Yolanda Vieira de Abreu
Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira
Sinclair Mallet-Guy Guerra
(Organizadores)

Energia Sociedade e Meio Ambiente

Brasil/2010

Digitized by Google

Yolanda Vieira de Abreu
Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira
Sinclair Mallet-Guy Guerra
(Organizadores)

Energia
Sociedade
E
Meio Ambiente

Palmas/TO
Brasil - 2010

Digitized by Google

Publicado em:

http://www.eumed.net/libros/2010c/723/index.htm

ISBN-13: 978-84-693-3774-5
Nº Registro: 10/60789

EUMED.NET

Conselho Editorial: http://www.eumed.net/libros/consejo.htm

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA – MÁLAGA – ESPANHA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E56 Energia sociedade e meio ambiente / organizadores: Yolanda Vieira de Abreu, Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira, Sinclair Mallet Guy Guerra. - Málaga, Espanha: Eumed.Net, Universidad de Malaga, 2010.

175 p.

Referências adicionais : Espanha/Português. Meio de divulgação: Meio digital, Home page:
http://www.eumed.net/libros/2010c/723/index.htm

ISBN-13: 978-84-693-3774-5.
Nº Registro na Biblioteca Nacional de Espanha:: 10/60789

1. Economia de energia . 2. Eficiência energética . 3. Fontes de energia. I. Abreu, Yolanda Vieira de(org.) . II. Oliveira, Marco Aurélio Gonçalves de (org.). III. Guerra, Sinclair Mallet Guy (org.). Título.

CDD 333.7915

Digitized by Google

Aos
Nossos Pais,
Filhos e
Netos.

Digitized by Google

AGRADECIMENTOS

À família, aos amigos e aos nossos alunos de Graduação, Mestrado e Doutorado.

Coordenadores
Profa. Dra. Yolanda Vieira de Abreu
Departamento de Economia e Mestrado em Agroenergia
Núcleo em Interunidades em Desenvolvimento Econômico, Social e Energético - UFT –TO.
Palmas/TO, Brasil
Yolanda@uft.edu.br

Prof. Dr. Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica – GSEP/ UnB
Brasília/BRA, Brasil
www.gsep.ene.unb.br

Prof. Dr. Sinclair Mallet-Guy Guerra
Departamento de Energia - PPGE/IEE/USP.
São Paulo/SP, Brasil.
sguerra@iee.usp.br

Digitized by Google

AUTORES POR INSTITUIÇÃO

Ministério de Minas e Energia - SPE/MME
Adriano Jeronimo da Silva

Universidade de Brasília (UnB) Faculdade de Tecnologia (FT)
Departamento de Engenharia Elétrica (ENE)
Grupo de Sistemas Elétricos de Potência (GSEP)
Brasília/BRA, Brasil. UnB/FT/ENE
Prof. Dr. Mauro Moura Severino
Prof. Dr. Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira

Universidade de Campinas
NIPE/UNICAMP – Prof. Dr. Mauro Donizeti Berni

Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação em Energia
Departamento de Energia - PPGE/IEE/USP.
Prof. Dr. Sinclair Mallet-Guy Guerra (Livre Docente)
Prof. Dr. Arlindo Kamimura

Universidade Federal do Tocantins
Departamento de Economia e Mestrado em Agroenergia
Núcleo em Interunidades em Desenvolvimento Econômico, Social e Energético – UFT
Profa Dra Yolanda Vieira de Abreu
Mestranda em Agroenergia: Crislane Maria da Silva
Mestranda em Agroenergia: Heloisa Rodrigues Nascimento
Mestranda em Agroenergia: Karyn Siebert Pinedo

Digitized by Google

“Estamos longe do verdadeiro desenvolvimento, que só ocorre quando beneficia toda a sociedade.”

Celso Furtado

Digitized by Google

SUMÁRIO

CAPITULO I **10**

1. INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E O MEIO AMBIENTE **11**

1.1 Introdução 11

1.2. Contextualização 13

1.3. Tipos de Indicadores de Eficiência Energética 18

1.4. Os indicadores de Eficiência na Indústria 30

1.5. Teoria Econômica, Desenvolvimento Sustentável e Indicadores de Eficiência Energética 32

1.6. Considerações Finais 37

CAPITULO II **41**

2. BIOCOMBUSTIVEIS E MARCO REGULATÓRIO: EVOLUÇÃO RECENTE .. **42**

2.1 Introdução 42

2.2 Evolução Recente dos Biocombustíveis: Produção 43

2.3 Oportunidades de Mercado para os Biocombustíveis 44

2.4 Bicombustíveis e Marco regulatório: Evolução Recente 46

2.5 Considerações Finais 53

CAPITULO III **57**

3. TOMADA DE DECISÃO NA IMPLANTAÇÃO GASODUTO BRASIL – BOLIVIA ENTRE 1997 E 2002 ..... **58**

3.1 Introdução 58

3.2 Conceitos e Teoria 59

3.2.1 Estrutura de Mercado **60**

3.2.2 Mercados Contestáveis **60**

3.2.3 Regulamentação **62**

3.3 Caracterização do Mercado de Gás natural 62

3.3.1 Caracterização do Transporte do Gás Natural no Brasil **64**

3.3.2 Estrutura da indústria do gás **65**

3.3.3 O Mercado do Gás no Brasil e a Teoria dos Mercados Contestáveis **66**

3.3.4 A Regulamentação do Mercado do Gás natural **67**

3.4 A "mão invisível" de Smith e o Mercado Brasileiro de Gás Natural 69

Digitized by Google

3.5 A teoria da Preferência e da Escolha do Consumidor 73
3.6 Considerações Finais 76
CAPITULO IV 79
4. PANORAMA DA BIOMASSA FLORESTAL PRIMARIA NO BRASIL 80
4.1 Introdução 80
4.2 Produtos Derivados da Biomassa Florestal 83
4.3 Uso Direto da Biomassa Florestal: Processos tradicionais 85
4.3.1 Lenha 86
4.3.2 Carvão 87
4.4 Densificação dos Resíduos da Biomassa Florestal para uso Direto 90
4.4.1. Briquetes 91
4.4.2. Peletts 93
4.5 Conversões mais eficientes da biomassa florestal 95
4.5.1. Gaseificação para produção de energia térmica e elétrica 95
4.5.2. Produção de hidrogênio e metanol 98
4.5.3. Etanol celulósico 99
4.5.4 Pirólise rápida: Obtenção de bio-óleos 100
4.6 Considerações finais 101
CAPITULO V 105
5. ASPECTOS ECONOMICOS E AMBIENTAIS DO BIODIESEL 106
5.1 Introdução 106
5.2 Meio ambiente e o biodiesel 107
5.3 Biodiesel: Políticas e viabilidade 108
5.4 Considerações Finais 112
CAPITULO VI 114
6 A IMPORTÂNCIA DO BALANÇO ENERGÉTICO ESTADUAL PARA O PLANEJAMENTO SETORIAL: O CASO DO TOCANTINS 115
6.1 Balanço energético como instrumento de planejamento 115
6.2 A importância da montagem de um BEE para o Tocantins 118
6.3 Considerações finais 121
CAPITULO VII 122
7 DESENVOLVIMENTO, CRESCIMENTO ECONÔMICO E SUSTENTABILIDADE 123
7.1 Introdução 123

Digitized by Google

7.2 Economia. Desenvolvimento e as Questões ambientais 128
7.2.1 Visão dos Neoclássicos sobre o meio ambiente. 130
7.2.2 Visão da economia ecológica sobre o meio ambiente 132
7.3 Panorama sobre o padrão de consumo e desenvolvimento capitalista 142
7.3 Considerações Finais 146
CAPITULO VIII 148
8. GERAÇÃO DISTRIBUIDA: UM ANTIGO CONCEITO ATUAL 149
8.1 Considerações iniciais 150
8.2 Um resumo da História da industria da energia elétrica 153
8.3 Uma tecnologia de muitas tecnologias 161
8.3.1 Aspectos gerais 161
8.3.2 Terminologia 163
8.4 Geração Distribuída: Uma reescritura do passado 167
8.5 Considerações finais 171

Digitized by Google

CAPÍTULO I

INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E O MEIO AMBIENTE

Yolanda Vieira de Abreu

Digitized by Google

INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E O MEIO AMBIENTE

Yolanda Vieira de Abreu

"Somos formados e talhados pelo que amamos."

Goethe

RESUMO

Os indicadores de eficiência energética poderão vir a contribuir na tomada de decisão dos governos e empresas em relação à fonte de energia que deseja incentivar ou utilizar e a escolha tecnologia. Além disso, poderá nortear na formulação de políticas públicas ambientalmente mais corretas, onde possam combinar e harmonizar preocupações econômicas e ambientais, promovendo o desenvolvimento sustentável.

Palavras chaves: indicadores de eficiência energética, Protocolo de Quioto, políticas públicas.

1.1 INTRODUÇÃO

O tema eficiência energética tem ganhado lugar importante na agenda política dos países mais desenvolvidos desde o Protocolo de Quioto[1] em 1997. Essa importância está associada às políticas de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) e aos benefícios que a conservação de energia pode trazer tanto para o consumo de energia, quanto para o meio ambiente. Neste caso, devem ser pensadas as questões relacionadas com as emissões do CO_2 e a necessidade de sua redução.

O efeito estufa, um dos principais riscos ambientais que o nosso planeta enfrenta, está intimamente associado ao consumo de energias fósseis (Mendonça e Gutierrez, 2000) A princípio pode-se afirmar que a intensidade energética medida pela razão entre o consumo total de energia e o produto da economia (PIB - Produto Interno Bruto),

[1]No Protocolo de Quioto foram recomendados níveis máximos de crescimento das emissões de gases poluentes pelos países desenvolvidos e regras para o mecanismo de desenvolvimento limpo.

Digitized by Google

poderia ser uma medida que indique, mesmo em uma perspectiva ampla, a tendência de crescimento ou não no padrão de emissão de CO_2. A justificativa, para essa afirmativa, pode ser retirada da própria definição de eficiência energética, que normalmente refere-se a usar menos energia para produzir a mesma quantidade de bens e serviços. Portanto, isso significaria que uma maior eficiência energética, seria uma maneira de mitigar a emissão de CO_2.

Os maiores emissores de gases de "efeito estufa", como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4)e o óxido nitroso (NO_x), são os países desenvolvidos. Caberia a eles o compromisso de adotar políticas nacionais e medidas correspondentes para mitigar a mudança do clima. Há, no entanto, um compromisso comum a todos os países de elaborar e atualizar periodicamente inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e das ações realizadas para diminuir as emissões de gases de efeito estufa.
A energia é um insumo ou produto, dependendo do uso final, de extrema importância para o desenvolvimento de qualquer sociedade. A partir das restrições econômicas e ambientais e a dificuldade de substituição do petróleo e dos combustíveis fósseis para gerar energia, consagrou a importância do estudo e aplicação da eficiência energética em todos os níveis de produção, consumo e distribuição da mesma.

Os critérios de escolha dos energéticos, para um determinado uso têm sido em função dos seguintes itens:

- tecnologia;
- preço;
- disponibilidade no local;
- segurança de fornecimento e
- minimização do investimento fixo nas instalações.

O objetivo deste estudo é descrever os tipos de indicadores de eficiência energética que são mais utilizados e descritos na bibliografia disponível sobre este assunto. Sua meta é mostrar a relação e sua importância desta ferramenta para o meio ambiente, uma vez que pode mostrar a evolução da intensidade energética ao longo do tempo.

Digitized by Google

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Nos países em desenvolvimento a tendência é aumentar o consumo total de energia, à medida que a economia cresce e o poder aquisitivo melhora a maior parte da população começa a ter acesso à energia e a outros bens, que lhes eram negados, por falta de poder aquisitivo e infraestrutura. Com isso a produção de bens tende a crescer e o consumo de energia também. Nesses países a intensidade energética tende a crescer, porque estes têm dificuldades em ter acesso às novas tecnologias com menor consumo de energia. Segundo Goldemberg (1997), nos países desenvolvidos, nas décadas de setenta e oitenta as novas tecnologias, disponíveis comercialmente, tornaram possível prover os mesmos serviços energéticos, com uma entrada de energia menor que a possível. Isso significou um "desacoplamento" entre o crescimento do PIB e o crescimento de energia nessas décadas.

Na Tabela 1.1, verifica-se que no período entre 1981 e 1990 houve o desacoplamento entre o aumento do PIB e o consumo de energia elétrica.

Tabela 1.1 Indicadores de Crescimento e Proporção: PIB, consumo de eletricidade e de energia primária total em diferentes períodos e regiões

Indicador	Região	Período				
		1971-1980	1980-1990	1990-2000	2000-2003	2004-2005
(1) Crescimento anual do PIB	Brasil	8,34%	1,57%	2,65%	1,26%	2,28%
	Mundo	3,77%	2,90%	2,80%	4,97%	4,40%
	Não- OCDE	5,41%	2,11%	3,81%	3,82%	nd
	OCDE	3,44%	3,07%	2,58%	5,23%	nd
(2) Crescimento anual do consumo de eletricidade	Brasil	11,83%	5,90%	4,30%	1,05%	4,24%
	Mundo	5,18%	3,60%	2,62%	2,72%	nd
	Não - OCDE	6,96%	4,81%	2,81%	5,91%	nd
	OCDE	4,46%	3,02%	2,53%	0,88%	nd
(3) Crescimento anual da produção de energia primária	Brasil	5,39%	1,78%	3,32%	1,45%	1,75%
	Mundo	3,05%	1,90%	1,45%	2,02%	nd
	Não - OCDE	4,50%	2,93%	1,23%	3,80%	nd
	OCDE	2,07%	1,05%	1,64%	0,43%	nd

Fontes: *apud* Goldemberg, J. e Lucon (2007)

Digitized by Google

Pode-se observar, também, que nos países da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) o crescimento médio anual do consumo de eletricidade diminuiu de 4,46%a.a., no período entre 1971 e 1980, para 3,02%a.a., no período entre 1980 a 1990. Em contrapartida, o PIB cresceu 3,44%a.a entre 1971 e 1980 e na década seguinte teve um crescimento um pouco inferior, totalizando 3,07%ªa.a . Em relação a esse desacoplamento, entre o aumento do PIB e do consumo de energia elétrica, pode-se concluir que a partir de 1970 houve uma mudança de comportamento entre os agentes sociais e econômicos, que os levaram a investir em eficiência energética. Uma intensidade energética crescente trabalha na direção oposta, como se pode notar nos dados dos países da Não - OCDE. Nesses países, enquanto o PIB cresceu 5,41%a.a. entre 1971 e 1980, o crescimento do consumo de eletricidade foi de 6,96%a.a. no período. Nesta mesma região, entre 1980 e 1990 o crescimento do PIB é de 2,11% e o consumo de eletricidade é de 4,81%. Nos países da OCDE e em outras partes do mundo, entre 2000 e 2003, foi mantida a trajetória de diminuir a intensidade energética, enquanto que nos países da Não - OCDE o crescimento do consumo de eletricidade continuava a crescer acima do crescimento do seu PIB.

O Brasil, por sua vez, apresentou uma diminuição no crescimento do consumo de eletricidade, que foi mais acentuado entre as décadas de 1970 e 1980, saiu de um patamar de consumo de 5,39%a.a. para o de 1,78%a.a. Porém, a partir de 1990, voltou a crescer chegando ao patamar de 3,32%. Na década de1970 houve o chamado "milagre econômico", em que o PIB crescia aproximadamente 8,34%a.a. e o consumo de eletricidade foi de 5,39%. No entanto, na década de 1980 o país entrou em recessão e o crescimento anual do PIB caiu para 1,57%. Já na década de 1990 houve uma reação e o crescimento do PIB foi de 2,65%a.a. e o consumo anual de eletricidade sobe para 3,32%. Pode-se dizer que um dos motivos desse crescimento foi a implantação do Plano Real, que teve como resultado a estabilização dos preços e da inflação, o que ocasionou o aumento do poder de compra do trabalhador, aliado à oferta de crédito com prazos estendidos ou facilitados. O Plano Real, ao disponibilizar financiamento a longo prazo para os bens de consumo duráveis, incentivou a compra de eletrodomésticos e outros, causando o aumento da demanda por energia elétrica em todo território nacional.

A produção de energia elétrica, utilizando carvão e combustíveis fosseis, é um dos fatores que mais contribuem para o aumento de CO_2, na maioria dos países. O Brasil,

Digitized by Google

pelo fato de sua geração de energia elétrica ser predominantemente hidrelétrica (76%), detém uma vantagem perante os outros países. (BEN, 2008)

Tabela 1.2: Principais problemas ambientais relacionados às fontes e usos da energia.

Problemas Ambientais	Principal fonte causadora
Poluição urbana do ar	Energia (indústria e transporte)
Chuva ácida	Energia (queima de combustíveis fosseis)
Diminuição da camada de Ozônio	Indústria e Transporte Urbano, ar condicionado e *sprays*
Aquecimento por efeito estufa e mudança de clima	Energia (queima de combustíveis fosseis)
Degradação costeira	Transporte e energia
Desmatamento e desertificação	Aumento populacional e energia
Resíduos tóxicos, químicos	Indústria e energia nuclear

Fonte: *apud* Goldemberg (1997)

Na Tabela 1.2 pode-se observar os principais rejeitos gerados pela utilização do carvão e gás natural para fins de produção de eletricidade. O cálculo, para as emissões, foi estimado tendo como referência uma usina de 1GWe/ano. Os dados técnicos do carvão são: eficiência de 38%, poder calorífico de 8MWh/t, 7% de conteúdo de cinzas, densidade de 6,6t/m^3 e 1% de Enxofre (Mattos & Meldonian, IPEN, s/data).

Porém, esse quadro tende a mudar, com a introdução de termoelétricas a gás natural e carvão mineral na matriz energética brasileira. O gás natural, normalmente, é citado como uma fonte mais limpa do que os outros combustíveis fósseis, para produção de energia elétrica, porém, isso só é verdade com relação à emissão de CO_2 e para comparação com países nos quais a energia elétrica é produzida por carvão.

A tendência nacional e mundial, quanto ao aproveitamento do gás natural como fonte alternativa de eletricidade, é de crescimento devido principalmente a três aspectos: (1) desenvolvimento de ciclos combinados, (2) expansão de sistemas de cogeração e (3) poucas restrições ambientais. No Brasil, a assinatura do contrato de compra do gás

Digitized by Google

natural da Bolívia, tem contribuído para a expansão das termoelétricas e da cogeração na indústria.

