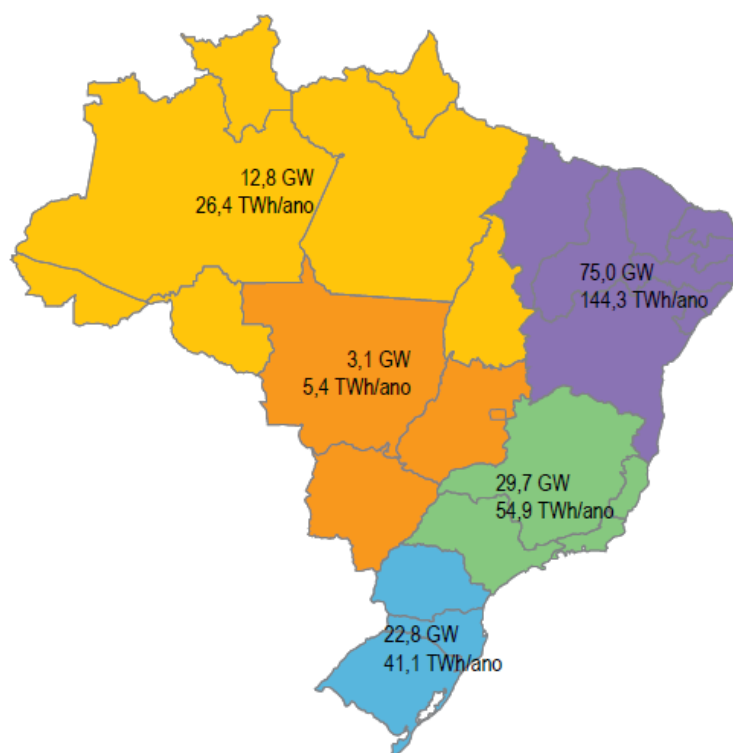


Figura 11: Mapa do potencial eólico brasileiro

Fonte: Adaptado de EPE, 2007.

Segundo o BIG, da Aneel, em novembro de 2008 estão em operação 17 usinas eólicas, estas apresentavam capacidade instalada de 273 MW. Todos os projetos implementados foram de pequeno porte até a construção das três plantas de Osório. No entanto, nos últimos anos, tem sido crescente o interesse pelas usinas. Os Parques Eólicos Osório, Sangradouro e

dos Índios, que compõem o empreendimento de Osório, possuem, individualmente, 25 turbinas com potência de 2MW (o que totaliza a potência de 50 MW por parque), 70 metros de diâmetro e 100 de altura. Os projetos construídos anteriormente foram, no entanto, todos de pequeno porte e experimentais.

Um entrave a expansão foi, de um lado, a alta dependência das importações de equipamentos para montagem das unidades e, de outro, a exigência do Proinfa para que os projetos inseridos no programa tivessem índice de nacionalização de 60%. Dessa maneira, o Ministério de Minas e Energia anunciava, no segundo semestre de 2008, a intenção de rever as regras do Proinfa para solucionar o impasse, ao mesmo tempo em que anunciava, para 2009, a realização de leilões da energia a ser produzida pelos futuros empreendimentos eólicos (instrumento que funciona como sinalizador ao investidor, por permitir a contratação presente da energia que será produzida).

Segundo os dados do Balanço Energético Nacional, produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em 2007, a oferta interna de energia eólica aumentou de 236 GWh para 559 GWh, uma variação de 136,9%. Ainda, em novembro de 2008, o BIG da Aneel registrava a existência de 22 projetos em construção a partir da energia eólica, com potência total de 463 MW. Além deles, outros 50, com potência total de 2,4 mil MW, estavam registrados como outorgados, porém sem que as obras tivessem sido iniciadas. Em ambos os grupos, as potências previstas por algumas centrais já eram bastante superiores às aquelas verificadas nos parques construídos nos anos 90. A usina de Praia Formosa, em construção no Ceará, por exemplo, terá potência instalada de 104 MW. A de Redonda, também no Ceará, e apenas outorgada, tem potência prevista de 300 MW. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, apud Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2008, p. 82)

#### *4.2.2.2. Energia Solar*

A energia solar chega na superfície terrestre nas formas térmica e luminosa. Segundo o estudo sobre Outras Fontes presente no Plano Nacional de Energia 2030, produzido pela Empresa de Pesquisa Energética, sua irradiação por ano na superfície da Terra é suficiente para atender milhares de vezes o consumo anual de energia do mundo. Porém esta radiação não atinge de maneira uniforme toda a crosta terrestre. Depende da latitude, de condições atmosféricas como nebulosidade e umidade relativa do ar e da estação do ano.

Se for utilizada uma superfície escura para a captação, a energia solar será transformada em calor. Se utilizadas células fotovoltaicas (painéis fotovoltaicos), o resultado será a eletricidade. Os equipamentos necessários à produção do calor são chamados de

coletores e concentradores – pois, além de coletar, às vezes é necessário concentrar a radiação em um só ponto. Este é o princípio de muitos aquecedores solares de água.

Como vantagens deste método de converter a energia proveniente da luz do sol em energia elétrica, têm-se: sua característica modular (desde mW até MW), o fácil e curto prazo de instalação, a não existência de qualquer peça mecânica móvel, e principalmente o alto grau de confiabilidade dos sistemas envolvidos e a baixa manutenção. Assim, sistemas solares como os fotovoltaicos representam uma fonte não poluente, silenciosa e renovável de energia elétrica, ou seja, bastante adaptável ao meio urbano, devido a poucas perdas na transmissão de energia e a proximidade entre a geração e o consumo.

Existem dois sistemas para a produção de energia elétrica: o heliotérmico e o fotovoltaico. No primeiro, a irradiação solar é convertida em calor que é utilizado em usinas termelétricas para a produção de eletricidade. Tal processo compreende quatro fases: coleta da irradiação, conversão em calor, transporte e armazenamento e, finalmente, conversão em eletricidade. É necessário um local com alta incidência de irradiação solar direta para um efetivo aproveitamento da energia heliotérmica, o que envolve pouca intensidade de nuvens e baixos índices pluviométricos, assim como ocorre no semi-árido brasileiro. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, apud Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2008, p. 84)

Já no sistema fotovoltaico, a transformação da radiação solar em eletricidade é direta. Para tanto, é necessário adaptar um material semicondutor (geralmente o silício) para que, na medida em que é estimulado pela radiação, permita o fluxo eletrônico (partículas positivas e negativas). Segundo o Plano Nacional 2030, todas as células fotovoltaicas têm, pelo menos, duas camadas de semicondutores: uma positivamente carregada e outra negativamente carregada, formando uma junção eletrônica. Quando a luz do sol atinge o semicondutor na região dessa junção, o campo elétrico existente permite o estabelecimento do fluxo eletrônico, antes bloqueado, e dá início ao fluxo de energia na forma de corrente contínua. Quanto maior a intensidade de luz, maior

o fluxo de energia elétrica. Um sistema fotovoltaico não precisa do brilho do sol para operar. Ele também pode gerar eletricidade em dias nublados.

Diversas idéias de utilização de sistemas fotovoltaicos em larga escala são propostas por empresas e pesquisadores. Uma delas é o satélite de energia solar, o qual consiste de uma plataforma mantida em órbita ao redor da Terra, com superfície de 50 km<sup>2</sup>. Este painel captaria energia solar durante 24 horas por dia, em uma intensidade maior por não sofrer as perdas causadas pela atmosfera, e poderia gerar até 10.000 MW de eletricidade, que seria transmitida via microondas para a Terra (ALDABÓ, 2002)

Conforme o Photovoltaic Power Systems Programme, estudo realizado pela IEA a participação da energia solar é pequena em relação a matriz mundial. Mesmo assim, ela aumentou mais de 2.000% entre 1996 e 2006. Em 2007, a potência total instalada atingiu 7,8 mil MW. Tal valor corresponde a pouco mais de 50% da capacidade instalada da usina hidrelétrica de Itaipu, de 14 mil MW.

Deve-se ainda considerar que nestes cálculos considera-se a usina de Itaipu com apenas metade de sua potência dedicada à geração brasileira, sendo que na verdade segundo dados da empresa (ITAIPU BINACIONAL, 2002), no ano de 2000, 93,1% da produção da usina foram destinados ao Brasil. Considerando que segundo a empresa (ITAIPU BINACIONAL, 2002) no ano de 2000 a usina gerou 93.428 GWh, se considerarmos 93,1% da energia produzida pela usina, ao invés de 50%, na geração brasileira, temos que a contribuição das hidrelétricas na geração de eletricidade no Brasil no ano de 2000 é de 86,0%, e de modo mais específico pode-se afirmar que no ano de 2000 22,4% da eletricidade produzida no país foi gerada na usina de Itaipu.

O gráfico abaixo exemplifica a evolução da potência solar instalada no mundo de 1992 a 2007 para produção de eletricidade. Igualmente ocorreu no segmento da energia eólica, também na energia solar a Alemanha é a maior produtora, tendo 49% da potência total instalada. Além disso, juntos, Alemanha, Japão, Estados Unidos, e Espanha concentraram, em 2007, 84% da capacidade mundial. Tais países são países possuem programas fortes de diversificação e simultânea “limpeza” da matriz energética local.

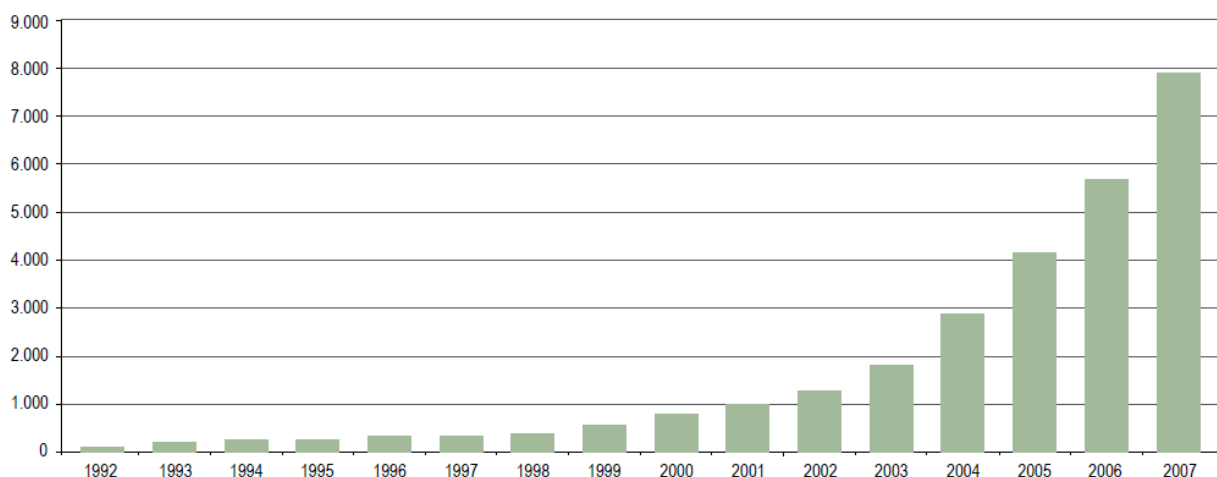


Figura 12: Gráfico da potência instalada de células fotovoltaicas no mundo (MW).

Fonte: Adaptado de IEA, 2007.

O mais comum no país é o uso da energia solar para obtenção de energia térmica. Tal aplicação busca atender diversos setores, que vão desde industriais, em processos que requerem temperaturas elevadas (por exemplo, secagem de grãos na agricultura) ao

residencial, para aquecimento de água. Outra tendência é a utilização desta energia para obtenção conjunta de calor e eletricidade.

Segundo estudos da REN21, “durante muito tempo Israel foi o único país a exigir uma participação mínima de aquecimento de água a partir da energia solar. Mas, em 2006, a Espanha assumiu postura semelhante e passou a exigir níveis mínimos de energia solar tanto para o aquecimento de água quanto para a geração de eletricidade em novas construções como prédios residenciais, hotéis e hospitais. Em 2007, a iniciativa foi acompanhada por países como Índia, Coreia, China e Alemanha. Os percentuais exigidos variam de 30% a 70%, dependendo do clima, nível de consumo e disponibilidade de outras fontes de energia. No Brasil, também, embora não haja nenhuma compulsoriedade, a tendência começa a se disseminar nos grandes centros urbanos como a cidade de São Paulo.”