O debate sobre o efeito estufa e a medida adequada de preveni-lo tem, fortemente, apontado para a necessidade de basear as negociações que na avaliação e comparação da evolução da eficiência energética e na emissão de CO_2 em vários países. Essa comparação tornou-se muito difícil devido à falta de homogeneidade nas definições e medidas. Os indicadores calculados para medir a eficiência energética são diferentes de um país para outro; por isso a interpretação dos dados diverge consideravelmente. Essas divergências não impedem desses indicadores ainda serem utilizados, muitas vezes, como instrumentos para determinar cotas de CO_2, principalmente para a industria.

Os indicadores de eficiência energética podem ser calculados de diversas formas. Segundo Bosseboeuf *et alli*, 1997 atualmente têm sido propostos cerca de 600 indicadores, para a composição do programa "Odyssee" (*On-line Data base on Yearly Assetment of Energy Efficiency*) da União Européia, mas o número de indicadores calculado por cada país, depende de suas necessidades especificas de informações. O mais importante, ao estudar e aplicar os indicadores de eficiência energética, é definir o tipo de macro e micro indicadores que serão utilizados e esclarecer as definições dos termos. Tal esclarecimento deve ser estendido, também, para os outros termos, como conteúdo energético, efeitos estrutura, atividade, substituição e todos os outros itens criados, utilizados, para determinar o indicador de eficiência energética para um país, indústria ou setor, já que estes ainda não estão padronizados mundialmente.

Em relação ao desenvolvimento sustentável, os indicadores, em geral, mostram como a quantidade de energia foi aproveitada ou não, mas não revelam o valor da energia necessária, para que os subprodutos e o lixo, sejam incorporados à natureza. (Polidoro, 2000:76). Os indicadores atuais contêm características negativas, que não levam ao resultado esperado, que é a sustentabilidade e a preservação da vida na Terra. Essas características negativas dos indicadores atuais, segundo Polidoro (2000:76), são:

- sua aplicabilidade tardia na cadeia causa-efeito;
- não são precedidos de uma descrição compreensiva de todas as condições físicas que devem ser encontradas em uma sociedade sustentável;

Digitized by Google

- os efeitos são diluídos na natureza tornando difícil sua detecção;
- é difícil associar um efeito a uma determinada ação da sociedade, devido aos mecanismos de retardamento;
- os indicadores não são capazes de detectar efeitos na natureza que ainda não ocorreram.
- Pode-se acrescentar a estas características mais algumas como:
- somente a preocupação com a emissão de CO_2 e a não inclusão de outras emissões tão perigosas, para a vida na Terra, quando esta;
- informações coletadas e analisadas, de modo parcial, não levando em considerações seus efeitos nos ecossistemas;
- país hegemônico EUA, ainda não se posicionou, de modo adequado, quanto a regras vigentes, para evitar o crescimento das emissões de CO_2. Isso prova que o caminho para a solução desse problema deve vir da mudança de atitude por parte da sociedade, da ética, dos valores da sociedade capitalista, juntamente com as sanções econômicas.

Os indicadores de eficiência energética, principalmente nos países em desenvolvimento, serão mais confiáveis quando a sociedade se conscientizar da necessidade de mudança de comportamento e exigir seus direitos. Nesses países, o grau de injustiça social é tão grande que o ser humano, que não tem poder aquisitivo, é tratado sem direito à cidadania e à vida; vistos como seres "descartáveis". Portanto, não existe preocupação em preservar a saúde destes, com ações efetivas de proteção saúde, obrigando as indústrias a não poluírem o ar, a água e o solo. Os países mais ricos também tratam os com menor poder aquisitivo *per capita*, da mesma forma obrigando-os a absorverem as indústrias mais poluentes em seu território. Esse tipo de pensamento não proporciona uma melhora na condição de vida no Planeta Terra.

Tais indicadores, para serem bem sucedidos quanto à sua aplicabilidade, como instrumento de política ambiental e tecnológica, necessita que os dados utilizados sejam os mais verídicos possíveis, para que o resultado seja o mais próximo da realidade. Tais resultados, mesmo com algumas deficiências metodológicas, poderão ser de grande utilidade para classificar as tecnologias existentes e as necessidades de mudanças nas mesmas, assim como orientar políticas ambientais, que levem a uma melhora na qualidade de vida na Terra.

Digitized by Google

É necessário que o Estado, normalmente responsável pela aplicação e determinação das políticas ambientais, esclareça as indústrias a respeito dos bens públicos e quais os direitos universais da sociedade.

1.3 TIPOS DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo Patterson (1996), podem ser detectados quatro grupos mais influentes de indicadores de eficiência energética:

1. Termodinâmico;
2. Físico-termodinâmico;
3. Econômico-termodinâmico;
4. Econômico.

O primeiro grupo refere-se às análises segundo as leis da termodinâmica, da eficiência da transformação de uma forma de energia em outra (eficiência energética); o segundo avalia os insumos energéticos necessários para produzir um determinado bem ou serviço e nesse caso, a energia que entra no sistema é mensurada em unidades termodinâmicas convencionais e a energia que sai do sistema em unidades físicas – exemplo: Energia que entra/tonelada de produto – (Consumo Específico de Energia); o terceiro é um indicador híbrido no qual o produto do processo é mensurado a preços de mercado e a energia que entra por unidades termodinâmicas convencionais – exemplo: Energia/PNB - (intensidade energética); o quarto indicador mede as mudanças na eficiência energética, puramente, em valores monetários tanto da energia que entra, quanto da que sai do sistema. (*apud* Patterson, 1996:377).

Indicadores termodinâmicos

Os indicadores termodinâmicos têm sido o caminho mais natural para mensurar a eficiência energética, tanto que a termodinâmica atualmente é freqüentemente definida como a ciência de processos energéticos. Porém, surpreendentemente, as medidas termodinâmicas de eficiência energética não são tão satisfatórias para medir a eficiência energética quanto podem parecer.

Digitized by Google

De qualquer modo, um atrativo para usar esse método quantitativo para medir a eficiência energética é que pode ser calculada no tocante à "função estado" do processo. Isso significa que é produzido por medidas únicas e objetivas dadas por um processo em um meio ambiente particular (descrito por temperatura; pressão; concentração, formula química; espécie nuclear; magnetização; etc.). Desse modo, para qualquer mudança nas condições físicas resultantes da dinâmica de alguns processos, as mudanças associadas, aos valores da "função estado", podem ser unicamente medidas ou atribuídas. (Patterson,1996:378).

A Primeira Lei da Termodinâmica, também conhecida como Princípio de Conservação de Energia, pode ser descrita como "A soma da energia mecânica e da quantidade de calor (que é igual à energia total) de um sistema isolado é constante" (Goldemberg, 1983:35). Nesse caso a energia total do sistema inicial é igual à energia do sistema final, qualquer que seja o caminho seguido pelo sistema para passar do estado inicial ao final. A energia total do sistema é função do estado deste e não do caminho seguido pelo mesmo para chegar a esse estado.

A eficiência da primeira lei, ou entalpia, pode ser calculada por:

$$\text{Entalpia} = \frac{\text{Calor transferido ara o aparelho realizar sua finalidae } (\Delta \text{energia})}{\text{Energia que entra no aparelho}}$$

O que está contido nesta definição é apenas o fato de que energia se conserva, mas não a melhor forma de se usá-la (Goldemberg, 1983:45). A utilização dessa lei não propicia uma idéia realista das melhorias, que podem ser realizadas em um dado sistema, para que se obtenha um melhor desempenho. Tal eficiência também não leva em consideração a qualidade da energia nem na entrada e nem na saída do sistema. Não é feita a distinção entre fontes com excelente qualidade energética, que são mais eficientes e produtivas, e fontes de baixa qualidade e menos produtivas. (*apud* Goldemberg. 1996:378).

A Segunda Lei da Termodinâmica parte do principio de que as diferentes formas de energia têm qualidades que lhes são características, chamada entropia. Essas formas de energia não podem ser indiferentemente convertidas, uma nas outras (o que é permitido

Digitized by Google

pelo Princípio de Conservação de Energia) e determina a direção que essas transformações podem ocorrer, no Universo. A energia flui sempre de uma maneira tal que a entropia do sistema aumente, (*apud* Goldemberg, 1983). Isso acontece, porque a conversão do estoque de energia interna da biosfera (recursos fósseis, físseis e "fundíveis") passa necessariamente, ao menos na tecnologia conhecida, pelo ciclo térmico irreversível e portanto acelera a entropização (exceção a esta regra é a célula de combustível).

Segundo Lizarraga (1987), existem três questões básicas na formulação da Segunda Lei da Termodinâmica: a) degradação da energia; b) sentido de evolução dos processos; c) critérios de equilíbrio e estabilidade. Ainda, pode-se citar outras conseqüências como a determinação do rendimento teórico máximo dos ciclos e máquinas térmicas, a avaliação quantitativa da degradação da energia provocada pela irreversibilidade, a definição de escala termodinâmica de temperatura e o desenvolvimento de meios para avaliação de propriedade, tais como: energia interna e entalpia. Estas se referem às propriedades que são mais rapidamente obtidas experimentalmente.

Segundo Patterson (1996:380), a Segunda Lei da Termodinâmica tem como base à definição do limite ideal dos processos que é um ponto importante para a teoria da conservação de energia. Tal lei dá uma definição de eficiência termodinâmica de 100% ou a unidade, permitindo que se tenha uma idéia das melhorias que podem ser realizadas pelos técnicos, porém sua aplicabilidade é restritiva ao mundo dos sistemas ideais.

$$\varepsilon II = \frac{\text{Consumo teórico mínimo de energia para realizar uma dada tarefa}}{\text{Energia efetivamente consumida para realização da tarefa em questão}}$$

$$\varepsilon II = \frac{W}{Q_0}$$

onde:

W= energia útil

Q_0= energia requerida

A primeira limitação desse método é que assume perfeita reversibilidade, que é equivalente a assumir, reduzir os processos infinitesimalmente. Os processos no mundo

Digitized by Google

real são realizados em um período de tempo finito. A segunda limitação do método "limite ideal" de definição de eficiência energética é que este não contabiliza as entrada de energias indiretas. No método de "limite ideal", por não incluir a entrada de energias indiretas, o "problema da qualidade de energia" permanece e inevitavelmente terá a multiplicidade de diferentes tipos de energia que necessitam, de alguma maneira, de equivalência.

Alguns estudiosos defendem o uso desses indicadores, tendo como base de calculo a exergia, porém esse método não resolve as dificuldades apresentadas. Segundo Nogueria *et al*li. 1994 para Baehr, (1965) pode se definir "a exergia como a parte transformável da energia, e a energia como a parte intransformável" e para Szargut *et al* (1988) "a exergia, de uma forma geral, como a capacidade de um tipo de energia ser convertido em outros tipos".

Os processos termodinâmicos podem ser reversíveis ou irreversíveis. Nos processos reversíveis toda energia convertida de uma forma em outra pode e consegue ser aplicada para restaurar o sistema e o meio ambiente ao estado inicial, antes do inicio do processo, sem deixar quaisquer vestígios da ocorrência do processo. Assim, os processos reversíveis são ideais. Nos processos irreversíveis tal restauração não é possível, porque ocorrem perdas na transformação de uma forma de energia em outra.

Segundo Kotas (1995) as formas de energia podem ser classificadas em ordenadas e desordenadas. As principais características da energia ordenada, segundo Oliveira Júnior (1996:19), são: 1- conversão de uma forma de energia ordenada em outra é total, se realiza reversivelmente; 2 - podem ser analisadas apenas pela Primeira Lei da Termodinâmica; 3 – os parâmetros do meio ambiente não são necessários para o cálculo de energia ordenada transferida de um sistema a outro; 4 - a transferência de energia ordenada, entre dois sistemas, manifesta-se como uma interação do tipo trabalho na fronteira que separa os sistemas (trabalho é energia ordenada em trânsito).

As condições para haver conversão de energia desordenada (energia interna, radiação térmica, energia química) em energia ordenada, segundo Oliveira Junior, (1996:20) são:

Digitized by Google

- processos de conversão devem ser reversíveis;
- limite superior de conversão depende dos parâmetros termodinâmicos do sistema no qual a energia está armazenada e daqueles do meio ambiente;
- a análise dos processos de conversão deve envolver o uso da Segunda Lei da Termodinâmica;
- a conversão de energia é em geral acompanhada por mudanças nas entropias dos sistemas que estão interagindo.

O objetivo principal da análise exergética é detectar e avaliar quantitativamente as causas da imperfeição termodinâmica do processo sob consideração, permitindo localizar os pontos onde ocorrem as destruições de exergia e classificá-las segundo a magnitude das perdas. (Horta Nogueira *et al*, 1994). As diferenças entre energia e exergia, segundo Szargut (1980) podem ser observadas na Tabela 4.

Tabela 1.3: Comparação entre energia e exergia.

Energia	**Exergia**
Obedece à lei da conservação	Não está sujeita a essa lei
É função do estado da matéria sob consideração.	É função do estado da matéria sob consideração e da matéria do meio ambiente.
Pode ser calculada baseando-se num estado de referência qualquer.	O estado de referência é imposto pelo meio ambiente, o qual pode variar.
Aumenta com o crescimento da temperatura.	Para processos isobáricos alcança um mínimo na temperatura do meio ambiente; nas temperaturas menores ela aumenta quando a temperatura diminui.
No caso do gás ideal não depende da pressão.	Sempre depende da pressão.
Para um vácuo ideal iguala-se a zero.	Para um vácuo ideal é positiva.

Fonte: Szargut (1980)

Este tipo de análise pode ser utilizado no projeto de equipamentos ou sistemas, estabelecendo como objetivo a minimização da destruição de exergia, juntamente com outros aspectos. Este método também possibilita separar a perda de exergia por unidades do processo, porém como alerta Szargut *et al* (1988) mesmo assim é impossível avaliar exatamente as perdas de exergias atribuídas à diferentes tipos de

Digitized by Google

irreversibilidades, a menos que suposições arbitrárias sejam feitas com a finalidade de separar os fenômenos físicos e químicos.

Outro item importante que se deve conhecer para melhor estudar os indicadores termodinâmicos são as diferenças entre energia útil e energia final[2]. Para tal fim, será descrito o processo de transformação da energia primária até chegar a diferença entre estes tipos de energias.

As fontes energéticas apresentam-se em diferentes formas na natureza, em distintos níveis de refinamento que vão da lenha à nuclear. Em uma avaliação global de um sistema energético é conveniente expressar todas as formas de energia de maneira unificada. Para definir qual o indicador de eficiência energética mais adequado a ser desenvolvido é importante que se caracteriza o tipo de energia que será utilizada para a avaliação do sistema.

Pode-se classificar as fontes energéticas em primárias e secundárias, que são os produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como petróleo, gás natural, carvão mineral, minério de urânio, lenha. Outras formas de energia primária para produção de energia elétrica são: hidráulica, eólica, solar e nuclear. Os produtos primários, como por exemplo o petróleo, passam por um processo de transformação que os convertem em formas mais adequadas para os diferentes usos. O local onde se realiza este processo é denominado genericamente de centro de transformação. Nesse exemplo, o centro de transformação é a refinaria, onde são obtidos produtos de uso direto, como a gasolina, o óleo Diesel, o querosene, o gás liqüefeito e outros classificados como energia secundária. Em alguns casos, uma fonte secundária, como o óleo combustível obtido do petróleo, passa por um outro centro de transformação onde é convertido em eletricidade (Ver Figura 1.1).

Pode-se definir a energia final como aquela recebida pelo usuário nos diferentes setores, seja na forma primária, seja na secundária. A chamada energia final só o é do ponto de

[2]Esse item foi escrito a partir do texto de Alvim *et al*, "Energia Final e Equivalente – Procedimento Simplificado de Conversão", Revista Economia e Energia, N. 18 – Jan/Fev., 2000 – Internet.

Digitized by Google

vista do setor energético e, simplificando, representa a forma em que a energia é comercializada.

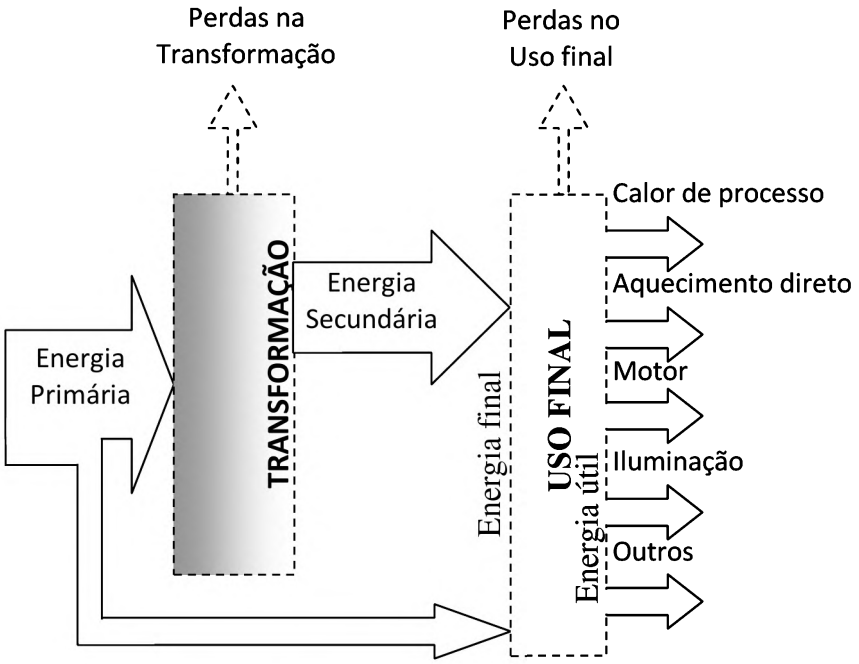


Figura 11 :Representação esquemática dos fluxos de energia primária, secundária, final e útil com a indicação das perdas nos centros de transformação e no uso final.
Fonte: Alvim *et al*, 2000

Em cada unidade produtiva, industrial ou agrícola, ou em outro setor de consumo, como o residencial, comercial ou público, a energia tem diferentes usos como motriz, iluminação, aquecimento, etc.

Pode-se notar na Figura 1.1 que a energia final inclui a energia primária de uso direto. Em um esquema mais completo deve-se considerar ainda outros tipos de perdas, exportações e importações nas diversas etapas, bem como ajustes metodológicos ou de dados.

Para converter a energia, chamada final na forma em que ela é usada, passa-se ainda por um processo que implica perdas, sendo necessário considerar uma eficiência de uso ou rendimento. No caso do uso motriz, parte da energia é transferida ao eixo do motor e parte é dissipada na forma de calor. Denomina-se rendimento a razão entre essa energia na forma que é usada, denominada energia útil, e a energia final ou seja:

Digitized by Google

[Energia Útil] = rendimento * [Energia Final].

De maneira geral, pode-se elaborar um Balanço de Energia Útil da seguinte forma:

[Energia Final] = [Energia Útil] + [Perdas no uso].

Em um balanço de energia útil os usos são agrupados em: Força Motriz; Calor de Processo; Aquecimento Direto; Iluminação; Eletroquímica; Outros. Para elaborar um balanço de energia útil é necessário dispor, para cada atividade, da energia final utilizada por fonte energética. Para cada uma das fontes é necessária a distribuição pelos diferentes usos e o dos rendimentos em cada um desses usos. A soma dos valores em energia útil tem, pois, a vantagem de levar em conta os diferentes rendimentos, para um mesmo uso, dos diferentes energéticos.

A utilização da soma das parcelas representando os diferentes usos para compor a energia útil, apresenta, no entanto, o inconveniente de uma valorização que depende do tipo de uso. Por exemplo, um combustível, como a lenha é usada para gerar calor de processo em uma indústria com eficiência, aproximadamente de 75%. O óleo Diesel é usado, na mesma indústria, para gerar, força motriz com uma eficiência de 30%. Quando somados os dois combustíveis, na forma de energia útil, eles aparecem com um fator de mérito que não corresponde a sua potencialidade. Com efeito, o óleo diesel poderia ser usado, com uma eficiência superior à lenha para calor de processo e, quando usado como força motriz, também apresentaria uma eficiência maior a que seria obtida através da lenha em uma máquina a vapor.

Para elaborar um indicador termodinâmico como, por exemplo, de uma indústria, utilizando-se da energia útil, exige-se muito tempo do pesquisador e livre acesso, dentro da indústria a ser analisada, para medir e estudar o processo produtivo (minuciosamente) e o rendimento de cada máquina, motor, forno e outros equipamentos que utilizam energia para o seu funcionamento. Tal procedimento ainda não traria garantia de que não haveriam falhas, na contabilização da energia útil do processo.

Indicadores físico-termodinâmicos

Digitized by Google

Esses indicadores têm a vantagem de, usando medidas físicas e termodinâmicas, poderem mensurar objetivamente qual o consumo requerido atualmente pelo uso final. Por ter a possibilidade de contabilizar o produto final em quantidades físicas, estes podem ser prontamente comparados e analisados em séries temporais.

Para medir a eficiência energética o indicador físico-termodinâmico não é tão direto quanto parece, por causa da assim chamada ligação produtiva. A dificuldade esta na localização e analises das diferentes entradas e saídas de energia na indústria, para cada linha de produto. Como, por exemplo, um dado montante de entrada de energia é requerido para produzir dois produtos provenientes de uma fazenda de ovelhas: madeira (t) e carne (t). O problema surge quanto da entrada de energia (ΔH,) tem de ser alocado para as diferentes saídas (t) em seqüência para produzir o indicador desejado. Esse indicador é restrito para medir a eficiência energética geral do processo, tendo como base que ele permite comparar somente serviços que tem o mesmo uso final (Patterson,1996:381-386).

Indicadores econômico-termodinâmicos

Esses indicadores são híbridos, porque a energia que entra estará sendo mensurada em unidades termodinâmicas e na saída do sistema em valor monetário. Podem ser aplicados em diversos níveis de agregação das atividades econômicas: setorial, indústrial ou a nível nacional. São muito utilizados para comparação entre países.

O problema dessa metodologia, para comparação entre países, está na composição do Produto Interno Bruto (PIB) ou Produto Nacional Bruto (PNB), que são calculados segundo a metodologia da ONU, adaptados teoricamente à realidade de cada país. Porém, setorialmente, encontra-se o mesmo problema metodológico, porque os dados são manipulados e podem não representar a realidade.

Indicadores econômicos

Esses indicadores têm como característica principal a mensuração da energia de entrada e saída em valor monetário. O maior problema desse indicador é a determinação do valor monetário da energia de entrada. A idéia é criar um "preço ideal" porém esse no

Digitized by Google

tempo se torna instável e precisa ser recalculado. Outra idéia seria a de construir uma medida para o "custo da energia conservada". Essa medida teria a vantagem de informar o público, de quanto em valor monetário teria sido poupado, com a implantação de medidas de eficiência energética.

Esse método de "preço ideal" tem por princípio que a melhor tecnologia esta disponível para todos e não leva em consideração as variáveis exógenas que podem influenciar na eficiência energética, como políticas econômicas, sociais e energéticas de cada pais, diferentes recursos naturais e diferenças climáticas. Os preços ideais provavelmente seriam determinados a partir dos parâmetros encontrados nos países em desenvolvimento, onde as melhores tecnologias e informações estão disponíveis e acessíveis ao consumidor. Essa hipótese parece atraente, porém não funciona nos países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, porque estes não têm acesso às melhores tecnologias disponíveis ou estas não são adequadas à realidade social e econômica desses países. Existe também um questionamento se um indicador puramente econômico poderia não ser verdadeiramente, um indicador de eficiência energética. Por exemplo, o indicador econômico para uma indústria ou setor é determinado pelos preços dos produtos finais multiplicado pela quantidade total dos mesmos. Isso torna os valores finais encontrados através destes indicadores econômicos/energéticos vagos, se utilizados sozinhos sem uma outra analise complementar, porque os preços podem variar e a qualidade do produto também,não refletindo a eficiência energética.

Segundo Bosseboeuf *et al* (1997), para definir e caracterizar a eficiência energética de um país, pode-se também utilizar os macro-indicadores que reportam a economia como um todo (macroeconomia) ou os principais setores (indústrial, agrícola, etc.) ou somente os principais uso finais. A macroeconomia tem como objeto de estudo as relações entre os grandes agregados estatísticos: a renda nacional, o nível de emprego e dos preços; o consumo, a poupança e o investimento total. Ao detectar as forças gerais que impelem os agregados em determinadas direções, a macroeconomia estabelece as chamadas forças de "ajuste" ou "equilíbrio". Ao estabelecerem essas forças, podem afetar o investimento, os juros, a demanda, a oferta, as exportações e importações e no final toda a economia tem que se ajustar às regras impostas pela política macroeconômica vigente. Nos últimos anos a política macroeconômica vem sendo dominada pelo grupo dos monetaristas, que têm por princípio enfatizar o papel desempenhado pela demanda de

Digitized by Google

moeda e crédito, opondo-se frontalmente à intervenção do Estado. As regras determinadas pela política macroeconômica afetam as indústrias levando a uma oscilação na demanda total do produto e serviço, à substituição entre fatores de produção, variações nos preços e no câmbio que podem determinar um maior ou menor crescimento nas exportações e importações. As variações no preço para cima, da energia ou de suas fontes, podem incentivar a aquisição ou desenvolvimento de tecnologias, que consomem menos energia por produto final, ou levar a uma mudança na manutenção dos equipamentos já existentes e no controle e modo de uso da energia. Por isso, Nagata (1997) declara que os principais impactos, no consumo energético, podem ser divididos em mudanças na tecnologia, na operação e manutenção dos equipamentos e os de impactos macroeconômicos.

Existem também os micro-indicadores que podem ser definidos como microeconômico. Estes englobam, nessa área de eficiência energética, os seguintes itens:

- Comportamento do consumidor em relação ao preço da energia e a utilização de aparelhos mais eficientes.
- Determinação dos custos marginais da energia, dos de capacidade e dos de expansão para uma estrutura desagregada (custo incremental unitário).
- As implicações das variáveis do modelo de equilíbrio geral, que determinam os preços sombras, para o consumidor final. Como: preços eficientes, preços sociais e outras.
- Curvas de oferta e demanda para a energia.
- Previsão de demanda de energia.

Os indicadores microeconômicos podem também utilizar-se das ferramentas de engenharia econômica, para medir o custo efetivo de investimentos de eficiência energética, como: o retorno do investimento simples, o custo de energia economizada (CEE), a taxa interna de retorno (TIR) e o custo do ciclo de vida (CCV) ou o custo de vida anual (CCVA). Esse método pode auxiliar o consumidor e as empresas a decidirem a tecnologia a ser adquirida e o melhor investimento.

Além dessa tipologia de indicadores macro e micro indicadores, uma outra tipologia também é citada por Bosseboeuf *et al* (1997), como: indicadores econômicos, tecno-

Digitized by Google

econômico, descritivos e explanatórios. Os indicadores econômicos e técnico-econômicos fazem parte dos quatro indicadores básicos tratados por Patterson, 1996 e, neste trabalho no item 2.2. Por esse motivo, neste momento, não trataremos deles.
Duas outras categorias de indicadores têm sido identificadas de acordo com os seus próprios propósitos para descrever a situação e a evolução da eficiência energética, sendo o primeiro indicador conhecido como descritivo; o segundo o explicativo ou explanatório. Tais indicadores explicam e analisam os fatores que permeiam a situação e evolução da eficiência energética e o papel desta na evolução do consumo de energia. Eles tomam como referência duas noções básicas de eficiência:

- eficiência econômica: maior produto, melhor padrão de vida com o mesmo ou menor montante de energia (e redução de emissões de CO_2);
- eficiência tecnico-econômica: redução na energia específica que se deve à melhoria técnica, mudanças no comportamento, melhor gerenciamento, etc. Esses itens podem referir-se aos indicadores econômicos e tecno-econômicos.

Os indicadores descritivos são designados para descrever e interpretar alguns aspectos da eficiência energética que não são facilmente captados pelos indicadores tecnico-econômicos e econômicos quando fechados em si mesmos. Normalmente é necessária a combinação de vários indicadores descritivos, para interpretar a tendência na intensidade energética, relatando o consumo energético em valor monetário (PIB, valor adicionado) e unidade consumida ou consumo específico relatando o consumo energético para um valor físico (número de carros, produção de aço, cimento, empregos).

O indicador explanatório ou explicativo é utilizado primeiramente para explicar a razão para a variação na descrição dos indicadores, como por exemplo, o progresso ou deterioração da eficiência energética para um dado país ou de um setor indústrial. Em particular, um dos objetivos perseguidos naquela circunstância é identificar o papel respectivo da mudança na tecnologia, das mudanças estruturais e comportamentais, etc. Em segundo lugar, esses indicadores poderão ser utilizados para explicar as diferenças entre países (por exemplo, parâmetros climáticos; tamanho de residências, etc).

Digitized by Google

1.4 OS INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA

Os indicadores explicativos são diretamente derivados de outros indicadores econômicos, ou calculados como um novo – que reflita os efeitos estrutura na indústria e de todos os efeitos técnico-econômicos.

Segundo Phylipsen *et al* (1997), o consumo energético no setor industrial é determinado pelo nível de atividade, estrutura do setor e a eficiência energética. As mudanças no consumo de energia das indústrias não são exclusivamente relacionadas a melhoramentos em eficiência energética nos processos indústriais, mas também a vários outros fatores: políticos, econômicos e ambientais. Tais fatores podem determinar que a indústria de um país pareça ser mais intensiva em energia do que em outro, ainda que a diferença possa ser essencialmente baseada sobre diferenças estruturais. (Schipper, 1996; Eichhammer e Mannsbart, 1997).

O principal objetivo dos indicadores energéticos na indústria é proporcionar um entendimento maior da influência técnico-econômica no total do consumo final de energia na indústria e individualmente dos subsetores ou filiais.(Eichhammer e Mannsbart, 1997) Os resultados da analise dos indicadores de eficiência energética podem ser utilizados também para os seguintes fins:

- direcionar as mudanças no consumo energético;
- estabelecer políticas de eficiência energética;
- estabelecer políticas ambientais;
- orientar estabelecimento do preço da energia;
- propiciar mudança no comércio dos bens energo-intensivos ou no produto final;
- indicar os impactos estruturais para melhorar a eficiência energética;
- servir de instrumento para mensurar o sucesso da política de negociação das reduções das emissões de CO_2.

Para realçar a aplicação prática da analise dos indicadores é importante descrever a ligação/vínculo (ou não ligação) entre a eficiência energética e as possíveis forças dirigentes, como as políticas de eficiência energética e a ambiental, pesquisa energética,

Digitized by Google

desenvolvimento e mudanças nos preços da energia. Para uso prático desses indicadores sempre é necessário simplificar a apresentação através da construção daqueles agregados apropriados para a maior parte dos usos dos efeitos estruturais (Eichhammer e Mannsbart, 1997)

As mudanças estruturais, os efeitos do comércio internacional e as permanentes mudanças no consumo de energia são principalmente determinados por melhoramento na eficiência. Tais melhoramentos podem ser explicados principalmente por várias mudanças tecnológicas, bem como influenciados por outros fatores, como:

- mudanças na eficiência técnica;
- substituição de processos tecnológicos;
- alteração no mix das matérias primas que são utilizadas na produção ou nos processos de produção, (por exemplo: processos de produção de cerâmica de via seca para via úmida, ou vice-versa) que reduzem a demanda de energia do processo.

No caso de substituição de matéria prima, por exemplo, se os produtos tiverem a mesma qualidade e a mesma aplicação para o velho e o novo processo, a substituição deve ser tratada como um melhoramento da eficiência energética ou mudança intra-indústrial. O mesmo depoimento pode caber quando os materiais são reciclados. Materiais reciclados, nem sempre tem a mesma qualidade e aplicação quanto aos produtos primários e, nem sempre pode ser usado completamente como substituto. (Eichhammer e Mannsbart, 1997:761)

Para Schipper e Grubb (2000), existem evidências da sensibilidade ao preço da energia, no uso da eficiência energética das indústrias. Foi detectado, nos anos noventa, um aumento na intensidade energética presumidamente induzida por preços baixos da energia. Porém, um pequeno aumento na intensidade nos recentes anos poderia não ser surpreendente ou inesperado para os países estudados (países membros da Internacional Energy Agency). Notou-se o declínio na intensidade energética antes de 1973, quando o preço da energia estava caindo. Isso sugestiona a pensar que existe um componente externo ao preço da energia, que também é responsável por esse declínio relativo. Tal pesquisa aponta, no longo prazo, o progresso técnico como responsável pelo declínio da

Digitized by Google

intensidade energética. Essa melhora continua na eficiência, em si mesmo, estimula o aumento da produção e por essa razão o uso de energia, cresceu. Isso aconteceu porque abaixando os custo da energia, libera o uso de mais energia para outros fatores da produção. O efeito que proporciona o crescimento do uso de energia é imediato, porém o desenvolvimento de novas tecnologias requer tempo. Outro fator é que o melhoramento na eficiência energética pode estimular o crescimento econômico, o qual volta a estimular maior uso de energia.

1.5 TEORIA ECONÔMICA, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Os indicadores de eficiência energética, quanto utilizados para determinar cotas de poluição para indústria ou país, podem servir de instrumentos de comando e controle, defendidos tanto pelos economistas vinculados à concepção neoclássica como pelas correntes alternativas a esta.

Na visão da corrente de interpretação neoclássica, o sistema econômico é visto como suficientemente grande, para que o meio ambiente se torne uma restrição à sua expansão, mas uma restrição apenas relativa, superável indefinidamente pelo progresso científico e tecnológico. Tudo se passa como se o sistema econômico fosse capaz de se mover suavemente de uma base de recursos para outra à medida que cada uma é esgotada, sendo o progresso científico e tecnológico a variável chave para garantir que esse processo de substituição não limite o crescimento econômico no longo prazo. Trata a questão de meio ambiente como externalidades e por isso admite a intervenção do Estado para corrigir as falhas de mercado. Utilizando-se dos custos de degradação e do fazer valer preços. A intervenção do Estado se daria através de medidas de comando e controle para casos específicos (taxação pigouviana e outras) e na maioria dos casos utilizando instrumentos de mercado (Romeiro, 1999).

A corrente neoclássica supõe que se o valor atribuído ao meio ambiente aumenta com o tempo, deslocando a curva dos custos de degradação, assim passa a haver um estímulo para a introdução de novas tecnologias, que poupem o uso dos serviços de deposição de resíduos consumidos por determinado bem. Para tal corrente o problema ambiental seria resolvido pelo mercado, com a ajuda da tecnologia que determinaria a escala ótima de

Digitized by Google

degradação ambiental, através da internalização dos custos corretos e de políticas ambientais de mercado.

A corrente alternativa à neoclássica é encampada dentro de várias vertentes teóricas, como a do ecodesenvolvimento, economia ecológica e outras. Algumas dessas abordagens buscam realizar análises do sistema econômico a partir de critérios estritamente ecológicos, para isso utilizando a energia como unidade geral de análise do sistema, o que levou autores como ODUM e seus seguidores a proporem uma "teoria do valor-energia". Entre estes dois extremos, há contudo uma gama de autores que, alinhando-se com as idéias de Georgescu-Roegen, utilizam centralmente os princípios biofísicos (especialmente os termodinâmicos), sem contudo entenderem que a dimensão social da economia possa ser reduzida a estes ou à energia para sua compreensão. (Romeiro *et al*, 1997)

Do ponto de vista econômico, político, institucional e cultural evidentemente são enormes as implicações da segunda corrente de interpretação de desenvolvimento sustentável vista acima. O reconhecimento da existência de l

- necessidade de estabilizar a produção material/energética a um nível sustentável.
- estabelecer limites de uso dos recursos naturais levando em consideração à capacidade natural do ecossistema (para regenerar insumos e absorver resíduos em um nível sustentável)
- admitir que o crescimento econômico tem que parar em algum momento.

Segundo Daly (1996) essa situação pode ser chamada de economia do estado estacionário (EEE). Porém, esse estado para ele, não implica ausência de desenvolvimento, mas leva a uma outra visão deste, que se define pela melhoria qualitativa na transformação e uso dos recursos naturais, através da ciência e tecnologia, em acordo com um padrão de consumo menos centrado no uso de recursos não renováveis.

De qualquer modo, admitir que o crescimento estritamente econômico (da produção material/energética) tem limites, remete às delicadas questões da solidariedade sincrônica da geração atual, dadas as presentes disparidades de renda (nacional e

Digitized by Google

internacional), e da solidariedade diacrônica entre as gerações, uma vez que esta exigiria mudanças profundas no estilo de vida predominante nos países indústrialmente avançados e que se difunde parcialmente nos países em desenvolvimento.

Para Norgaard (1997) existe considerável concordância com respeito às direções que a humanidade deve seguir para alcançar a sustentabilidade econômica, ambiental e social. Para ele há necessidade da existência de novas instituições que conservem os ativos naturais e os repassem aos nossos filhos, que estimulem a regeneração dos recursos renováveis e a manutenção da diversidade biológica, que desenvolvam novas tecnologias que usem recursos renováveis e possibilitem estilos de vida que poupem energia e evitem o gasto material intensivo. Essas instituições assumiriam várias formas. Para a implantação dessas idéias é necessário adotar novos hábitos quanto ao consumo, à educação dos jovens e à poupança para o futuro. Serão necessárias, medidas verdes de desempenho econômico agregado. Faz-se necessário a criação de condições para a realização de pesquisas destinadas a redirecionar a ampliação do conhecimento científico e o desenvolvimento de opções tecnológicas. Para concluir Norgaard (1997) argumenta que nenhuma abordagem isolada conseguira realizar tudo o que se precisa, porque a realidade é complexa; uma multiplicidade de abordagens será necessária para atingir o objetivo proposto.