O Brasil, assim como ocorre com os ventos, é privilegiado em relação à radiação solar. O Plano Nacional de Energia 2030 reproduz dados do Atlas Solarimétrico do Brasil e registra que essa radiação varia de 8 a 22 MJ (megajoules)1 por metro quadrado (m<sup>2</sup>) durante o dia, sendo que as menores variações ocorrem nos meses de maio a julho, variando de 8 a 18 MJ/m<sup>2</sup>. Dados mostram que o Nordeste possui radiação comparável às melhores regiões do mundo mais favorecidas nessa questão, como a cidade de Dongola, no deserto do Sudão, e a região de Dagget, no Deserto de Mojave, Califórnia. Em localidades mais distantes da linha do Equador, como as regiões Sul e Sudeste, não grande incidência de radiação. A figura abaixo ilustra esta variação.

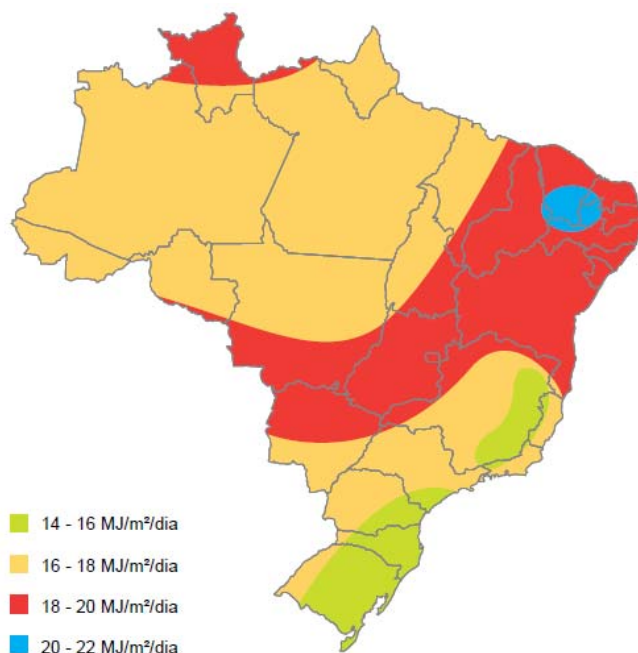


Figura 13: Mapa da variação da radiação solar no Brasil.

Fonte: Adaptado de EPE, 2007

Embora haja um grande potencial e o uso de aquecedores solares estar bastante difundido principalmente em algumas cidades do interior e em zonas rurais, a participação desta forma de energia na matriz energética nacional é ainda incipiente e reduzida. Prova disto é que a energia solar não chega a ser citada na relação de fontes que integram o Balanço Energético Nacional, edição de 2008. Também no Banco de Informações de Geração (BIG), da Aneel, consta apenas uma usina fotovoltaica – Araras, no município de Nova Mamoré, no Estado de Rondônia, com potência instalada de 20,48 kW, não existe também registros de qualquer outro empreendimento fotovoltaico em construção ou já outorgado. O que há no país são pesquisas e implantação de projetos pilotos da tecnologia. Um deles é o projeto Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares, da Universidade de São Paulo (USP), que instalou 19 sistemas fotovoltaicos na comunidade de São Francisco de Aiuca, localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, no Amazonas, com produção de 13 kWh (quilowatts-hora) mensais.

Segundo a Aneel, “a tendência é que a expansão do número de usinas solares ocorra exatamente na zona rural, como integrante de projetos de universalização do atendimento focados em comunidades mais pobres e localizadas a grande distância das redes de distribuição. O Programa Luz para Todos, lançado em 2003 pelo Ministério de Minas e Energia, instalou diversos sistemas fotovoltaicos no Estado da Bahia. Com o objetivo de levar energia elétrica a uma população superior a 10 milhões de pessoas que residem no interior do país, ele contempla o atendimento das demandas do meio rural através de três tipos de iniciativas: extensão da rede das distribuidoras, sistemas de geração descentralizada com redes isoladas e sistemas de geração individuais.”

#### 4.2.2.2.1. *Biomassa*

Dentre as demais fontes de energia a biomassa possui o maior potencial de crescimento para os próximos anos; tanto no mercado internacional como interno. É uma das principais energias responsável pela diversificação da matriz energética e pela redução da dependência dos combustíveis fósseis. A partir dela podemos obter energia elétrica e biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição a derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina.

Tem sido utilizada de forma crescente, principalmente nos setores industrial e de serviços, em sistemas de cogeração (no qual é possível obter energia térmica e elétrica). Em 2007, houve por meio desta uma oferta de 18TWh (terawatts-hora), segundo o Balanço Energético Nacional (2008).

Estudo recente elaborado pelo World Energy Council (WEC), o Survey of Energy Resources 2007, registrou que a biomassa respondeu pela produção total mundial de 183,4 TWh (terawatts-hora) em 2005, o que correspondeu a um pouco mais de 1% da energia elétrica produzida no mundo naquele ano. Estimativas mais aceitas indicam que representa cerca de 13% do consumo mundial de energia primária, como mostra o Gráfico abaixo:

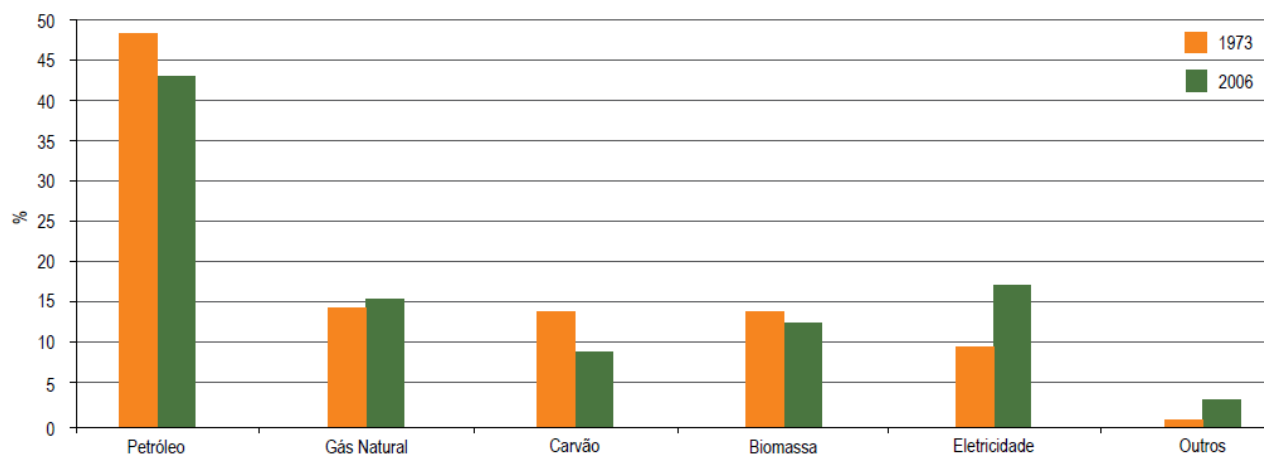


Figura 14: Mapa da matriz de consumo final de energia nos anos de 1973 e 2006.

Fonte: adaptado de IEA, 2008

A pouca utilização desta fonte e a imprecisão na quantificação são decorrentes de três principais fatores. O primeiro deles é a dispersão da matéria-prima (qualquer galho de árvore pode ser considerado biomassa, que é definida como matéria orgânica de origem vegetal ou animal passível de ser transformada em energia térmica ou elétrica). O segundo é a pulverização do consumo, visto que ela é utilizada em unidades de pequeno porte, isoladas e distantes dos grandes centros. Finalmente, um terceiro é a associação deste energético ao desflorestamento e à desertificação, um fato que ocorreu no passado mas que está bastante atenuado.

De acordo com o WEC, os Estados Unidos foi o líder mundial na geração de energia elétrica a partir da biomassa, produzindo, em 2005, 56,3 TWh (terawatts-hora), respondendo por 30,7% do total mundial. Na seqüência estão Alemanha e Brasil, ambos com 13,4 TWh no ano e participação de 7,3% na produção total.

Em nível nacional, a biomassa, em 2007, teve participação de 31,1% na matriz energética, sendo a segunda principal fonte de energia, superada apenas por petróleo e derivados. Ocupou a mesma posição entre as fontes de energia elétrica de origem interna, ao responder por 3,7% da oferta. Só foi superada pela hidroeletricidade, que foi responsável pela produção de 77,4% da oferta total, de acordo com dados do Balanço Energético Nacional (2008).

Segundo a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, biodiesel é um “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”.

Parte da produção de biodiesel é destinada ao suprimento interno, outra parte é exportada para países desenvolvidos, como membros da União Européia. Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), em 2007 o país produziu 402.154 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) do combustível puro (B100), diante dos 69.002 m<sup>3</sup> de 2006 conforme mostra a tabela a seguir.

Produção de biodiesel no Brasil (m <sup>3</sup> )	
2005	736
2006	69.002
2007	402.154
2008	784.832

(\*) Tipo B100

Figura 15: Tabela da produção de biodiesel no Brasil (m<sup>3</sup>)

Fonte: adaptado de ANP, 2008

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) vem estimulando, desde 2004, a produção deste combustível, implantado em dezembro de 2003 pelo Governo Federal. Já a expansão do etanol provém tanto da crescente atividade da agroindústria canavieira quanto da tecnologia e experiência adquiridas com o Pró-Álcool – programa federal lançado na década de 70, com o objetivo de estimular a substituição da gasolina pelo álcool em função da crise do petróleo, mas que foi desativado anos depois. Outro fator de estímulo foi a inclusão, no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), lançado pelo Governo Federal em 2007, de obras cujos investimentos superam R\$ 17 bilhões. No período que vai de 2007 a 2010, segundo o PAC, deverão ser investidos R\$ 13,3 bilhões na construção de mais de 100 usinas de etanol e biodiesel e outros R\$ 4,1 bilhões na construção de dois alcooldutos: um entre Senador Canedo (GO) e São Sebastião (SP) e outro entre Cuiabá (MT) e Paranaguá (PR). (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, apud Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2008, p. 67)

Nos automóveis tipo *flex fuel* (que utilizam tanto gasolina quanto etanol) o consumo de etanol mais que dobrou nos últimos sete anos, superando os 60 milhões de litros em 2007, como mostra o gráfico abaixo. Além disso, a madeira tem sido, ao longo dos anos, uma

tradicional e importante matéria prima para a produção de energia. No Brasil, respondeu por 12% do total da oferta interna de energia em 2007. (ÚNICA, 2008)

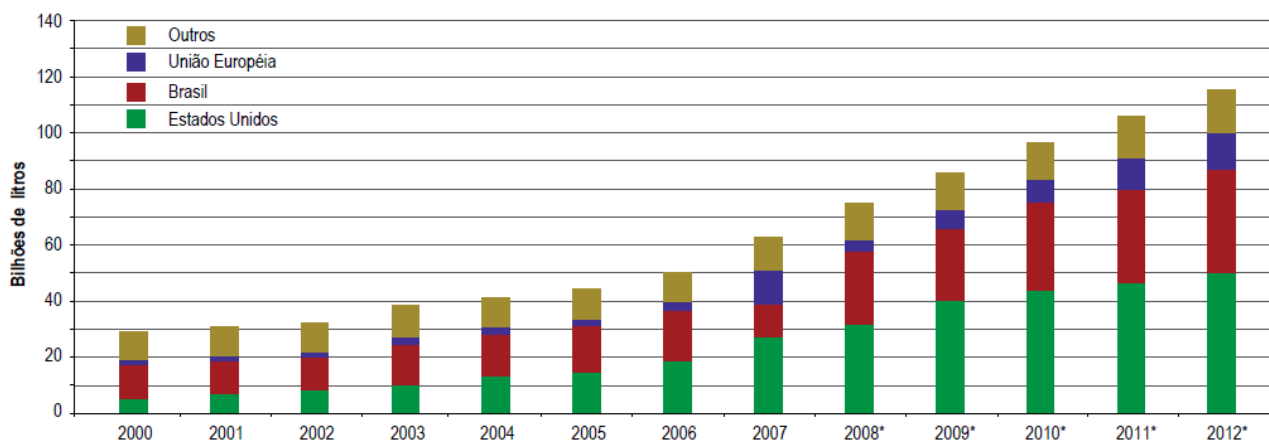


Figura 16 Gráfico da produção mundial de etanol.

(\*) Previsão

Fonte: Adaptado de Unica, 2008.