Segundo Norgaard (1997,) é necessário que a valoração econômica racional não seja imposta à parte de escolhas morais e da tomada de decisão política. A economia ecológica em seu arcabouço teórico, utiliza-se de noções de biofísica, sendo a principal a utilização da primeira e segunda leis da termodinâmica (Klint e Alcantará, 1994)[3]. Os

[3] Las nociones biofísicas fundamentales sobre las que se articula la Economía Ecológica son tres: La primera consiste en el reconocimiento de la verdad elemental que expresa la Primera Ley de la Termodinámica, según la cual la materia y la energía no se crean ni se destruyen, sino que sólo se transforman. La segunda es la Ley de la Entropía o Segunda Ley de la Termodinámica, ciencia que, en palabras de Georgescu-Roegen (1971), es precisamente una física con valor económico. Pues bien, según esta Ley, la materia y la energía se degradan continua e irrevocablemente desde una forma disponible a una forma no disponible, o de una forma ordenada a una forma desordenada, independientemente de que las usemos o no. La tercera noción presenta una doble vertiente. La primera de ellas se refiere a la imposibilidad de generar más residuos de los que puede tolerar la capacidad de asimilación de los ecosistemas, so pena de destrucción de los mismos y de la vida humana. La segunda advierte sobre la imposibilidad de extraer de los sistemas biológicos más de lo que se puede considerar como su rendimiento sostenible o renovable (Daly,1991) pues de lo contrario acabaríamos con ellos e, indirectamente, con nosotros mismos. Todo esto, exige un "conocimiento profundo de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales, que son la base de la vida humana y de las sociedades" (Farras,1980), conocimiento que marca los límites, tanto físicos como conceptuales, a los que debe ajustarse la actividad humana y por lo tanto la economía (Klint. e Alcantara 1994:29).

Digitized by Google

conceitos biofísicos e a própria ecologia ensina que o homem não utiliza recursos naturais de maneira isolada e sim utiliza ecossistemas, processos de apropriação que tenham sido corretamente interpretados por Norgaard (1984) como um processo coevolucionário. Isto significa que, na medida em que o sistema socioeconômico modifica os sistemas biológicos, a sociedade se vê obrigada a adaptar-se e ser capaz de compreender os efeitos das modificações sobre o ecossistema - de adquirir um novo conhecimento - novas instituições, no sentido de novas leis, regras ou normas sociais de comportamento.

A corrente de teóricos alternativos à corrente neoclássica tem por base e desenvolvimento os seguintes princípios:

- Objetivos de longo prazo uma vez que levam em consideração as gerações futuras para formulação de suas políticas ambientais.
- Utilizar-se do Princípio da Precaução e incluir a possibilidade de consulta a sociedade para determinação de metas de despoluição ou para quaisquer outras que se fizerem necessárias.
- Utilizar-se de métodos de controle e comando para gerenciar as políticas de meio ambiente como também alguns instrumentos econômicos neoclássicos (mercado; taxas; impostos; multas; preços; etc).
- Incentivar o uso de materiais de baixa entropia a fim de conservação de recursos naturais.
- Incluir em suas políticas o respeito pelo conhecimento e os valores da população local.
- Defender a reestruturação dos macroindicadores das contas nacionais dos países, de forma a refletirem as diminuições de bens e serviços da natureza.

Incentivar a criação de metas originais de desenvolvimento em cada ecorregião, valorizando os seus recursos específicos, para a satisfação das necessidades básicas da população, sendo essas necessidades definidas de maneira realista e autônoma, com vista a evitar que estas populações "copiem" o estilo de consumo dos países ricos.

Neste momento, este trabalho não discutirá os méritos das políticas defendidas, nem da primeira e nem da segunda corrente. Irá somente discutir relação entre os indicadores de

Digitized by Google

eficiência energética e tais correntes. Pode-se dizer que este será útil para o propósito e aplicação das mesmas, como instrumentos de comando e controle. Existe o reconhecimento generalizado de que não é possível tratar a problemática ambiental apenas através dos instrumentos econômicos, sendo necessária uma intervenção permanente dos poderes públicos através do que se convencionou chamar de instrumentos de comando e controle. Entre as duas correntes (neoclássicas e alternativas) a criação de mercados de direitos a poluir é vista como uma das mais eficientes tanto pela primeira, quanto por algumas interpretações da segunda corrente, embora por razões diversas. Para a primeira corrente esta é uma das mais eficientes *second best policies* por limitar o uso de instrumentos de comando e controle na definição dos limites de poluição (escala), deixando a alocação dos recursos por conta dos mecanismos de mercado. Para algumas interpretações de desenvolvimento sustentável da segunda corrente (Daly, 1996), a eficiência desse tipo de política resulta, ao contrário, da limitação do uso de instrumentos econômicos (de mercado) à alocação dos recursos, deixando a determinação da escala ao Estado através de instrumentos de comando e controle. Os indicadores de eficiência energética são extremamente úteis para determinar cotas de emissão de CO_2 e outras emissões, fazer comparações entre as tecnologias aplicadas e elaborar séries de dados.

Tais indicadores ainda podem ser elaborados com a finalidade de comparar eficiência entre países, empresas e setores, determinando as influências tecnológicas, alocativas e políticas que podem determinar o comportamento da sociedade em relação à eficiência energética e às medidas para diminuir as emissões. Os indicadores de eficiência energética ainda podem servir de base para determinações de cotas de poluição e emissões de títulos negociáveis entre os que emitiram poluição, acima ou abaixo da cota determinada, satisfazendo assim a teoria neoclássica quanto à sua defesa do mercado e da determinação do ponto ótimo de poluição. Esses títulos poderão ser negociáveis em uma zona de comércio preestabelecida, dentro da qual fonte de um dado poluente terá autorização para serem compradas e vendidas.

O Estado, através dos indicadores diversos, por sua vez, poderá cobrar imposto ambiental (tributário). Tal imposto sera computado com base a qualidade e quantidade de efluentes descarregados no meio ambiente pela indústria. Esse imposto poderá ser cobrado sobre suas emissões, sobre os afluentes, sobre os resíduos sólidos e ainda sobre

Digitized by Google

determinados insumos antes do processo produtivo; quando não for possível taxar nem o insumo, nem o processo produtivo, o imposto poderá recair sobre o produto final. Esse tipo de tributação incentivará o desenvolvimento e aplicação de tecnologias limpas.

1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indicadores de eficiência energética conforme mostrado neste trabalho pode indicar caminhos, porém é a vontade política e a conscientização ambiental da humanidade que farão com que sejam formuladas políticas adequadas para utilização eficiente dos recursos naturais e para a preservação dos ecossistemas. Os indicadores poderão fornecer dados com a finalidade de comparar eficiência energética entre países, empresas e setores, determinando as influências tecnológicas, alocativas e políticas que podem determinar o comportamento da sociedade em relação à eficiência energética e às medidas para diminuir as emissões de GEE e outros. Estes ainda podem servir de base para determinações de cotas de poluição e emissões de títulos negociáveis entre os que emitiram poluição, acima ou abaixo da cota determinada, políticas relacionadas ao protocolo de Quioto poderão ser definidas a partir destes resultados. Os governos não podem mais desprezar a importância da preservação do meio ambiente por intermédio do uso eficiente dos recursos naturais. Produzir os mesmos ou melhores produtos com menos energia e outros recursos naturais deve ser uma meta, um propósito, de todas as indústrias e dever dos governos, por intermédio de uma regulamentação adequada, a fim de preservar os direitos das próximas gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALVIM. C.F.; Ferreira, O. C.; Eidelman, F.; Goldemberg. J., Energia Final e Equivalente - Procedimento Simplificado de Conversão. Revista Economia e Energia, nr. 18 -jan/fev. 2000. Disponível em: www.ecen.com/eee18/energqui.htm.

BAEHR (1965). In: Horta Nogueira, L.A.; Perez, S.A.N.; Oliveira Junior, S.; Mini-curso: Análise exegética de processos. SP. De 7 a 9 de Dezembro, 1994. p. 19

BEN: Balanço Energético Nacional. Ministério das Minas e Energia, disponível em: http://www.mme.gov.br, 2008

Digitized by Google

BOSSEBOEUF. D.; Chateau B.; Lapillonne B. Cross-country comparison on energy efficiency indicators: the on-going European effort towards a common methodology. Energy Policy. V. 25. No. 7-9. 1997. p. 673-682.

CLEVELAND, C.J., Ruth, M. Capital humano, capital natural e limites biofísicos no processo econômico. In: CAVALCANTI, C. Meio Ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997.

Daly, H. Beyond growth. The economics of sustainable development. Boston: Beacon Press, 1996.

DALY, H. Políticas para o desenvolvimento sustentável. In: CAVALCANTI, C. Meio Ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997.

DUNN, S. Descarbonizando a economia energética, In: State of the World 2001 (versão em português), ed. ONU, NY/USA, 2002. p. 89-110.

EICHHAMMER, W.; Mannsbart W. Industrial energy efficiency. Indicators for a European cross-country comparison of energy efficiency in the manufacturing industry. Energy Policy. Vol.25. no 7-9, 1997. p. 759-772.

ENRIQUE, J.E.; Mallol, G.; Páramo, M.; Salvá, Influencia de la evolución tecnológica sobre el consumo energético de la fabricación de baldosas cerámicas., E. Cerámica Información, no 222. 1996. p.3-12.

FERRARI, Kátia Regina "Aspectos ambientais do processo de fabricação de placas de revestimentos cerâmicos (via úmida), com ênfase nos efluentes líquidos". São Paulo, 2000. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

FERREIRA, O. C, Entropia, economia e desenvolvimento social. feu@ecen.com.
FIGUEIREDO Filho, P.M.; Ferrari, K.R.; Ariola, E.E.; Monaco, O.A.; Almeida, E. B. de; Tomi,

GOLDEMBERG, J. Energia, meio ambiente & desenvolvimento, Mimeo, SP, 1997.
Goldemberg, J., Johansson, T.B., Reddy, A.K.N.,Williams, R.H. Energia para o desenvolvimento, São Paulo: T.A Queiroz. 1988

GOLDEMBERG, J. Energia, suas fontes e seus usos. Mimeo, SP,1983.

GOLDEMBERG, J. e Lucon, O. “Energia e meio ambiente no Brasil”, Estudos Avançados - Dossiê Energia. Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados, 21 (59) (2007).

HADDAD, J.; Aguiar, S.C. (Orgs.). Eficiência energética: integrando usos e reduzindo desperdícios, Brasília, Agência Nacional de Energia Elétrica -ANEEL; Agência Nacional do Petróleo ANP, 1999.

Digitized by Google

HENRIQUES Jr., M. F. *et al*li, Manual de conservação de energia na indústria de cerâmica vermelha, INT -Instituto Nacional de Tecnologia, R. J., 1993.

HORTA NOGUEIRA, L.A.; Perez, S.A.N.; Oliveira Junior, S.; Mini-curso: Análise exegética de processos. SP. De 7 a 9 de Dezembro, 1994.

IPEAE: Institut per a la Promocio d'Energies Alternatives i Estalvi Energetic. Ahorro energético en el sector azulejero, Valencia, 1983. 1o edição e Consellería de Industria, Comércio y Turismo, 1990, 2o edição.

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, disponível em: www.ipt.br.

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Conservação de Energia na Indústria Cerâmica Manual de recomendações. São Paulo, 1980.

KLINT, F, Alcantará, V. De la economía ambiental y la economía ecológica. Barcelona: Icaria, 1994.

KOTAS (1995). In: Horta Nogueira, L.A.; Perez, S.A.N.; Oliveira Junior, S.; Mini-curso: Análise exegética de processos. SP. De 7 a 9 de Dezembro, 1994. p. 19.

LIZARRAGA, J.M.S. Termodinâmica de fluídos y el método de análisis exergético, 1987. In: Minicurso: Análise exergética de processos. Horta Nogueira, L.A.; Perez, S.A.N.; Oliveira Junior, S. SP de 7 a 9 de Dezembro, 1994.

MENDONÇA, M. J. C. & Gutierez, M. B. S., O efeito estufa e o setor energético brasileiro. Texto para Discussão n. 719, abril de 2000, IPEA.

MERICO, L.F.K. Introdução à economia ecológica. Edit. da FURB, Blumenau, 1996 (Coleção Sociedade e Ambiente nr.1)

MEYER-Stamer J.; Maggi C.; Seibel S. Globalização e os clusters de cerâmica de revestimento italiano, espanhol e brasileiro: o espaço para governança e upgrading na integração em cadeias de valor globais, 2000.

MME: Ministério das Minas e Energia, disponível em: http://www.mme.gov.br

MONFORT, E..M.; López,I.C.; Mallol G. Cuestiones sobre médio ambiente para um técnico Del sector cerâmico. ITC, 1999.

NAGATA, Y., The US/Japan comparison of energy intensity. Estimating the real gap. Energy policy. Vol. 25. NO 7-9. 1997. p. 683-691.

NORGAARD, R. Development betrayed. The end of progress and a coevolutionary revisioning of the future. London: Routledge, 1994.

NORGAARD, R., Howarth, R. Sustainability and discounting the future. In: Costanza, R. (Ed.).

Digitized by Google

ECOLOGICAL ECONOMICS; THE SCIENCE AND MANAGEMENT OF SUSTAINABILITY. Columbia University Press, 1991.

NORGAARD, R. Valoração ambiental na busca de um futuro sustentável. In: Cavalcanti, C. Meio Ambiente desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997.

OLIVEIRA JÚNIOR, S. Análise termodinâmica e termoeconômica de processos de conversão de energia. Mineo. 1996.

PATTERSON. M.G. What is energy efficiency? Energy Policy. Vol. 24. No 5. 1996. p.355-390.

PHYLIPSEN. G.J..M. & Blok, K.; Worrel E., Internacional comparisons of energy efficiency-methodologies for the manufacturing industry. Energy Policy, V. 25 No 7-9, 1997, p. 715

POLIDORO, H.A. Seleção de indicadores de desenvolvimento sustentável para indústrias do setor siderúrgico. Tese de doutorado: Universidade de Campinas,Faculdade de Engenharia Mecânica, 2000.

SACHS, I.. Ecodesenvolvimento. Crescer sem destruir. São Paulo: Editora Vértice, 1986.

SCHIPPER L.; Grubb M. On the rebound? Feedback between energy intensives and energy uses in IEA countries. Energy Policy. Vol. 28 No 6-7, 2000. p. 367-388.

SHENG, F. Valores em mudança e construção de uma sociedade sustentável. In: Cavalcanti, C.

MEIO AMBIENTE, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E POLÍTICAS PÚBLICAS. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997.

SZARGUT (1980). In: Horta Nogueira, L.A.; Perez, S.A.N.; Oliveira Junior, S.; Mini-curso: Análise exegética de processos. SP. De 7 a 9 de Dezembro, 1994. p. 21.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento econômico e meio ambiente; algumas considerações. Revista de Análise Econômica, Porto Alegre, n. 9, set. 1991.

ROMEIRO, A. R, Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares. Texto para Discussão n. 68, IE/UNICAMP.

ROMEIRO, A. R., Salles Filho, S. Dinâmica de inovações sob restrição ambiental. In: Romeiro, A. R., REYDON, B., Leonardi, M. L. (Org.). Economia do meio ambiente. Campinas: Instituto de Economia/EMBRAPA, 1997.

Digitized by Google

CAPITULO II

BIOCOMBUSTÍVEIS E MARCO REGULATÓRIO: EVOLUÇÃO RECENTE

Mauro Donizeti Berni
Sinclair Mallet Guy Guerra

Digitized by Google

BIOCOMBUSTÍVEIS E MARCO REGULATÓRIO: EVOLUÇÃO RECENTE[4]

Mauro Donizeti Berni[5]
Sinclair Mallet Guy Guerra[6]

.

RESUMO

A excessiva dependência de energia das sociedades atuais, e a preocupação crescente com as potenciais alterações climáticas associadas, motivam a implantação de sistemas energéticos com base em recursos de origem renovável, de forma a tornar os sistemas econômicos mais sustentáveis. Neste contexto, o Brasil por possuir vasta experiência na produção de bioenergia, além de poder incrementar a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional, tem tudo para capitanear a expansão e participar como fornecedor de rotas tecnológicas para a sua produção, a nível mundial. Este trabalho mostra a evolução recente do marco regulatório para os biocombustíveis, bem como as suas principais rotas tecnológicas, e indica as possíveis alternativas para garantir a sustentabilidade para a produção e uso no País.

Palavras-chave: Meio ambiente, Direito ambiental, Economia da Energia.
Classificação JEL: Q49

2.1 INTRODUÇÃO

Os biocombustíveis são colocados no centro da agenda energética mundial, sendo parte da solução para o problema das mudanças climáticas. O Brasil, por possuir vasta experiência na produção e uso de biocombustíveis, certamente deve se beneficiar com uma expansão do consumo de etanol e biodiesel. Todavia, antes de se pensar em aumento de produção dos biocombustíveis, é necessário levantar os marcos regulatórios existentes, para então daí, buscar estabelecer padrões via legislação que fomente a ampliação da produção e o desenvolvimento tecnológico, visando não só atender

[4] Este trabalho integra um estudo maior, sobre o mesmo tema, desenvolvido pelos autores e que vem sendo publicado por partes.
[5] Professor NIPE/UNICAMP
[6] Professor PIPGE/IEE/USP.

Digitized by Google

mercado interno, mas também participar efetivamente no mercado externo, de forma sustentada. No caso brasileiro, o estabelecimento desses padrões é fundamental, já que há inúmeros riscos associados a uma expansão da produção de etanol, como por exemplo, a redução de lavouras de alimentos; aumento do uso de água e agrotóxicos; queima de resíduos da cana-de-açúcar e aumento do desmatamento, entre outros.

2.2. EVOLUÇÃO RECENTE DOS BIOCOMBUSTÍVEIS: PRODUÇÃO

O Brasil obteve um crescimento bastante bem-sucedido de sua produção de etanol, atingindo hoje 40% da oferta nacional de combustível, cerca de 15,9 bilhões de litros por ano (l/ano), segundo o balanço final da safra divulgado pela ÚNICA, em dezembro de 2006 (www.unica.org.br). No entanto, há poucas razões para se acreditar que toda a produção de etanol no Brasil e na América Latina pode significar uma oferta capaz de suprir, por exemplo, a demanda norte-americana por gasolina, que fica em 520 bilhões l/ano e ainda cresce a um ritmo constante (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 Etanol e Gasolina, alguns números Brasil e EUA

Ano	2005	2017
Produção Etanol EUA	15	60
Produção Etanol Brasil	15	nd
Exportações Etanol Brasil	2,3	nd
Demanda gasolina EUA	520	600

Obs.: nd = não disponível
Fonte:www.ethanolrfa.org/objects/pdf/outlook/outlook_2006.pdf, www.olade.org/biocombustibles/Documents/PDF.pdf, www.eia.doe.gov/oiaf/forecasting.html.