Segundo o Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), em novembro de 2008 existem 302 termelétricas movidas a biomassa no país, que correspondem a um total de 5,7 mil MW (megawatts) instalados. Do total de usinas relacionadas, 13 são abastecidas por licor negro (resíduo da celulose) com potência total de 944 MW; 27 pormadeira (232 MW); três por biogás (45 MW); quatro por casca de arroz (21 MW) e 252 por bagaço de cana (4 mil MW). Uma das características desses empreendimentos é o pequeno porte com potência instalada de até 60 MW, o que favorece a instalação nas proximidades dos centros de consumo e suprimento.

Figura 13: Mapa das usinas de biomassa em operação em novembro de 2008



Fonte: Adaptado de Atlas de energia elétrica do Brasil-3ª Edição

Dentre as fontes de biomassa existentes no país, a cana-de-açúcar representa um grande potencial para geração de eletricidade existente no país, através da utilização do bagaço e da palha. Tal contribuição é importante não só para a diversificação da matriz elétrica, mas também porque a safra coincide com o período de estiagem na região Sudeste/Centro-Oeste, onde está concentrada a maior potência instalada em hidrelétricas do país. A preservação dos níveis dos reservatórios das UHEs ocorre por meio da eletricidade fornecida neste período.

Muitos fatores contribuem para o cenário de expansão. Um deles é o volume já produzido e o potencial de aumento da produção da cana-de-açúcar, estimulada pelo consumo crescente de etanol. Em 2007, inclusive, foi a segunda principal fonte primária de energia do país: como mostra a Tabela 4.7 a seguir, os derivados da cana-de-açúcar responderam pela produção de 37,8 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), um aumento de 14,7% em relação a 2006, diante de uma produção total de 33 milhões de tep. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, apud Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2008, p. 71)

Os principais aspectos negativos em relação a este tipo de energia alternativa são a possibilidade da formação de monoculturas em grande extensão de terras – o que competiria com a produção de alimentos e a interferência no tipo natural do solo. Tais entraves têm sido contornados por técnicas e processos que aumentam a produtividade da biomassa reduzindo, portanto, a necessidade de crescimento de áreas plantadas. Como exemplo, segundo dados da Unica, no Brasil é possível produzir 6,8 mil litros de etanol por hectare plantado. Nos Estados Unidos, para obtenção do etanol a partir do milho, a relação é 3,1 mil litros por hectare. De maneira geral, a geração de empregos diretos e indiretos tem sido reconhecida como um dos principais benefícios da biomassa. Embora a maior parte da mão-de-obra exigida não seja qualificada, ela promove um ciclo virtuoso nas regiões da produção agrícola, caracterizado pelo aumento dos níveis de consumo e qualidade de vida, inclusão social, geração de novas atividades econômicas, fortalecimento da indústria local, promoção do desenvolvimento regional e redução do êxodo rural. A lenha, por exemplo, é um recurso energético de grande importância social para algumas regiões do Brasil, como o Rio Grande do Norte, pelo grande número de pessoas diretamente envolvidas no processo de desbaste, cata, corte e coleta da lenha. Ainda segundo relata o Plano Nacional de Energia 2030, o setor agroindustrial da cana-de-açúcar tem importância relevante na geração de empregos ao absorver, diretamente, cerca de um milhão de pessoas, dos quais 80% na área agrícola. A cana-de-açúcar é uma das culturas que mais gera emprego por área cultivada.

#### 4.2.2.2.2. Biogás

Dentre as fontes de produção de energia, o biogás é uma das que possuem aspectos mais favoráveis ao meio ambiente. Seu uso permite a redução dos gases causadores do efeito estufa e contribui com a diminuição da poluição do solo e dos lençóis freáticos. Isto porque o biogás é obtido da biomassa contida em dejetos (urbanos, industriais e agropecuários) e em esgotos.

Estudo recente, “Renewables 2007 Global Status Report”, feito pela REN21, informa que, apesar de pequena, a aplicação comercial de usinas a biogás nos últimos anos tem apresentado significativo crescimento nos países em desenvolvimento, particularmente na China e Índia. Países desenvolvidos, como Estados Unidos, também têm utilizado o lixo urbano e industrial para a produção de energia.

A biodigestão anaeróbia de dejetos de animais, principalmente suínos se dá através da ação de determinadas espécies de bactérias. Segundo a literatura, tal tecnologia apresenta muitas vantagens, dentre elas a produção de biogás e biofertilizantes, que são produtos de alto valor agregado, de fácil implantação e operação e reduzem a pressão sobre as matas pelo consumo de lenha (GASPAR,2003). Por outro lado, os estudos que destacam os aspectos econômicos da implantação de biodigestores em pequenas escalas de produção ainda são escassos. No entanto essa tecnologia é encontrada em regiões, em especial nos estados da região Sul do Brasil, com forte presença de atividade de suinocultura.

Existem três rotas tecnológicas para a utilização do lixo como energético. Uma delas, a mais simples e utilizada, é a combustão direta dos resíduos sólidos. Outra é a gaseificação por meio da termoquímica (produção de calor por meio de reações químicas). Finalmente, a terceira (mais usada para a produção do biogás) é a reprodução artificial do processo natural em que a ação de microorganismos em um ambiente anaeróbico produz a decomposição da matéria orgânica e, em consequência, a produção do biogás.

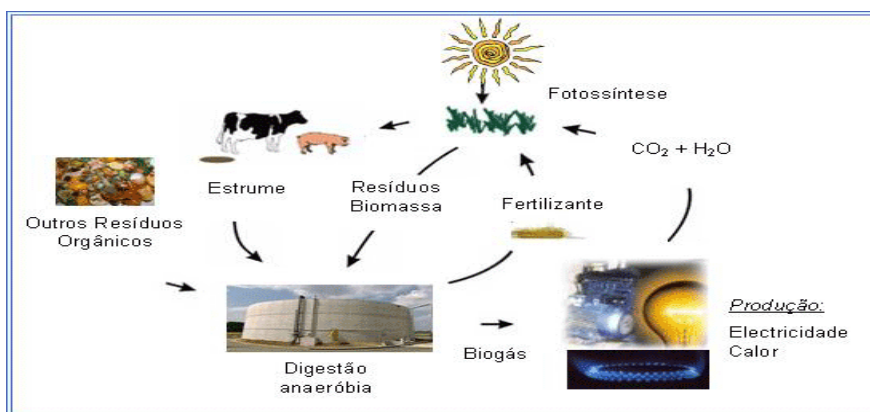


Figura 18: Esquema de produção de Biogás

Fonte : Disponível em <[www.lamtec-id.com/projecto/info.php](http://www.lamtec-id.com/projecto/info.php)>

De acordo com dados da IEA, em 2005 a produção mundial de lixo urbano foi de 870.578 terajoules (TJ), o industrial a 428.645 TJ e o biogás a 520.918 TJ. Na produção de energia elétrica, a participação de cada um deles foi de, respectivamente, 50,9 TWh, 13,3 TWh e 21,8 TWh. Estes volumes só não foram inferiores ao da energia produzida por outras novas fontes renováveis, como solar e dos oceanos.

No Brasil, em novembro de 2008 existiam três usinas termelétricas de pequeno porte movidas a biogás em operação, além de um projeto piloto, segundo o Banco de Informações de Geração (BIG), da Aneel. A primeira delas, inaugurada em 2003, dentro do aterro sanitário Bandeirantes, na cidade de São Paulo, com capacidade instalada de 20 MW, foi anunciada, à época, como a maior usina a biogás do mundo. As demais são: São João, também em aterro sanitário da cidade de São Paulo, com potência instalada de 24,6 MW, e Energ Biog, com 30 kW de potência, na cidade de Barueri, região da Grande São Paulo. Além dessas, havia mais sete empreendimentos outorgados, totalizando 109 MW de potência nos Estados de São Paulo, Bahia, Rio de Janeiro, Pernambuco e Santa Catarina.

A Aneel autorizou, em 2008, a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (Copel) a implantar projeto-piloto para a compra da energia excedente produzida a partir de dejetos de animais em pequenas propriedades rurais do Paraná. Intitulado de Programa de Geração Distribuída com Saneamento Ambiental, ele permitirá a utilização do material orgânico resultante da criação de suínos, evitando assim o seu lançamento em rios e em reservatórios como o da usina hidrelétrica de Itaipu. Os resíduos serão transformados, por meio de biodigestores, em biogás, combustível usado na produção de energia elétrica. A Aneel decidiu que a potência instalada máxima dos empreendimentos incluídos no programa será de 300 kVA (quilovolt-ampere), que equivale a 270 quilowatts (kW). Esta é suficiente para abastecer 60 unidades consumidoras residenciais com consumo mensal médio de 150 kW.

#### 4.2.3. Fontes modernas de energia

##### 4.2.3.1. Energia Nuclear

A energia nuclear ou nucleoeleétrica é proveniente da fissão do urânio em reator nuclear. Apesar da complexidade de uma usina nuclear, seu princípio de funcionamento é similar ao de uma termelétrica convencional, onde o calor gerado pela queima de um combustível produz vapor, que aciona uma turbina, acoplada a um gerador de corrente elétrica, ver figura 16. Na usina nuclear, o calor é produzido pela fissão do urânio no reator, cujo sistema mais empregado (PWR – *Pressurized Water Reactor*) é constituído por três

circuitos, a saber: primário, secundário e de refrigeração. No primeiro, a água é aquecida a uma temperatura de aproximadamente 320°C, sob uma pressão de 157 atmosferas. Em seguida, essa água passa por tubulações e vai até o gerador de vapor, onde vaporiza a água do circuito secundário, sem que haja contato físico entre os dois circuitos. O vapor gerado aciona uma turbina, que movimenta o gerador e produz corrente elétrica (ELETRONUCLEAR, 2001).

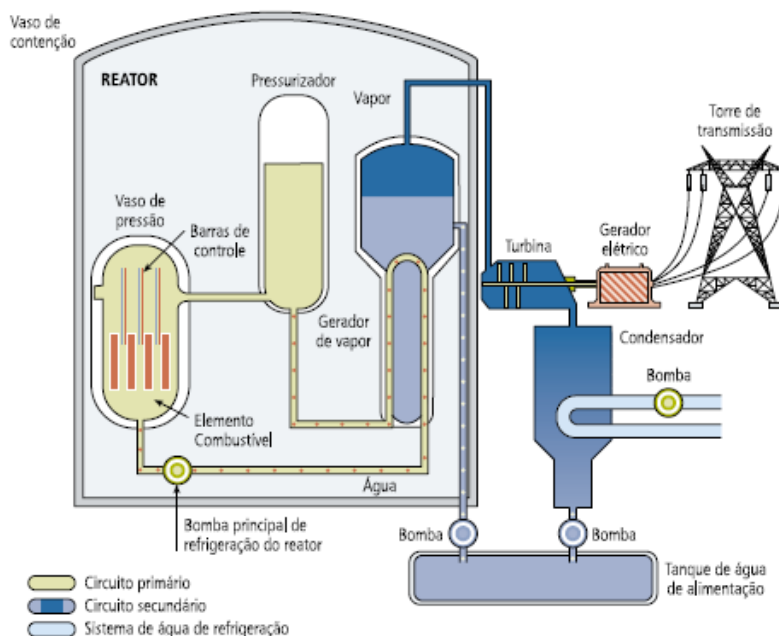


Figura 19: Diagrama esquemático de uma usina termonuclear

Fonte: ELETROBRAS TERMONUCLEAR - ELETRONUCLEAR

Embora de diversas aplicações na sociedade atual (GONÇALVES & ALMEIDA, 2005), a tecnologia nuclear tem o estigma do perigo e dos resíduos tóxicos. Termos como “catástrofe”, “bomba” e seus exemplos marcantes, Chernobyl e Hiroshima, permeiam a opinião pública, abrindo espaço para avaliações passionais e dificultando uma análise mais abrangente.

Uma das alternativas para atender as metas de geração de energia é a nuclear (MARSHALL, 2005), capaz de gerar as imensas quantidades requeridas de energia praticamente sem emissões, embora sem grande prestígio frente à sociedade em virtude de efeitos colaterais a serem resolvidos. O potencial da energia nuclear será tanto maior quanto for capaz de resolver problemas como lixo, riscos, custo e proliferação, para se convencer a opinião pública (CLERY, 2005).