O Brasil é líder na produção de biocombustíveis, mas esta liderança não se reflete na mesma medida na visão futura de sustentabilidade, no longo prazo, nos mercados. A sustentabilidade global da área de biocombustíveis prescinde de marcos regulatórios adicionais. A produção de biocombustíveis encontra-se em expansão, com expectativas de crescimento sem precedentes. No caso do biodiesel, a capacidade produtiva já ultrapassou os 1 bilhão de litros anuais, sem ter-se completado ajustes tributários, logísticos, qualidade e regulação.

Digitized by Google

Se por um lado, ao grande e consolidado mercado interno dos biocombustíveis, somam-se as novas forças de expansão da produção representadas pelos motores "*flexfuel*" e pelo mercado internacional, hoje caracterizado pela ascensão dos preços do petróleo, pelos compromissos de redução das emissões de CO2 assumidos pelos paises desenvolvidos junto ao Protocolo de Kiyoto, por outro, o atendimento desta vasta e ascendente demanda aponta na direção do avanço das monoculturas e de seus impactos sociais e ambientais no território nacional que demandam esforços de toda a sociedade, encabeçado pelo Estado, para serem mitigados.

2.3 OPORTUNIDADES DE MERCADO PARA OS BIOCOMBUSTÍVEIS

A sustentabilidade dos biocombustíveis requer maior responsabilidade, austeridade e equidade nos padrões de consumo e uso racional, cuja demanda tem contribuído para a especialização e homogeneização do uso da terra e para a disponibilização de recursos naturais ao mercado global, fatores que podem colocar em risco a sustentabilidade das populações e do ambiente nos países produtores. Neste contexto, insere-se a necessidade de se avaliar o estágio regulatório atual e a necessidade de novos marcos regulatórios subsidiando a formulação de políticas públicas pensando no desenvolvimento econômico sustentado do País, tendo em vista as vantagens e desvantagens da adoção de biocombustíveis na matriz energética, bem como fornecendo ao mercado externo.

Em uma economia de mercado, é extremamente importante assinalar o verdadeiro custo de um produto ou recurso a fim de que o consumidor possa contribuir para o uso racional do mesmo. É ainda necessário que se promova a conscientização da importância de preservar o meio ambiente e que se procure alternativas que facilitem esse processo. A otimização no uso da energia pode ser conseguida com medidas do lado da oferta, racionalizando-se a produção e distribuição, quanto do lado da demanda. A demanda pode ser influenciada, por exemplo, pela regulamentação de preços no

Digitized by Google

sentido de refletir os verdadeiros custos de produção e impactos ambientais. O uso racional[7] de energia poderá implicar em considerável economia para o consumidor.
Uma concepção moderna para gerenciar setores de infra-estrutura energética, deve possuir três instrumentos bem distintos e complementares: formulação de políticas públicas; planejamento energético e regulação (BAJAY e BADANHAN, 2004). Para efeito da utilização de incentivos tributários como forma de viabilização de programas de fomento aos biocombustíveis, no âmbito da iniciativa privada, exige-se que do lado governamental, os instrumentos em questão, sejam explícitos e utilizados de uma forma autônoma entre si, mas fortemente complementar, repassando e garantindo a possibilidade de uma ambiente econômico e energético na economia, sem mudanças de regras no longo prazo.

O mercado de biocombustíveis prescinde de regulação visando subsidiar o estabelecimento e implantação de políticas públicas, na medida em que o sistema econômico, em sendo uma economia aberta, é dinâmico, precisando de parâmetros tecnológicos, legais e de sustentabilidade ambiental, para orientar o modo pelo qual a sociedade se organiza e institucionaliza as atividades de produção e distribui os bens econômicos, a fim de dar conta das necessidades econômicas manifestada no contexto social, interno e externo. Cabem às instituições que integram o sistema econômico três funções básicas:

i) permitir critérios coerentes para a tomada de decisões;
ii) estabelecer mecanismos aptos à concatenação dessas decisões e
iii) estabelecer um método de controle destinado a impedir ou eliminar decisões contrárias aos regulamentos e a legalidade.

Por outro lado, observe-se que apesar da vigente Constituição brasileira e da quase totalidade das constituições ocidentais proclamarem haver instituído Estados democráticos e sociais de Direito, não há como fechar os olhos para as transformações que vêm ocorrendo na sociedade, no âmbito social, tecnológico, energético e ambiental, sobretudo diante do efeito estufa e das perspectivas de sobrevida da raça humana no

[7] Entende-se por racionalização uma série de medidas que têm em vista a redução do consumo sem que haja perda de comodidade por parte do consumidor.

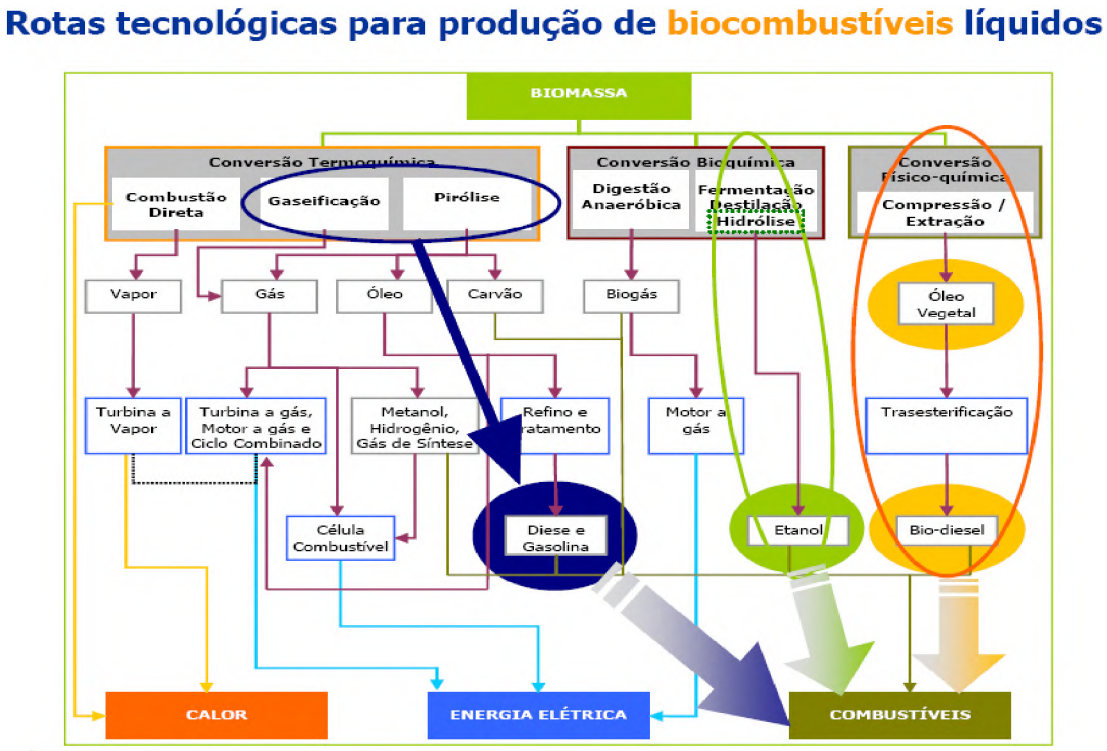
Digitized by Google

planeta, o que confirma a recíproca influência existente entre a ordem jurídica e a ordem social na qual se insere.

2.4 BIOCOMBUSTÍVEIS E MARCO REGULATÓRIO: EVOLUÇÃO RECENTE

O Estado brasileiro tem proclamado a liderança da área dos biocombustíveis, todavia não está preparado para aproveitar as oportunidades. Por exemplo, no caso do álcool combustível, apesar da alta produtividade, o País é limitado pela forte demanda interna e pela falta de marco regulatório para orientar o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro. As preocupações mundiais com o aquecimento global levam a uma corrida a biocombustíveis – não emitem monóxido de carbono. Isto eleva a demanda, mas o Brasil ainda não tem um marco que garanta o atendimento do mercado interno e regule estoques de álcool combustível, bem como não criou políticas públicas para incentivar exportações, não só do álcool combustível, mas rotas tecnológicas (Figura 2.1), equipamentos para montagem de usinas, motores de automóveis "flex-fuel" ou modelos de gestão.

Figura 2.1



Fonte: MAPA, 2005

Digitized by Google

Entre as principais orientações de desenvolvimento tecnológico no mundo para a produção de biocombustíveis, destacam-se:

i) hidrólise: rota celulósica para a produção de etanol;
ii) biorefinaria: produção de hidrocarbonetos e produtos químicos a partir da biomassa;
iii) biotecnologia: produção de biomassa com maiores teores de celulose; e
iv) tecnologia agrícola: recuperação de resíduos celulósicos como folhas, caules, palhas e cascas, entre outros.

O principal marco regulatório relativo ao desenvolvimento da indústria de biocombustíveis no País, para o setor energético foi o Programa Nacional do Álcool – PROÁLCOOL, instituído pelo Decreto 76.593, de 14 de novembro de 1975. O programa visava o atendimento das necessidades do mercado interno e externo e da política de combustíveis automotivos. O Decreto criou também o Instituto do Açúcar e do Álcool – IAA para controlar a indústria sucro-alcooleira, à época, ação julgada necessária devido ao papel estratégico do açúcar na pauta de exportações e do álcool na matriz energética.

O mercado de álcool combustível, apesar do ambiente de livre mercado vigente, possui algumas características que impõem ao Governo Federal a necessidade de dispor de mecanismos de regulação, principalmente devido à sua produção ser sazonal, o que leva à formação de estoques, demandando capital de giro a baixo custo, como forma de minimizar os riscos de flutuação de preços e de desabastecimento do mercado no final da entressafra.

O Governo Federal promulgou em 19 de dezembro de 2001, a Lei 10.336, que instituiu a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico – CIDE, incidente sobre a importação e a comercialização de petróleo e derivados, gás natural e derivados e álcool etílico combustível. Em seguida, a Lei 10.453, de 13 de maio de 2002, definiu o conjunto de instrumentos de política econômica por meio dos quais o Governo Federal poderá intervir na produção e comercialização do álcool combustível. Outras ações de destaque foram a fixação dos níveis de mistura do álcool anidro à gasolina e a fixação de alíquotas menores do Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI para os veículos movidos a álcool, exceto para aqueles de até 1.000 cilindradas. Por outro lado, o País

Digitized by Google

ainda não possui, como já ocorre com a gasolina, de marco regulatório que discipline as exportações de álcool. No caso da gasolina, as exportações só são possíveis com o mercado interno abastecido.

O Programa Nacional de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos – PROÓLEO foi instituído em 1975 pela Resolução nº 7 do Conselho Nacional de Energia. O objetivo do programa foi o de gerar um excedente de óleo vegetal capaz de tornar seus custos de produção competitivos com os do petróleo. Previa-se uma substituição de 30% de óleo vegetal no óleo diesel, com perspectiva para a sua substituição integral em longo prazo. A chamada "crise do petróleo" (1972) foi a mola propulsora das pesquisas realizadas na época. Porém, a viabilidade econômica era questionável em valores: para 1980, a relação de preços internacionais óleos vegetais/petróleo, em barris equivalentes, era de 3,30 para o dendê; 3,54 para o girassol; 3,85 para a soja; e 4,54 para o amendoim. Com a queda dos preços do petróleo a partir de 1985, a viabilidade econômica ficou ainda mais prejudicada e o programa foi progressivamente esvaziado, embora oficialmente não tenha sido desativado (MAPA, 2005).

O Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM, foi criado em 1994, este programa é coordenado pelo Departamento de Desenvolvimento Energético – DNDE - do Ministério de Minas e Energia e tinha o objetivo de viabilizar o fornecimento de energia por meio de fontes renováveis e sustentáveis às populações não atendidas pela rede elétrica convencional. O programa considera o vetor energia importante, mas não exclusivo, para o desenvolvimento social das comunidades. Dessa forma, a seleção das localidades é articulada com outras iniciativas de desenvolvimento nas áreas da saúde, educação e agricultura e com o Programa Comunidade Solidária. Na sua execução o programa avalia aspectos fundamentais relativos à sustentabilidade técnica, econômica e comercial de geração de energia em áreas isoladas, utilizando fontes alternativas que não só as da biomassa, mas também a solar, eólica, e PCHs.

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, é uma autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia – MME. Foi criada pela Lei 9.427, de 26 de dezembro de 1996 e tem como atribuições regular e fiscalizar a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica; mediar os conflitos de interesses

Digitized by Google

entre os agentes do setor elétrico e deles com os consumidores; conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia; garantir tarifas justas; zelar pela qualidade do serviço; exigir investimentos; estimular a competição entre os operadores; e assegurar a universalização dos serviços. A missão da Agência é proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

Em 1997, promulga-se a Lei nº 9.478, de 06/08/97 que dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo. Entre os principais objetivos da lei destacam-se: a promoção da segurança energética com menor dependência externa, proteger os interesses do consumidor através da regulação e fiscalização do órgão regulador, incrementar a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional, promover a livre concorrência e a proteção do meio ambiente. Especificamente em relação aos biocombustíveis, a lei buscava garantir o suprimento interno, estabelecer modelo tributário específico para estimular o uso, expansão da produção para atendimento ao crescimento da demanda interna e externa de etanol e biodiesel, investimentos realizados pela iniciativa privada, e preços livres em toda a cadeia produtiva.

O Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas – PROINFRA, criado em 26 de abril de 2002, pela Lei 10.438, e revalidado pela Lei 10.762, de 11 de novembro de 2003. O programa tem por objetivo a diversificação da matriz energética a partir do aumento da participação das fontes renováveis de energia. É conferido enfoque na co-geração a partir de resíduos de biomassa, nas pequenas centrais hidrelétricas e na energia eólica.

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB-, é apresentado pelo governo como um instrumento de inclusão social e de desenvolvimento regional a partir da produção e uso do biodiesel de forma sustentável. O principal instrumento é a Lei 11.097, de janeiro de 2005, que estabelece como meta o percentual mínimo obrigatório de 5% de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado até o consumidor final, a ser alcançado no prazo de oito anos, sendo de três anos o prazo para atingir o percentual mínimo obrigatório intermediário de 2%. Ainda no âmbito dos biocombustíveis, tem-se (MAPA, 2005):

Digitized by Google

i) Lei 11.116 de 2005 que define o modelo tributário e marcação, permitindo a identificação e a quantificação do biodiesel quando adicionado ao óleo Diesel de petróleo e faz parte de um conjunto de ações destinadas a garantir a qualidade e inibir a adulteração deste produto a ser disponibilizado à sociedade em qualquer parte do território nacional (Cadernos NAE, 2005);

ii) Decreto 5.296 de 2004 que define alíquotas PIS/COFINS diferenciadas e Selo Social,

iii) Decreto n. 5.448 de 2005 que determina mistura de 2% biodiesel,

iv) Resolução CNPE n. 03/2005 que trata da redução do prazo para percentual mínimo intermediário de 2% restrito ao detentores do selo "combustível social",

v) Portaria MME n. 483/2005, que estabelece diretrizes para realização de leilões pela ANP de aquisição de biodiesel,

vi) Resolução ANP n. 31/2005 que estabelece regras e condições dos leilões públicos de aquisição de biodiesel,

vii) Resolução ANP n. 37/2005 que estabelece termos e condições de marcação do biodiesel para a sua identificação,

viii) Resolução n. 41/2004, que estabelece o que é ser um produtor de biodiesel como empresa , cooperativa ou consórcio de empresas autorizado pela ANP a exercer a atividade de produção de biodiesel, incluindo as obrigações do produtor de biodiesel,

ix) Resolução n. 42/2004 que estabelece a definição do biodiesel B100 e a Portaria ANP n. 240 de 2003, que estabelece outras misturas para testes e uso experimental, e

x) Resolução ANP n. 15/2006 determina as especificações do óleo Diesel B2.

O Plano Nacional de Agroenergia de 2005 integra a concepção e ações estratégicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em relação ao aproveitamento de produtos agrícolas para a produção de energia renovável. Orienta-se pelas diretrizes gerais de Governo, particularmente no documento de Diretrizes de Política de Agroenergia. O Plano contempla as principais cadeias produtivas. Como é o caso do etanol, do biodiesel e da biomassa florestal. A cadeia do biogás, resíduos agropecuários, agroindústria e RSU, também são contemplados, de forma integrada com os princípios do MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. O objetivo geral do Plano é

Digitized by Google

desenvolver e transferir conhecimento e tecnologias que contribuam para a produção sustentável da agricultura de energia e o uso racional da energia renovável, visando a competitividade do agronegócio brasileiro e o suporte às políticas públicas. Os objetivos específicos pretendem conceder apoio à mudança da matriz energética, com vistas à sua sustentabilidade; aumentar a participação de fontes de agroenergia na composição da matriz energética; e gerar condições para permitir a interiorização e regionalização do desenvolvimento. O fator ambiental também está presente, pois o plano objetiva contribuir para a redução das emissões de gases do efeito estufa.

As Diretrizes de Política de Agroenergia (2006-2011) tem como pano de fundo a análise da realidade e das perspectivas da matriz energética mundial. Estabelece um direcionamento nas políticas e ações públicas de Ministérios diretamente envolvidos no aproveitamento de oportunidades e do potencial da agroenergia brasileira, sob parâmetros de competitividade, sustentabilidade e equidade social e regional.