Durante o funcionamento dos reatores nucleares não são emitidos gases com efeito de estufa (GEE). Contudo, se considerarmos que é consumida energia elétrica obtida a partir de outros meios nos processos de construção e desmantelamento dos reatores, bem como nos

processos de extração e purificação de minério, enriquecimento do urânio e fabrico dos elementos de combustível, é possível calcular uma emissão de GEE para a energia nuclear, no intervalo 2,5-5,7 g C/kWh (equivalente CO<sub>2</sub>). O intervalo reflete variações e incertezas ao longo da cadeia. Este valor é comparável ao correspondente para a energia eólica, 2,5-13,1 g C/kWh, sendo significativamente inferior aos obtidos com combustíveis fósseis, como o gás, 105-188 g C/kWh, ou o carvão, 206-357 g C/kWh (OCDE, 2006).

Segundo dados oficiais da INB o Brasil ocupa a 6<sup>a</sup> posição do ranking mundial de reservas geológicas de urânio. A figura abaixo ilustra as reservas de urânio no país:



Figura 20: Reservas brasileiras de urânio

#### 4.2.3.2. Usina virtual

O conceito de usina virtual é descrito pelo Programa Nacional de Conservação Energética (PROCEL), como sendo:

“Quando economizamos energia elétrica, estamos possibilitando que a energia não gasta seja fornecida a um outro consumidor, para prestação de um outro serviço, eliminando a necessidade de expansão do sistema. Chama-se de Usina Virtual, aquela que deveria ser construída para fornecer a mesma quantidade de energia que foi economizada, e que, graças à economia, pode ser adiada reduzindo os gastos e o impacto ambiental”

Uma usina energética virtual não significa que a usina não produz eletricidade de verdade, remete-se ao caso de que não há estações energéticas enormes, com turbinas e geradores, especialmente localizadas. A parte central desta usina é uma unidade de controle que processa informações de várias estações descentralizadas, revisa os preços de mercado de energia, as compara com previsões de demanda, geração e condições de tempo e, então, habilmente, otimiza a atividade total da usina de energia. Há algumas empresas públicas que já utilizam esses sistemas, integrando as usinas de co-geração, as fazendas eólicas, sistemas fotovoltaicos e outras usinas.

O desenvolvimento de novas tecnologias informação auxilia na construção de novos caminhos para uma oferta descentralizada de energia fundamentada em sistemas de energias renováveis, usinas de co-geração e estações energéticas convencionais. Fabricantes de pequenas usinas de co-geração já oferecem interfaces na Internet que permitem o controle remoto do sistema. Consumidores já podem monitorar seu consumo de energia e aquecimento de forma a atenuar o uso de outras formas de eletricidade, mais caras.

O Programa Nacional de Conservação Energética (PROCEL), tem como objetivo prover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para assim eliminar os desperdícios e reduzir os custos e investimentos setoriais. Tal programa é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, cabendo à Eletrobrás o controle de sua correta execução.

O PROCEL tem por meta a redução na demanda da ordem de 130.000 GWh em 2015, evitando a instalação de 25.000 MW (Usinas Virtuais que equivaleriam a duas Itaipu). O ganho líquido para o país será de US\$ 17 bilhões.

## 5. CONCLUSÕES

O crescimento da demanda como resultado de universalização do acesso a energia, do crescimento econômico, da modernização e do consumo per capita, vem se mantendo e nada indica uma mudança nessa trajetória por enquanto. Crises de combustíveis, como os altos preços do petróleo, em termos de custos tendem a aumentar as fontes de energia não renováveis no cenário mundial, dificultando o cumprimento das metas de emissões.

Verificou-se que a região Sudeste e Centro-Oeste, mais industrializada e com agropecuária bastante ativa, ainda lideram o *ranking* dos maiores consumidores, nas demais regiões a evolução do consumo tem sido bastante significativa.

Não obstante o potencial hídrico do Brasil ainda seja amplo (MME, 2002), seus impactos de maneira geral não são muito considerados, além de ser necessário diversificar a base de geração. Após o “apagão”, em 2005, observou-se uma maior construção de usinas termelétricas, cuja proliferação também encontra um caminho nos leilões de energia; usinas vantajosas sobre o ponto de vista econômico, mas com custos ambientais expressivos. Mesmo a opção do gás natural tem enfrentado problemas com as instabilidades políticas na Bolívia, o que ressalta a importância da independência energética para o crescimento de um país. Embora todas as fontes tenham algum impacto e não necessariamente sejam aplicáveis em todos os contextos, deve-se buscar continuamente fontes mais limpas.

Em relação às fontes tradicionais de energia, o Brasil possui o maior potencial hidrelétrico do mundo. De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030, o potencial a ser aproveitado é cerca de 126.000 MW. Desse total, mais de 70% estão nas bacias do Amazonas e do Tocantins/Araguaia. Porém existem alguns problemas em relação a expansão hidrelétrica no país políticas ambientais associados a aspectos judiciais.

Neste trabalho observa-se que as usinas termelétricas, podem ser uma alternativa bastante razoável para a região sul vez que esta é desprovida de uma quantidade significativa de ventos e radiação solar. Assim sendo recomenda-se que a construção das mesmas seja feita próximas a locais de extração do minério, visto que o carvão brasileiro possui baixa qualidade . (baixo poder calorífico).

Analisando-as potencialidades relacionadas as energias alternativas, particularmente a energia eólica, as regiões com maior potencial medido são Nordeste, principalmente no litoral (75 GW); Sudeste, particularmente no Vale do Jequitinhonha (29,7 GW); e Sul (22,8 GW), região em que está instalado o maior parque eólico do país, o de Osório, no Rio Grande do Sul, com 150 MW de potência. Para o caso da energia solar, o Nordeste possui radiação

comparável às melhores regiões do mundo. Como exemplo pode-se citar a cidade de Dongola, no deserto do Sudão. e em localidades mais distantes da linha do Equador, como as regiões Sul e Sudeste, não grande incidência de radiação. É interessante ressaltar que na região nordeste, onde o potencial eólico e solar, é expressivo, não existem investimentos governamentais de apoio a implantação de parques eólicos e solares.

Uma das alternativas para se atender as metas de geração de energia no solo brasileiro é a nuclear, capaz de gerar as imensas quantidades requeridas de energia em usinas de dimensões reduzidas. Porém existem alguns impasses a serem resolvidos, como problemas relativos aos rejeitos nucleares com tempos de meias vidas grandes, conjuntamente com a possibilidade de riscos de vazamento , custos de comissionamento / descomissionamento, além das inerentes dificuldades para se convencer a opinião pública de sua necessidade..