Além dos marcos referenciais citados acima, tem-se o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE). O PNE 2030, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE do Ministério de Minas e Energia, fundamenta-se nos seguintes procedimentos básicos para a projeção da demanda (DORILEO *et al*l, 2007):

i) cenarização macroeconômica para todas as variáveis e fatores cuja evolução está ligada a escolhas e decisões políticas não necessariamente relativas ao setor energético: cenários econômicos (taxa de crescimento do PIB, estrutura do PIB, estrutura da indústria, cenários nacionais e internacionais); cenários demográficos (taxa de crescimento da população, habitantes / domicílio, taxa de urbanização, regionalização, etc.); consideração de premissas como a caracterização do uso da energia, indicadores de consumo de energia, hipóteses de conservação, substituição de energéticos, posse e uso de equipamentos, evolução da frota de veículos e cenários tecnológicos;

ii) a análise *bottom-up*; detalhada com a desagregação da demanda de energia no tocante as formas de utilização (destinação) em cada segmento de consumo e serviço energético; e

iii) a energia final é obtida, então, a partir da energia útil, dos rendimentos de conversão de energia útil em final, para cada forma de utilização. Nas

Digitized by Google

projeções preliminares são considerados os parâmetros de controle: elasticidade do consumo de energia, elasticidade do consumo de eletricidade, intensidade energética, intensidade elétrica, consumos *per capita* de energia e de eletricidade e comparações internacionais. O modelo caracteriza os modos de consumo dos setores como também permite projetar a energia ofertada, incorporando-se opções de conservação de energia. A metodologia utilizada nas projeções do PNE 2030 considera três cenários econômicos mundiais que servem de referência para os cenários nacionais baseados em análises dos estudos no âmbito do PDEE 2006-2015, em avaliações de especialistas de diversos setores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), nas hipóteses de grupos de trabalho das empresas Shell (2005), Exxon – Mobil (2004), AIE (2204), DoE (2005) e outras, e na identificação dos condicionantes (tendências e incertezas: evolução do padrão de globalização, estrutura do poder político e econômico no mundo e solução de conflitos sociais, ambientais, étnicos etc.); seleção dos fatores críticos (variáveis centrais); e formulação de hipóteses plausíveis. Com os três cenários mundiais caracterizados, obtêm-se seis cenários nacionais considerando-se as trajetórias de crescimento da taxa média do PIB mundial nos cenários 2005-2030. Obtidas as taxas de crescimento do PIB nacional, o crescimento da população brasileira, a evolução da renda *per capita* e as mudanças na estrutura produtiva dos setores de demanda, distribui-se o PIB setorial, definindo-se as taxas de crescimento setoriais (agricultura, indústria e serviços). O PNE 2030 é um instrumento importante para o planejamento de longo prazo do setor energético do país, orientando tendências e balizando as alternativas de expansão do sistema nas próximas décadas através da orientação estratégica da expansão.

Outra importante ação está em discussão no Congresso Nacional: a proposta de criação da Agência Nacional de Energias Renováveis – ANER. A idéia foi apresentada em audiência pública, ocorrida em 16 de junho de 2004, na Comissão da Amazônia, Integração Nacional e de Desenvolvimento Regional da Câmara dos Deputados. Basicamente, o objetivo da proposta é a criação de uma agência de desenvolvimento destinada a fomentar a produção e o uso racional de energias renováveis para abastecimento dos mercados nacionais e internacionais.

Digitized by Google

Do exposto, observa-se que as ações do Governo Federal nos últimos anos tiveram um caráter estruturalista, com o objetivo explícito de que estas políticas criariam mecanismos para a indução do investimento em P&DI, diversificação da matriz energética, incentivo à ampliação do consumo e surgimento de novos negócios.

Uma avaliação dos resultados desse conjunto de marcos regulatórios aponta, por um lado, para resultados positivos, mostram o peso que a energia renovável possui na matriz energética nacional, cerca 44,4%, contra 13,2% no mundo, 6,1% na OCDE e de apenas 4,3% nos Estados, bem como a liderança mundial na tecnologia e na produção de etanol de cana-de-açúcar (BEN, 2006). Por outro lado, existem também alguns pontos que ainda merecem atenção, como a elevada concentração da produção nacional de cana-de-açúcar, com São Paulo sendo responsável por mais de 60% da produção, e principalmente a sustentabilidade questionável nas condições laborais e ambientais do setor sucro-alcooleiro.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil é um País reconhecidamente produtor de energia limpa devido a grande participação de hidroeletricidade na matriz energética. No entanto o uso de fontes renováveis derivadas da biomassa é pequeno, quando consideramos o imenso potencial existente. Torna-se assim evidente, que a promoção das fontes novas e renováveis de energia no Brasil ainda carece de um enfoque no planejamento e de marcos regulatórios que permitam sua expansão sem comprometer a confiança na continuidade da política assim como resolva o problema dos custos mais elevados e de financiamento.

O Brasil apresenta condições ideais para ser um dos maiores produtores mundial de biocombustíveis. As condições locais são favoráveis para os recursos derivados da biomassa, com destaque para o etanol, o biodiesel e os derivados de madeira. Essas condições creditam o país a ser um dos principais receptores de recursos financeiros provenientes do mercado de carbono no segmento de produção e uso de biomassa.

Porém, a baixa difusão tecnológica não permite garantir normas de qualidade internacionalmente definidas, os relativamente elevados investimentos iniciais, a

Digitized by Google

limitada capacidade de pesquisa de muitas de nossas universidades e o desconhecimento do setor privado das vantagens de uma maior utilização da biomassa como fonte de energia, constituem, na prática, obstáculos para uma maior valorização dos biocombustíveis.

A ANP e o Ministério de Minas e Energia defendem que entre os biocombustíveis, o álcool seja considerado uma "*commodity energética*", e tenha tratamento semelhante ao dado à gasolina para exportação. Todavia, não se observa nenhum arcabouço regulatório para o álcool, como já existe para a gasolina onde Decreto estabelece que, para haver exportação de gasolina, o mercado interno precisa estar atendido. Não há restrição para o álcool combustível.

Existem vários condicionantes ao pleno aproveitamento da biomassa, como os tecnológicos, políticos, culturais, econômicos, sociais, comerciais ou ambientais. A eliminação desses pontos críticos requer a construção de instalações em escala eficiente, uma pesquisa vigorosa de reduções de custo pela experiência, um controle rígido de custos e das despesas em gerais e a minimização do custo em áreas como P&D, assistência técnica, distribuição, etc. o que necessariamente passa por um novo marco regulatório. Assim, a solução de muitas dessas questões são inerentes e internas aos produtores e consumidores, porém, é possível uma intervenção governamental através da elaboração de um conjunto de políticas públicas de regulação, econômica, logística, meio ambiente, tributária e ambiental entre outras, bem como incentivos à agregação tecnológica.

Os cenários da área energética apontam para a progressiva redução das reservas de carbono fóssil. Os níveis críticos dessas reservas, aliados à crescente demanda energética da sociedade contemporânea, estão provocando a ascensão sustentada de preços do petróleo, situação essa agravada em razão de as reservas mais importantes deste produto estar concentradas em poucas regiões no mundo. Nesse contexto, a humanidade deve perseguir um novo conjunto de fontes de energia, sucedâneos ao carbono fóssil, base da energia por quase dois séculos.

Entre as energias renováveis, a biomassa poderá responder por parcela substantiva da oferta futura. No curto e médio prazo, a função da biomassa será a de propiciar uma

Digitized by Google

transição mais tranqüila rumo a uma matriz energética com maior participação da energia renovável, inclusive ampliando o horizonte de uso das atuais fontes de carbono fóssil. Subsidiariamente, o desenvolvimento de combustíveis derivados da biomassa, no Brasil, promoverá importante aumento de investimentos, empregos, renda e desenvolvimento tecnológico e será uma oportunidade para atender parte da crescente demanda mundial por combustíveis de reduzido impacto ambiental. Essa visão de futuro é plenamente aplicável ao Brasil, que poderá se constituir no maior provedor individual de energia renovável no mercado internacional de bioenergia. O Brasil já possui uma matriz energética com significativa participação de energias renováveis, tendo acumulado importante experiência na produção de álcool como combustível. A ampliação dessa participação na matriz, a partir da produção de biocombustíveis, propicia a oportunidade de executar políticas, de cunho social, ambiental e econômico, além de alinhar-se com ações de caráter estratégico no âmbito internacional.

No contexto dessas diretrizes, os biocombustíveis abrangem o etanol, o biodiesel, produtos derivados da madeira e RSU. É bom notar que existem inter-relações entre esses combustíveis, como o uso do etanol para a produção de biodiesel, a cogeração de eletricidade com resíduos da produção de etanol, ou o aproveitamento de resíduos de biomassa florestais e resíduos sólidos urbanos.

A concretização da expansão dos biocombustíveis pressupõe o alinhamento de diversas políticas públicas e regulação, como política tributária, de abastecimento, agrícola, agrária, creditícia, fiscal, energética, de ciência e tecnologia, ambiental, industrial, de comércio internacional e de relações exteriores e, quando for o caso, do seu desdobramento em legislação específica. Exemplos desse alinhamento podem ser encontrados nos modelos tributários que privilegiem, na fase embrionária, a produção de biocombustíveis que necessitam de escala para sua viabilização econômica.

A projeção do potencial dos biocombustíveis no Brasil, para os próximos 30 anos, pressupõe uma política de atração e fixação de capitais internacionais, a segurança patrimonial e contratual dos investidores, as condições para ampliação da oferta de matéria-prima e uma política de Ciência e Tecnologia que consolide o Brasil na fronteira da tecnologia dos biocombustíveis. Do ponto de vista do relacionamento internacional, além da atração de investidores, será necessário assumir a liderança da

Digitized by Google

formação de um mercado internacional de biocombustíveis. É importante também o alinhamento com os dispositivos dos acordos internacionais, em especial o Protocolo de Kyoto, pelos seus desdobramentos econômicos, como o mercado de carbono e pelas aberturas possíveis da estratégia geopolítica do governo brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

BAJAY, Sérgio Valdir; BADANHAN, Luís Fernando. *Energia no Brasil*: os próximos dez anos. Ministério das Minas e Energia – MME SEN / MME, 2004, 17. pgs.

BEN. Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional,* 2006 Disponível em: www.mme.gov.br. Acesso em: 21 março 2007.

Cadernos NAE, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Número 2/2005, *BIOCOMBUSTÍVEIS*, NAE-Secom/PR, 2005.

DORILEO, I.L, BERNI.M.D., LEITE, A.A.F., BAJAY, S.V., *"O PNE 2030 da EPE/MME e a AES 2020 do WWF – Uma análise comparativa sob as óticas do PIR e da eficiência energética"*, Trabalho submetido ao Congresso Brasileiro de Eficiência Energética-CBEE, 16 a 19/09/2007, Vitória, ES, Brasil.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano Nacional de Agroenergia, 2006-2011*. Brasília, 2005. 120 p. Disponível em: http://www.mme.gov.br. Acesso em: 10 junho 2006.

www.ethanolrfa.org/objects/pdf/outlook/outlook_2006.pdf,

www.eia.doe.gov/oiaf/forecasting.html

www.olade.org/biocombustibles/Documents/PDF.pdf,

www.unica.com.br

Digitized by Google

CAPITULO III

A TOMADA DE DECISÃO NA IMPLANTAÇÃO GASODUTO BRASIL-BOLÍVIA ENTRE 1997 E 2002

Yolanda Vieira de Abreu
Sinclair Mallet-Guy Guerra

Digitized by Google

A TOMADA DE DECISÃO NA IMPLANTAÇÃO GASODUTO BRASIL-BOLÍVIA ENTRE 1997 E 2002

Yolanda Vieira de Abreu[8]
Sinclair Mallet-Guy Guerra[9]

"Meu ideal político é a democracia, para que todo homem seja respeitado como indivíduo e nenhum venerado."
[Albert Einstein]

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo elaborar uma análise a respeito da indústria brasileira de gás natural utilizando rápidos esboços de microeconomia clássica para mostrar dificuldades encontradas na implantação do regime de livre mercado para o GN. Para tal são mencionados, tanto teóricos tradicionais e mais modernos desse ramo científico quanto aspectos práticos e reais da implantação do sistema nacional de distribuição de gás natural com suas carências e contradições.
Palavras chave: microeconomia; energia; gás natural.
Classificação JEL: D79

3.1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo analisar o comportamento de decisões no mercado brasileiro do gás natural (GN), tomando como base alguns dos princípios da teoria econômica atualmente em voga. O primeiro deles é, sem dúvida, o moderno dogma da "*mão invisível*". A microeconomia tem sido robustecida pelo desenvolvimento da teoria dos mercados contestáveis, para a qual contribuíram no plano internacional BAUMOL

[8] Universidade Federal de Tocantins: Departamento de Economia/Mestrado em Agroenergia. Palmas/TO, yolanda@uft.edu.br
[9] Professor Associado. PPGE/IEE/USP. São Paulo/SP, Brasil. sguerra@iee.usp.br

Digitized by Google

(1982) e no nacional, por exemplo, ARAUJO Jr (1996). O resgate da visão de CHANDLER (1977) é utilizado para demonstrar que a *mão visível* da administração, de certa forma, substituiu o mercado impessoal de SMITH[10].

O objetivo deste trabalho é elaborar uma análise a respeito da indústria brasileira de gás. Para isso, é feito um *survey* sobre o trabalho de outros autores para mostrar dificuldades encontradas na implantação do regime de livre mercado ao GN. Nesse caso, serão mencionados os estudos de PERCEBOIS & FINON (ambos *apud* Souza Dias *et al*, 1997). Uma vez feita essa constatação é retomada a Lei de Say para realizar a análise da oferta e da procura do mercado do gás oriundo da Bolívia. A teoria da preferência do consumidor e de como é realizada sua escolha, finaliza o estudo.

3.2. CONCEITOS E TEORIA

Neste tópico serão descritos, de maneira a agilizar o raciocínio proposto, os conceitos teóricos mencionados na introdução visando a analisar, discutir e explicar o que se compreende como dificuldades na atual fase de expansão da indústria do GN no Brasil.

Mercado

Segundo a versão predominante, entende-se por mercado um grupo de muitos compradores e vendedores que interagem entre si, resultando na possibilidade de troca. Tal grupo é integralmente competitivo quando nenhum daqueles detenha individualmente impacto significativo sobre os preços. Nesse caso, um único preço prevalecerá: o de mercado. Além dessa posição inicial, o modelo de concorrência perfeita para o mercado, criado pela economia clássica, tem como outras características prévias:

a) Compradores e vendedores têm o mais completo conhecimento dos preços e disponibilidades a respeito do mercado local e de outras praças;
b) Inexistência de significativas economias de escala, de modo a nenhum vendedor poder crescer a ponto de tornar-se o dominante;

[10] SMITH, Adam. Riqueza das Nações. Lisboa: Ed. Fundação Calouste Gulbenkian, 1981 e 1983

Digitized by Google

c) Inexistência de qualquer barreira à livre movimentação dos fatores de produção e dos empresários. Do lado da demanda além das características listadas para a oferta, ainda teria a homogeneidade do produto, ou seja, é indiferente comprar de um ou de outro vendedor.

A doutrina liberal, propugnada por SMITH e outros economistas, determina que a livre concorrência entre capitalistas constitui a situação ideal para a distribuição mais eficaz dos bens entre empresas e consumidores. Com o surgimento de monopólios e oligopólios, a livre concorrência desaparece, substituída pela controlada ou imperfeita. Para esses teóricos quando o mercado estava em desequilíbrio, a própria força do mercado o auto-regulava, significando dizer que a "*mão invisível*" o levava ao equilíbrio,

3.2.1 Estrutura de Mercado

A estrutura de monopólio existe quando uma empresa domina a oferta de determinado produto ou serviço sem substitutos. A de monopólio natural prevalece quando o tamanho ótimo de instalação e produção de uma empresa seria suficientemente grande para atender todo o mercado, de forma que existiria espaço para apenas uma empresa. O oligopólio forma-se quando um pequeno grupo de empresas detém a oferta de produtos e serviços.

A estrutura de monopsônio ocorre quando existe um só comprador para um produto. Nesse caso, mesmo quando existem vários produtores de um mesmo bem, os preços não são determinados pelos vendedores, mas pelo único comprador.

3.2.2. Mercados Contestáveis

Por definição, o mercado é contestável quando a entrada é totalmente livre e não há custos irrecuperáveis (BAUMOL,1982:3). Custos irrecuperáveis "*são aquela parte do investimento inicial que seria perdida se o investidor tivesse que sair do mercado*" (ORDOVER, 1990 *apud* ARAUJO Jr., 1996:40). Em outras palavras, não há segredos tecnológicos em mercados perfeitamente contestáveis e as empresas que ai competem podem facilmente sair a qualquer momento.

Digitized by Google

A utilização do conceito de mercados contestáveis não depende de sua relevância empírica. Como observou o próprio BAUMOL (1982:2), na vida real a contestabilidade total é tão rara quanto a concorrência perfeita, mas é mais geral que esta.

A noção de sustentabilidade de um mercado não exige que existam muitos concorrentes e nem condena os oligopólios ou que os monopólios sejam privados ou governamentais. Para que o mercado seja sustentável é imposto que, sob os preços atuais, nenhum concorrente potencial possa obter lucros ingressando naquele mercado (ARAÚJO Jr., 1996:40).

Quando um mercado possui as noções de contestabilidade e sustentabilidade, as empresas incumbentes não precisam de tarifas, subsídios, controles administrativos ou qualquer outra forma de apoio governamental para enfrentar a concorrência externa na economia interna. Assim, a sustentabilidade é uma forma de proteção estrutural do mercado mais eficiente que o protecionismo convencional porque não absorve recursos públicos, não gera *rent-seeking*[11] nem provoca distorção de preços.
Uma configuração industrial pode ser descrita pelo:

* vetor $(n, y_1, \ldots, y_n, p)$, em que n é o número de empresas incumbentes,
* y_i o vetor de produto produzido pela firma $\boldsymbol{i}$;
* $\boldsymbol{p}$ o vetor de preço;
* $\boldsymbol{D}\ (p)$ é a função de demanda do mercado e
* $c\ (y_i)$ é a função de custo da firma $\boldsymbol{i}$.

Essa configuração é *viável* se:

$$\text{å} y_i = D(p) \text{ sendo } y_i \geq \mathbf{o} \text{ e se } p_i - c_i \leq 0 \text{ para } \boldsymbol{i} = 1 \ldots, n.$$

[11] "Rent-seeking": Literalmente, busca de rendas, é a atividade de indivíduos e grupos de buscar rendas extra-mercado, para si próprios, através do controle do Estado. Tem origem na teoria neoclássica, que descreve como um dos sentidos da palavra " *rent*", exatamente o ganho que não tem origem nem no trabalho, nem no capital (BRESSER PEREIRA, 1997:27)

Digitized by Google

Essa configuração **é** *sustentável* se, além de satisfazer essas condições, os preços atuais forem tais que:

$$p_e y_e - c(y_e) \leq 0 \text{ para todos os } p_e \leq p \text{ e } y_e \leq D(p_e).$$

Assim, um mercado perfeitamente contestável se encontra em equilíbrio quando sua configuração é estável.