Neste contexto situar os recursos energéticos com suas potencialidades e limitações, associando suas conseqüências de geração para o meio ambiente é de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável de qualquer país. Incorporar estes aspectos às decisões políticas, mobilizar o envolvimento da sociedade e estimular o desenvolvimento de hábitos e práticas nos diversos setores da economia são desafios a serem superados numa abordagem de uso racional eficiente e eficaz dos recursos energéticos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL) – Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>> .Acesso em 03/02/2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP) – Disponível em: <<http://ww.anp.gov.br>>. Acesso em 10/04/09.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE) – Disponível em: <<http://www.abiove.com.br>>. Acesso em 10/04/09.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA (COGEN-SP) – Disponível em <<http://www.cogensp.org.br>>. Acesso em 03/03/09.

BACCHI, M. R. P.; **Brasil – gerando energia de biomassa, limpa e renovável;**

BERMANN, C. **Energia no Brasil: para quê? Para quem? Crise e alternativas para um país sustentável.** 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003. 139 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Energia. Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos. **Sumário Executivo do Plano Decenal de Expansão 2003/2012.** Brasília: dez. 2002. 77 p.

CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE). **Panorama do setor de energia elétrica no Brasil.** Rio de Janeiro: 1988. 333p.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. **Traz informações a respeito do programa voltado para o combate ao desperdício de energia elétrica.** Disponível em: <<HTTP://www.procel.gov.br>>. Acesso em : 10/ 06/ 09

COIMBRA, L.; Proinfa **emperra e poderá ofertar apenas 25% do previsto até 2007**; jornal valor econômico; 25/5/2006

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Luz Solar – Préeletrificação rural utilizando sistemas fotovoltaicos**. Belo Horizonte: 2001.

CLERY, D. **Nuclear Industry Dares to Dream of a New Dawn**. Science, Washington, EUA, v. 309, p. 1172- 1175, 19 ago. 2005.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, 2001, **Balanco Mineral Brasileiro**, Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 16/06/2009.

EM/UFSC, “**Atlas de Irradiação Solar do Brasil**”, Brasília, 1998.

ELETROPAULO. **Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição – instruções Gerais**. São Paulo: 2000. Disponível em: < <http://www.eletropaulo.com.br>>. Acesso em: 15 set. 2004.

ELETRONUCLEAR - ELETROBRAS. **A Energia nuclear: história, princípios de funcionamento**. Rio de Janeiro. 2001. Disponível em: <[www.eletronuclear.gov.br/funcionamento.htm](http://www.eletronuclear.gov.br/funcionamento.htm)>. Acesso em: 07/08/09.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE) – disponível em <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em 14/06/09.

FUSARO, K.; **Falta investimento em energias alternativas no Brasil**; agência fapesp; 20/04/2009;

GALLOPIN, G; Hammond, A; Raskin, P; Swart, R; “**Branch Points – Global Scenarios and Human Choice**”, Global Scenario Group – 1997

GOLDEMBERG, J. **Energia e desenvolvimento**. Revista Estudos Avançados, v. 12, n. 33, p. 7-15, 1998.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. 2. ed. São Paulo: Editora

da Universidade de São Paulo, 2003.

GONÇALVES, O. D.; ALMEIDA, I. P. S. **A energia nuclear e seus usos na sociedade.** Ciência hoje, São Paulo, v. 37, n. 220, p. 36-44, out. 2005.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente.** 3. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2003.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) – disponível em <<http://www.iea.org>> . Acesso em 12/04/09.

ITAIPU BINACIONAL, **Relatório anual – 1987**, Itaipu Binacional, Foz do Iguaçu, 1977.

MACHADO, A. C.; **“Pensando a Energia”**, Eletrobrás, Rio de Janeiro -1998

MARTIN, J. M.; **“A Economia Mundial da Energia”**, Unesp, São Paulo – 1990.

MARSHALL, E. **Is the Friendly Atom Poised for a Comeback?** Science, Washington, EUA, v. 309, p. 1168- 1169, 19 ago. 2005.

MESQUITA, A. C.;Disponível em:<<http://www.sfiac.org.br/artigos/energia/proinfra%20.htm>>, Acesso em 03/05/09;

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME) – disponível em <[http:// www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>. Acesso em 04/04/09>.

MONTEIRO, Kathia Vasconcelos (Coord.), 2004, **Carvão: O Combustível de Ontem.** 1 ed. Porto Alegre, Núcleo Amigos da Terra Brasil.

OCDE-Nuclear Energy Agency, **“Nuclear Energy Data 2006”**, Paris, 2006. Disponível em:<<http://www.nea.fr/>>. Acesso em 15/03/09

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Histórico da Operação.** Disponível em: <[www.ons.org.br](http://www.ons.org.br)>. Acesso em: 20/04/2009.

PALHANO, B.N. **Setor elétrico e meio ambiente: a institucionalização da “questão ambiental”**. 2001. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.=

PIQUEIRA, J. C.; Brunoro, C. M. **Energia: uso, geração e impactos ambientais**. São Paulo: Ave Maria, 2002.

PRADO JR., F. A. A. **Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro – A necessidade da componente social no modelo competitivo**. 1999. 223 f. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SÃO PAULO (ESTADO) – SECRETARIA DE ENERGIA, RECURSO HÍDRICOS E SANEAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO – Traz informações quanto ao setor energético. Disponível em: < <http://www.energia.sp.gov.br>>. Acesso em : 10 de agosto de 2009

THOMÉ FILHO, Z. D. **Proposal of a Financing Scheme for a Third NPP in Brazil**. 2004. Trabalho apresentado ao Americas Nuclear Energy Symposium 2004, Miami, EUA, 3-6 out. 2004.

TOLMASQUIM, M. T. (1982), **Simulação de Cenários Alternativos para a Demanda de Energia em Setores Industriais Selecionados**, FINEP.

TOLMASQUIM, M.T., Rosa, L.P., Szklo, A.S, Schule, M.e., delgado, M.A. (1998), **Indicadores de Eficiência Energética**, COPPE/UFRJ.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA) – Disponível em <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em 05/05/09.

WORLD ENERGY COUNCIL (WEC) – Disponível em < <http://www.worldenergy.org>>. Acesso em 03/04/09.

Rio Claro – SP, dezembro de 2009.

Estudante: Natália Cristina Nascimento

---

Orientador: Prof. Dr. Gerson A. Santarine