3.2.3. Regulamentação

Aspecto de tratamento mais recente na teoria econômica, a questão da necessidade da regulamentação é tratada de forma diferente pelos diversos teóricos que a abordam. Como na escola liberal clássica, os neo-liberais da década de trinta, acreditam que o mercado é regido por uma ordem natural formada a partir das livres decisões individuais e cuja mola mestra é o mecanismo dos preços. Entretanto, defendem o disciplinamento da economia de mercado, para garantir-lhe sobrevivência, e não acreditam na autodisciplina espontânea do sistema. O disciplinamento da ordem econômica seria feito pelo Estado, para combater os excessos da livre-concorrência, e pela criação dos chamados mercados concorrenciais, cujo grande e real exemplo pode ser o mercado comum europeu. Porém, seus últimos representantes, como HAYEK (1899-1992) e FRIEDMAN (1912 -...) têm ampliado a tese de que o Estado não deve interferir nos mercados e em nenhuma de suas forças e fatores. Para estes, quando o Estado assume a propriedade e a regulamentação dos negócios leva o país ao desastre, pavimenta o caminho para o totalitarismo e o conduz pela estrada da servidão.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DE GÁS NATURAL

Dá-se o nome de gás natural (GN) a uma mistura constituída fundamentalmente por hidrocarbonetos (especialmente metano), que existe na natureza, associado ou não ao petróleo. O gás natural também é denominado petróleo em estado gasoso. Suas características físico-químicas favorecem as possibilidades de substituição de outros energéticos, em particular, os derivados de petróleo e do carvão mineral. Segundo BEN Consolidado (2002), o maior consumidor de gás natural ainda é o setor energético (Tabela 3.1). No setor industrial, quando detalhado, verifica-se que gás natural ainda

Digitized by Google

não conseguiu um lugar de destaque nos principais setores eletro-intensivos como: Cerâmica, Ferro-Gusa e Aço, Papel e Celulose, Mineração e Transporte.

Tabela 3.1 - Consumo de GN por setor consumidor

Identificação	1999	2000	2001	2002
Setor Energético	11,4	16,1	16,2	16,0
Setor industrial	5,2	6,3	7,4	8,8
Setor residencial	0,3	0,5	0,6	0,8

Fonte: Elaboraçãoprópria*apud*BEN/Consolidado,2002.
www.mme.gov.br/ben/consolidados/anexo_t.2002.asp

Segundo a Agência Nacional de Petróleo (2002) e estrutura do gás natural no Brasil tem como características especificadas as descriminadas na Tabela 3.2. Tal tabela mostra que a queima e perda do GN do Brasil é maior do que o valor de importação nos anos de 1999 e 2000 e no ano de 2000 é aproximadamente 50% destas. Somente em 2002 os valores da queima e da perda de GN no Brasil fica abaixo de 50% do valor importado.

Tabela 3;2 Balanço do gás natural do Brasil 1999 – 2002

Especificação	Balanço do gás natural no Brasil (milhões m^3)			
	1999	2000	2001	2002
Importação	**400**	**2.211**	**4.608**	**5.269**
Produção	**11.855**	**13.283**	**13.999**	**15.525**
Reinjeção	1.600	2.729	3.027	3.383
Queima e perda	2.276	2.371	2.621	2.136
Consumo próprio total	2.333	2.931	3.032	3.219
Produção[1]	1.514	1.738	1.734	1.876
Refino, UPGNs e movimentação[2]	819	1.193	1.297	1.343
LGN[3]	431	579	584	622
Vendas[4]	5.349	6.583	9.088	11.100
Ajustes	267	302	255	334

Fontes: ANP/SCG, conforme a Portaria ANP n.º 43/98, para os dados de importação; ANP/SDP, conforme o Decreto n.º 2.705/98, para os dados de produção, reinjeção e queimas e perdas, a partir de 1999, e Petrobras/SERPLAN, para os anos anteriores; Petrobras/Unidade de Negócios Gás Natural, para os dados de consumo próprio, LGN e vendas, a partir de 1999, e Petrobras/SERPLAN, para os anos anteriores.

[1]Refere-se ao consumo próprio da Petrobras nas áreas de produção e nas UPGNs Urucu I e II, Guamaré I e II, Atalaia, Carmópolis, Candeias, Catu e Lagoa Parda.

[2]Refere-se ao consumo próprio da Petrobras nas áreas de refino e de movimentação de gás e nas UPGNs Lubnor, Cabiúnas I, II e III, e RPBC.

[3]Volume no estado gasoso.

[4]Inclui o consumo das Fábricas de Fertilizantes Nitrogenados (FAFEN) pertencentes à Petrobras.

Digitized by Google

3.3.1 Caracterização do transporte do gás natural no Brasil

O GN pode ser transportado por gasodutos, tanques rodoviários, ferroviários e por navios metaneros. O modo de transporte mais utilizado no Brasil, para que o GN chegue ás estações de abastecimento, são os gasodutos e os caminhões tanques transportadores. Estes são utilizados como alternativa para as estações localizadas a longa distância do gasoduto principal ou de algum ramal alimentador. Normalmente utilizam cilindros de grande capacidade de armazenamento de gás, interligados.
A malha atual de gasodutos no Brasil é composta por quatro troncos principais:

- Gasoduto nordeste (450 km) liga Guamaré (RN) a Cabo de Santo Agostinho (PE).
- O segundo interliga AL, SE e BA (500 km) abastecendo suas capitais e principalmente o pólo petroquímico de Camaçari.
- O terceiro gasoduto liga RJ e SP (755 Km), partindo de Campos dos Goytacases vai a Duque de Caxias daí prossegue até Volta Redonda (todas no RJ) seguindo para Suzano (SP). Este gasoduto tem rede de distribuição no RJ pela CEG (Companhia de Gás do Rio de Janeiro) e em SP pela COMGÁS.
- O quarto é o conhecido como Gasoduto Bolívia - Brasil de Santa Cruz de la Sierra (BO), passando por Corumbá e Campo Grande (ambas em MS), Campinas (SP) indo até Porto Alegre (BR), no Brasil.

As possíveis fontes internas de gás no País são representadas pelas reservas de Urucu e de Juruá (AM), bacia de Campos (RJ), bacias do recôncavo baiano, Estados de SE, de AL, de ES e na bacia de Santos (SP). Os possíveis fornecedores externos de gás para o Brasil, a curto e médio prazo são: a Bolívia e a Argentina, através de gasodutos; a Nigéria e outros países da África, através da importação de GNL em navios metaneiros. Por último, as reservas peruanas de Camisea passam a fazer parte do ideário de abastecimento brasileiro, ainda que se propaguem interesses da Califórnia em sua apropriação, via criogenia pelo Pacífico.

Digitized by Google

3.3.2 Estrutura da indústria do gás

A indústria do GN é formada de modo geral, pelo mesmo sistema de organização da indústria de rede (em que as funções são extremamente interligadas, como exploração/ produção/ transporte/ distribuição/ comercialização) e:

> *no qual o suprimento do serviço depende, previamente, da implantação das redes de transporte e de distribuição, bem como da posterior necessidade de coordenação dos fluxos e estoques (logística), visando o ajuste da oferta e da demanda* (KRAUSE *et alii*, 1998:4)

A indústria do GN, da mesma forma que outras indústrias de rede, apresenta as seguintes características:

- custos irrecuperáveis elevados (*sunk costs*),
- funções de custos distintas para as etapas de exploração/produção/ transporte/ distribuição, mas,
- apresentam economias de âmbito (sub-aditiva), significando menores custos ao se combinarem duas ou mais linhas de produção em uma única empresa;
- apresentam economias de escala e de escopo porque a razão entre custo médio e marginais é maior que a unidade (características de monopólios naturais e indústrias de rede)

No Brasil a maioria das empresas já foi reestruturada e privatizada e uma nova regulamentação para o setor vem sendo estabelecida. Essa nova estrutura tem forte presença de empresas oligopolistas internacionais, procurando reproduzir no país sua mesma forma de ação. Já é célebre na bibliografia econômica, tanto nacional, quanto internacional, o caso de uma ex – gigante americana de energia[12] a Enron que detinha interesses (alguns dos quais ainda permanecem) em usinas termoelétricas; no gasoduto principal entre Bolívia e Brasil, no ramal alimentador de Cuiabá (MT); em distribuidoras de eletricidade e em nove das principais distribuidoras de GN. Essa mesma multinacional, inclusive, manifestou interesse em explorar petróleo na Bacia de

[12] MARTA, J. M. C. e GUERRA, S. M. G. "*A empresa de energia: Caracterização e tendência econômica*", capítulo de livro em fase de publicação pelo LPP/UERJ, RJ, 2004.

Digitized by Google

Campos. Portanto, detém participação acionária em cada estágio da cadeia produtiva do GN: na exploração, no transporte, na distribuição, na comercialização, na transformação em um novo produto (eletricidade) e em sua comercialização. Lição de aluno bem aplicado: beneficiou-se da economia de escopo e de escala, para se fortalecer no mercado.

3.3.3 O Mercado do gás no Brasil e a teoria dos mercados contestáveis

Por suas características, o mercado de GN não é perfeitamente contestável. O mercado brasileiro de gás, portanto é incontestável, por apresentar custos irrecuperáveis, bem como barreiras à entrada como:

- Acesso especial às matérias-primas, por parte de algumas empresas;
- Controle especial de meios de transporte e distribuição, por algumas empresas;
- Vantagens diferenciais na produção ou comercialização, em virtude da posse de concessões;
- Franquias, licenças ou outros privilégios públicos, concedendo monopólio ou restringindo a concorrência;
- Legislação tarifária;
- Efeitos conjuntos de economias de escala e de escopo que determinam a relação entre custos de transação e de produção, que facilitam a formação de monopólios e oligopólios; Interdependência entre os produtores (gás/petróleo/eletricidade), ou seja, a atitude de um deles afeta os demais e vice-versa;
- Barreiras ao ingresso de novos produtores na indústria, determinadas pelo elevado volume de capital exigido para se instalarem (leilões em que o vencedor é aquele que oferece o maior lance), pela extensão do mercado (podendo a remuneração do capital investido não ser suficiente), pela preferência (dos consumidores) já estabelecida por certos produtos etc.

Esses itens não se excluem reciprocamente em todos os casos. O acesso às matérias-primas e a um outro item, como, por exemplo, poderes monopolistas, conferidos por concessões legais, que lhes dão direitos exclusivos sobre mercados lucrativos. Esse é o

Digitized by Google

caso das concessões brasileiras de gás, como, por exemplo, o da COMGÁS tem as seguintes reservas de mercado: Região Metropolitana de São Paulo e Administrativa de Campinas, Vale do Paraíba e Baixada Santista. Sua concessão é por trinta anos, com possibilidade de prorrogação por mais vinte anos. Essa empresa ainda tem regime de exclusividade durante todo o prazo de concessão sobre o sistema de distribuição e sua operação, sobre a comercialização a usuários residenciais e comerciais. Nos primeiros doze anos, exclusividade na comercialização aos demais usuários. Somente após esse período, a rede de distribuição será operada sob o regime de livre acesso a terceiros, mediante pagamento de tarifa pelo serviço de distribuição de gás canalizado. Nesse momento o usuário (não residencial e não comercial) poderá adquirir o gás de outro comercializador.

O requisito de sustentabilidade também não se verifica no mercado brasileiro do gás, uma vez que algumas empresas conseguem importá-lo a preços menores que os praticados pelos produtores e distribuidores brasileiros, os quais assim ingressam no mercado, obtendo lucros iguais ou maiores do que as empresas já existentes. A regulamentação passa a ser indispensável na indústria brasileira de gás, por não ter as características de contestabilidade e sustentabilidade. Diversos países vêem enfrentando esse mesmo problema, principalmente, depois dos anos oitenta.

3.4.4 A Regulamentação do mercado de gás natural

Nos anos oitenta e noventa, o modelo liberal privativista prevaleceu e evoluiu. Cresceu a expectativa na globalização, diminuiu a importância da geo-política e a crença no "livre mercado" voltou a tomar conta do cenário político e econômico. A evolução tecnológica na área de informática contribuiu para a evolução do sistema financeiro, dinamizou o mercado, aumentou opções que não se baseiam no Estado como avalista, diminuiu a assimetria de taxas de juros (acesso à informação de modo imediato sobre clientes, indústrias e países e, conseqüentemente, o fechamento de negócios com menos incertezas).

Esses conceitos teóricos e a prática realizada têm contribuído para que, nos últimos anos, as transações mundiais de gás e toda indústria com características de rede, venham apresentando mudanças em direção a um mercado concorrencial. Anteriormente o gás

Digitized by Google

era tido como um combustível "*nobre*", que não deveria ser utilizado na produção de energia elétrica, porém esse conceito mudou, com o avanço da tecnologia da turbina à gás, com isso as termelétricas à GN ganharam força. Sua produção foi diversificada e surgiram inúmeros agentes e diversos países interessados em explorá-lo e comercializá-lo. A reestruturação e a desverticalização da indústria do GN está sendo realizada com o intuito de facilitar a entrada de novos agentes nos diversos níveis da cadeia produtiva.

Um dos principais entraves ainda ao desenvolvimento do mercado de GN tem sido os custos relacionados com seu transporte. No Brasil, por exemplo, mais de 60% dos custos do GN nos *city gates* em São Paulo referem-se a encargos da capacidade de transporte (KRAUSE *et alii*, 1998:4).

No caso dos transportes, para PERCEBOIS (*apud* SOUZA DIAS *et alii*, 1997:80), um argumento contrário ao regime de mercado livre de gás é a necessidade de uma supra-estrutura regulatória encarregada da complexa verificação e monitoramento das diversas variáveis essenciais ao funcionamento do mesmo. Enquadram-se, neste conjunto de tarefas:

- "a verificação da existência de capacidade ociosa nas redes de transporte;
- a fixação de pedágios para a utilização da capacidade excedentária de transporte;
- o monitoramento constante, por parte da autoridade reguladora, da igualdade de tratamento entre os diversos usuários, não permitindo que os pequenos consumidores cativos venham a ser lesados.

> *A execução deste conjunto de tarefas exigiria, em resumo, uma estrutura de conhecimento e de intervenção contraditória em relação ao fim último perseguido, ou, em outras palavras, em nome da concorrência, o Estado seria obrigado a reforçar seus controles burocráticos".* (SOUZA DIAS *et alii*, 1997:80).

Para FINON (*apud* SOUZA DIAS *et alii*, 1997:80) a introdução de concorrência na industria do gás

Digitized by Google

"pode conduzir a um modelo confuso e ineficaz, reintroduzindo as imperfeições sob forma de perda de confiabilidade e da introdução de custos de transação importantes".

*A preocupação de PERCEBOIS (*op. cit, *p.80) é que com a introdução do mercado livre de gás, os contratos de longo prazo e as cláusulas* take or pay *estariam comprometidas, bem como os investimentos de longo prazo, uma vez que os preços de mercado poderiam indicar, de maneira incompleta e equivocada, as necessidades de longo prazo, assim, a expansão ótima da rede de dutos não se encontraria assegurada em regime de preços livres (ou seja, de livre acesso) (SOUZA DIAS e PIRES RODRIGUES, 1997:80).*

3.4 A "MÃO INVISÍVEL" DE SMITH E O MERCADO BRASILEIRO DE GÁS NATURAL.

Segundo os clássicos, o mercado poderia se auto-regular e quando isso não ocorresse a "*mão invisível*" o levaria automaticamente ao equilíbrio. Esse conceito foi primeiramente explorado por SMITH e se tornou um dogma.

Segundo CHANDLER (1977) as *mãos visíveis* da administração de certa forma substituíram o mercado impessoal de SMITH. De acordo com esse mesmo autor, as funções até então exercidas pelos mecanismos de mercado, agora são executadas pela moderna empresa, que assumiu as funções de coordenar o fluxo de bens através dos processos existentes de produção e distribuição e de dispor de maneira eficiente recursos financeiros e humanos para a produção e distribuição futuras.

No caso da indústria brasileira de gás e em especial do gasoduto Bolívia - Brasil a *mão visível* tem os seguintes nomes — Estado, Petrobrás e BNDES — agentes com as seguintes atribuições:

- equilibrar demanda e oferta e atuar como comprador de última instância;
- garantir o pagamento do gás contratado da Bolívia;
- financiar e garantir a construção do gasoduto Bolívia/Brasil;
- financiar as construções das termoelétricas;
- financiar os projetos de cogeração nas indústrias;

Digitized by Google

- exigir que as distribuidoras estaduais assinem contratos de compra com clausulas *take or pay* e *ship or pay;*
- financiar a construção de infra-estrutura para distribuição do gás;
- determinar tarifas tetos (*cap price)* ;
- regular as tarifas de forma a garantir uma receita suficiente para cobrir custos de operação, manutenção, impostos, encargos, depreciação e a rentabilidade estipulada;
- realizar o planejamento do setor, os leilões e coordenar o seu desenvolvimento;
- fiscalizar as concessionárias e
- determinar montantes a serem investidos e as áreas que devem ser desenvolvidas.

A "*mão invisível*" que, conforme SMITH, levava o mercado a promover os interesses da sociedade, no caso do gasoduto Bolívia - Brasil, foi totalmente assumida por empresas proto-estatais. Esse projeto seguiu o fluxo contrário de qualquer indústria de rede, primeiro a compra do combustível, depois o gasoduto e por fim a rede de distribuição, com os respectivos consumidores. O interessante é que sendo os sócios principais e majoritários do lado boliviano, em sua maioria multinacional, estrangeiras, não assumiram a coordenação da construção do gasoduto em solo boliviano, de cuja responsabilidade se encarregou a Petrobrás.

Outro conceito importante para os clássicos e que na indústria brasileira de gás foi aplicado com todas as letras é a Lei de Say. Selecionando o caso do gasoduto Bolívia - Brasil e analisando sua situação pode-se observar que essa lei, também conhecida como Leis dos Mercados, imperou. Segundo tal lei "*a oferta cria sua própria demanda*". Sendo assim, o governo assinou acordos com a Bolívia para a compra de "*x*" quantidade de gás, sem antes ter preparado o lado da demanda. Isso levaria a que o gás adquirido passasse a ter sua própria demanda. Enquanto tal não ocorre, o governo é obrigado a cobrir os custos de transporte e ainda garantir o pagamento do volume reservado.

A falta de um planejamento articulado entre as diversas fases que compõem o sistema de distribuição tem resultado em prejuízos financeiros e econômicos para o Brasil

Digitized by Google

(Tabela 3.3). Observa-se que hoje os proprietários majoritários das principais distribuidoras, também são os sócios do gasoduto Bolívia - Brasil, tanto do lado brasileiro, quanto também do lado boliviano.

Tabela 3.3
Volumes contratados pelas distribuidoras
visando comercialização

ANO	SP	MS	PR	SC	RS	TOTAL
0	4.000	100	-	-	-	4.000
1	4.600	2.150	1.000	1.800	1.200	10.750
2	5.200	4.750	1.100	1.850	1.380	14.280
3	5.760	4.850	1.200	1.900	1.500	15.210
4	6.350	7.950	1.300	2.000	1.580	19.180
5	6.930	8.050	1.450	2.050	1.650	20.130
6	7.520	8.200	1.600	2.150	1.750	21.220
7	8.100	8.200	1.750	2.200	1.850	22.100
8 ao 20	8.100	8.200	1.900	2.300	1950	22.450

Fonte: Revista Brasil Energia/Jan.99

Para exemplificar pode-se voltar a citar uma falida grande multinacional americana de energia que além de ser sócia do gasoduto o é também do gás na Bolívia, como mencionado (Tabela 3.4). Uma competente e renomada empresa de auditoria não se responsabilizaria pela assinatura de um tal contrato de compra de gás, com cláusulas tão rígidas, dadas não existir infra – estrutura para sua distribuição.

Tabela 3.4
Composição acionária inicial do gasoduto Bolívia/Brasil

Acionistas	Trecho na Bolívia (%)	Trecho Brasil (%)
Enron	29,75	7,00
Shell	29,75	7,00
Petrobrás	9,00	51,00
BTB	6,00	29,00
Outros	25,50	6,00
Total	100,00	100,00

Fonte: ENRON, 1999

Digitized by Google

A Bolívia não teria se recusado a aceitar um contrato mais apropriado à situação do mercado brasileiro, porque ela não tinha a quem oferecer tamanho volume de gás, uma vez que seu maior cliente, a Argentina, está comprando cada vez menos. A Bolívia tem dificuldade de escoar sua produção via metaneiros, uma vez que não tem acesso ao mar; suas fronteiras são cercadas pelas Cordilheiras dos "*Andes*" e "*La Reina*", que dificultam a construção dos gasodutos. Dentre os países vizinhos, o único que necessita comprar gás, se quiser aumentar o consumo desse produto em sua matriz energética é o Brasil, porque os outros, no momento, têm produção excedente de gás. Além disso, a opção por exportar GN por meio de gasodutos partindo de seu território, juntando-se as reservas de Camisea, no Perú, e daí seguindo em direção ao oceano Pacífico para, então, via criogenia, alcançar a Califórnia, ainda estava altamente embrionária.

Além do fato que o Brasil poderia optar por outro energético, que não fosse o gás natural, ou adquiri-lo de outras reservas acessíveis como pode ser visto na Tabela 3.5, a seguir. Se existe uma grande quantidade do produto e um só comprador viável, que seria o Brasil, a teoria diz que este teria oportunidade de barganhar e conseguir melhores condições de pagamento, uma vez no momento não existir outro adquirente.

Tabela 3.5
Reservas estrangeiras de GN acessíveis ao Brasil

Países	Reservas provadas de GN (trilhões m^3)			
	1999	**2000**	**2001**	**2002**
Argentina	0,69	0,75	0,78	0,76
Bolívia	0,12	0,52	0,68	0,68
Colômbia	0,20	0,20	0,12	0,13
Peru	0,25	0,25	0,25	0,25
Trinidad e Tobago	0,56	0,60	0,66	0,66
Venezuela	4,04	4,16	4,18	4,19
Argélia	4,52	4,52	4,52	4,52
Nigéria	3,51	3,51	3,51	3,51
Austrália	1,26	1,26	2,55	2,55

Fonte: Elaboração própria *apud* http://www.anp.gov.br/doc/anuario_estat/T1.5.xls

Esse fato transforma o país em monopsônio, ao significar que o comprador pode determinar as condições do mercado, uma vez que este gira em torno dele. Não aceitar

Digitized by Google

negociar o gás, segundo as condições econômicas possíveis e viáveis para o Brasil, significaria grande prejuízo para a Bolívia, já que este produto é uma de suas principais fonte de divisas.

Porém, até nesse momento a crença otimista de que a oferta cria sua própria demanda fez com que os negociadores brasileiros imaginassem que, como um "*passo de mágica*", as redes de transporte e de distribuição seriam construídas e que estando prontas, imediatamente os consumidores escolheriam consumir o GN ao invés de outros combustíveis. Esse tópico é tratado na microeconomia pela teoria da preferência do consumidor, a qual supõe que estes analisam todas as possibilidades antes de adquirir uma mercadoria.

3.5 A TEORIA DA PREFERÊNCIA E DA ESCOLHA DO CONSUMIDOR

A teoria da preferência do consumidor baseia-se na premissa de que os agentes se comportam de modo racional em sua tentativa de maximizar o grau de satisfação que podem obter, por meio da aquisição de uma determinada combinação de bens e serviços.

Os consumidores não poderiam decidir-se imediatamente por um bem, que não tinha a estrutura de sua indústria bem definida, tendo em vista que o governo anunciava a privatização das empresas de gás, não conheciam a estrutura de preço que seria praticado após a privatização e conseqüentemente não poderiam prever o volume que possivelmente iriam adquirir, tendo como premissa que seu orçamento era limitado.

O GN é um produto novo no mercado brasileiro, traz incertezas no presente e no futuro quanto a sua disponibilidade de fornecimento, seu preço, sua logística de distribuição. Portanto, trocar o combustível corrente por um novo, com tantas incertezas, poderia ser imprudente. Isso fez com que as indústrias não assinassem contratos de longo prazo e as distribuidoras não conseguissem vender quantidades suficientes como contrapartida aos já assinados.

Pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE, 1998) junto às distribuidoras de gás, com relação ao preço a ser praticado por cada um e a sua

Digitized by Google

disponibilidade de financiar a implantação da cogeração nas indústrias, mostra-nos a realidade a respeito da decisão tomada quanto a utilização do GN.

O Quadro 3.1 mostra o motivo da insegurança e a falta de motivação que tem levado a indústria à não substituir o energético que estava utilizando pelo gás natural.

> *A fixação dos preços dos combustíveis no Brasil tem sido utilizada pelo governo federal como instrumento de política econômica industrial e social* (CNI, 1989:20).

Quadro 3.1

É possível dar conhecimento da tabela de preços adotados para o gás natural?	
COMGÁS	Informou não ser possível.
CEGÁS	O preço do gás natural usado para fins de geração de energia elétrica tem redução de 13% em relação ao preço do gás natural para outros fins industriais.
CEG	Segundo a tabela oficial de preços fixada pelo Governo do Estado no contrato de concessão, CEG e RIOGÄS podem oferecer preços diferenciados conforme volume e modalidade de fornecimento. O gás para cogeração tem um preço especial que diminui com a potência instalada (Preço max. R$ 0,1350 / m^3, sem impostos)
SCGÁS	Até o mês de abril não havia concluído o estudo para definição da Tarifa do Gás Natural.
COMPAGÁS	Em fase de estudo; deverão contemplar preços em cascata, decrescentes com o aumento de volume. Não estão previstos preços especiais para cogeração.
GASMIG	A política tarifária obedece a uma redução de tarifa média para um aumento de volume contratado; não possui ainda política especial de preços para cogeração. É possível negociar tarifas especiais dependendo de condições específicas com garantia de consumo ou níveis de interruptibilidade.
Quais as condições mínimas necessárias para participação de sua empresa no desenvolvimento de unidades de cogeração?	
COMGÁS	Neste momento de privatização iminente, não estuda parcerias.
CEGÁS	Não vem adotando política de participação junto a consumidores no desenvolvimento de projetos de cogeração.
CEG	A indústria envolvida deverá fazer parte do Consórcio e o projeto deverá ter condições mínimas de rentabilidade.
SCGÁS	Está aberta a análise de propostas para participar em projetos de cogeração.
COMPAGÁS	Regulamentação da geração de energia, da venda do excedente, e da compra para garantir os períodos de manutenção junto à concessionária local.
GASMIG	Política tarifária adequada para o setor, considerando os benefícios esperados para o setor de distribuição de gás; tarifa de compra do gás natural diferenciada quando comercializada para cogeração; linhas de crédito que alavanquem economicamente o negócio tanto para o distribuidor quanto para o cogerador; associações com empresas detentoras de tecnologia para o desenvolvimento do negócio cogeração; associação com empresas concessionárias de energia elétrica nos projetos de cogeração.

Fonte: INEE, 1998.

No inicio do programa havia subsídios para os seguintes produtos:

Digitized by Google

- à nafta utilizada como matéria-prima nas industrias petroquímica e de fertilizantes;
- ao GLP de uso doméstico usado para cocção de alimentos em cerca de 70% dos lares brasileiros;
- ao Diesel em relação à gasolina, privilegiando o transporte coletivo de passageiros e o transporte rodoviário de cargas; (op. cit p.21)
- a eletricidade, para as empresas energos-intensivas

Esses subsídios também atuaram contra a utilização do GN nas indústrias e nos demais segmentos beneficiados pelo uso dos energéticos subsidiados. Por isso, entre outras razões, o governo percebendo a situação em que se encontravam a Petrobrás (Gaspetro) e as distribuidoras, incentivou a construção de termelétricas a gás, que no futuro consumiriam grandes volumes e poderiam assim garantir o pagamento do volume de gás já contratado pelo Brasil. No entanto, essas termelétricas encontraram obstáculos de todas os quilates e intensidade para serem posta em marcha, tais como dificuldades de financiamento, uma vez que não tinham contratos fechados de gás e nem garantia de fornecimento, além da não obtenção dos respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA). Outra opção é analisar se os consumidores residenciais poderiam consumir o GN. Dispondo das preferências e das restrições orçamentarias, pode-se então determinar como os consumidores individualmente fazem as escolhas de quanto adquirirão de cada mercadoria. Aqui se supõe que os consumidores façam esta escolha de maneira racional. Isto quer dizer que optarão por mercadorias, visando maximizar o grau de satisfação que poderão obter, considerando os orçamentos limitados de que dispõem.

Para esse caso, a opção utilizada atualmente[13] (GLP), é a do botijão com 13 kg com o preço estabelecido entre R$ 28,00 e R$ 30,00, em São Paulo, sendo comprado nos populares caminhões "*Pour Elise*"[14] de entrega das distribuidoras. No caso do gás canalizado, o preço pode vir a ser obtido a partir da fórmula cujo cálculo encontra-se aplicando:

[13] Trata-se de Julho de 2004, momento no qual há uma grande celeuma que considera a relação entre o poder aquisitivo do adquirente e o preço de venda.
[14] Os caminhões de venda/entrega domiciliar se anunciam tocando famosa e clássica composição de L. van Beethoven.

Digitized by Google

$$I = F + (CM*V),$$

onde

I = valor total a pagar

F = valor do termo fixo

CM = consumo mensal medido em m^3

V = valor do termo variável.

3.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira e grande conclusão a que se chega, no presente trabalho, é a de que é possível estabelecer críticas ao modelo adotado para a expansão do sistema nacional de distribuição de gás natural, usando as tradicionais ferramentas conceituais da microeconomia clássica — com sua roupagem moderna — para satisfazer aos seus apologistas.

Nessa linha, para que a indústria do gás torne-se viável, o primeiro passo é praticar um preço acessível à população e ao mesmo tempo em que realize um processo de esclarecimentos dos benefícios e da qualidade do gás natural quando comparados a outros energéticos.

Para que a indústria utilize o gás, é necessário que o preço praticado seja competitivo, comparado com os dos energéticos concorrentes, garantir o fornecimento da quantidade contratada e também viabilizar a venda de energia elétrica, que venha a ser produzida pelo sistema de cogeração. É muito importante que a indústria que tenha excedente de eletricidade possa colocá-la no mercado e obter um preço compatível com seus custos. Assim, o industrial terá incentivos para usar o GN.

Quanto as termelétricas, a maioria delas somente será viabilizada quando o governo através da "*mão visível*" dos agentes financeiros prover o financiamento para construção das mesmas.

As teorias tanto liberais como neoliberais, nesse tipo de indústria somente são utilizadas para que as empresas estatais possam ser privatizadas. No entanto, utilizando-se dos seus próprios conceitos pode-se provar que o capital privado, sem a ajuda do

Digitized by Google

Estado, dificilmente se manterá nesse tipo de negócio. No entanto, tendo o Estado e os organismos internacionais como parceiros, eles podem se apossar de toda a infra-estrutura de um país, sem correr nenhum tipo de risco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANP: Agência Nacional do Petróleo. Anuário Estatístico. www.anp.gov.br/anuario_est.

ABEGÁS: A desregulamentação do Mercado de combustíveis e o seu impacto no gás natural. Seminário Técnico Instituto de Engenharia. Kohlmann, R. (org.). SP, julho/99.

ARAÚJO Jr., J. T. Contestabilidade e integração econômica no Hemisfério Ocidental., SP: Revista de Economia Política, v. 16, n. 4(64), out.-dez 1996

BAUMOL, J. W. Contestable markets: an uprising in the theory of industry structure. **The American Review**, n. 1., 1-15, march, 1982.

BNDES, **Cadernos d e Infra-Estrutura n° 4** : Setor de GN - reservas, produção e consumo. Rio de Janeiro, 1997

BRESSER PEREIRA, L. C. Estratégia e estrutura para um novo estado, SP: **Revista Economia Política**, v. 7, n. 3(67), p. 27, jul-set. 1997.

CHANDLER, A. (1977). The Visible Hand: the managerial revolucion in American Business. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. Introduction.

CNI: Confederação Nacional da Indústria. Conselho para Assuntos de Energia. O gás natural e a indústria. Rio de Janeiro. CNI/COASE, janeiro. 1989.

INEE (1998) Instituto Nacional de Eficiência Energética. Fórum de Co-Geração. **Seminário cogeração & Geração Distribuída**, 14-16 de maio de 1998.

KRAUSE, G.G. *et al*, Nota Técnica n°3: **Estrutura e regulamentação do mercado de gás natural, experiência internacional**. São Paulo, setembro, 1998.

MME: Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional - Consolidado www.mme.gov.br/ben/consolidados/

PINDYCK. R. S. *et al*, **Microeconomia**, São Paulo: Mackon Books, 1994.
REVISTA BRASIL ENERGIA (1999). Apenas 105 MW fechados para usar gás boliviano, v. 218, jan/fev., 99.

REVISTA CARTA CAPITAL (1999). Combustão plena. Ano IV, n° 100, SP, junho/99.

SANTOS, E. M. *et al*ii, Gás natural Estratégias para uma energia nova no Brasil, ed. Annablume, SP, 2002

Digitized by Google

SOUZA DIAS,D. *et al*, Regulação das indústrias de rede: o caso dos setores da infra-estrutura energética, SP: **Revista de Economia Política**, vol. 7, n.º 3 (67), ed. 34, julho-setembro,1997.

VARIAN, H.R. **Microeconomia**. 2°ed. RJ:Campus,1993

Digitized by Google

CAPITULO IV

PANORAMA DA BIOMASSA FLORESTAL PRIMÁRIA NO BRASIL

Crislane Maria da Silva
Heloísa Rodrigues Nascimento
Yolanda Vieira de Abreu

Digitized by Google

PANORAMA DA BIOMASSA FLORESTAL PRIMÁRIA NO BRASIL

Crislane Maria da Silva[15]
Heloísa Rodrigues Nascimento[15]
Yolanda Vieira de Abreu[16]

RESUMO

Este artigo apresenta as possibilidades e o panorama de utilização da biomassa florestal para geração de energia no Brasil. A utilização da biomassa florestal é apoiada principalmente no uso direto de produtos tradicionais como carvão vegetal e a lenha, no entanto, o desenvolvimento de produtos como maior poder calorífico e melhores condições de armazenamento podem ser obtidos por meio da densificação de resíduos da biomassa florestal, originando produtos como pellets e briquetes. Outra possibilidade de conversões mais eficientes para uso indireto da biomassa é por meio das tecnologias de gaseificação, pirólise rápida e hidrólise lignocelulolítica, para obtenção de produtos de uso versátil e como maior valor agregado, como gás, bio-óleo e álcool. A diversificação de produtos oferece oportunidades para a utilização da biomassa florestal como fonte de energia limpa e renovável para o Brasil e ampliação dessas fontes na Matriz Energética Nacional. Representa um fator de inclusão social por possibilitar geração de renda e suprimento de demandas energéticas em comunidades isoladas do país.

Palavras-chaves: biomassa florestal, energia renovável, florestas plantadas.

4.1 - INTRODUÇÃO

Uma das primeiras utilizações da biomassa pelo homem para obtenção de energia foi com a descoberta do fogo. O domínio do fogo e o desenvolvimento de técnicas

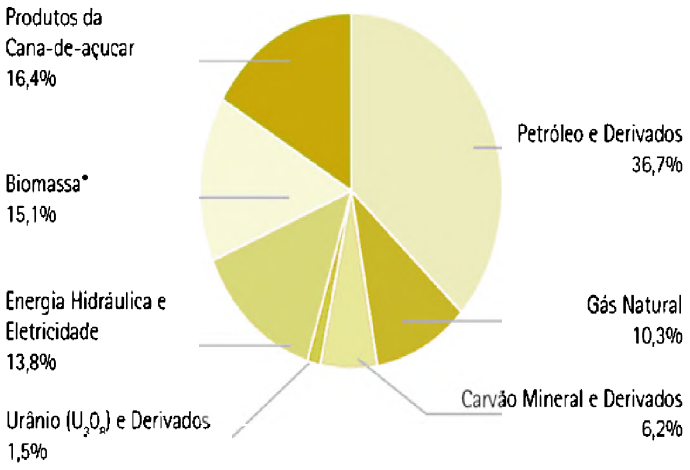
[15] Mestranda do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agroenergia pela Universidade Federal do Tocantins. e-mail: crislane@mail.uft.edu.br; heloisanascimento@yahoo.com.br
[16] Professora do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agroenergia pela Universidade Federal do Tocantins. e-mail: yolandaabreu@gmail.com.

Digitized by Google

possibilitaram a melhoria das condições de vida da época propiciando o cozimento dos alimentos, a formação de fogueiras para iluminar e proteger de outros animais, a fundição de metais para construção de armas e outros objetos, preparação de cerâmicas, e artefatos diversos.

A Revolução Industrial marcou o auge da importância do uso da lenha nas siderúrgicas. Com o aparecimento da máquina a vapor, a biomassa passou a ter aplicações na indústria e nos transportes, mesmo com o início da exploração dos combustíveis fósseis, a lenha continuou desempenhando importante papel energético, principalmente nos países tropicais (RODRIGUES, 2005).

Com a crise do petróleo na década de 70, os países, as indústrias e a comunidade científica internacional voltaram-se para o desenvolvimento de novas fontes de energia ou antigas mais aprimoradas tecnologicamente, principalmente as renováveis. No Brasil, a energia de biomassa deverá ser uma das principais alternativas, com ênfase para a biomassa florestal destinada ao atendimento das demandas residenciais urbanas, rurais, do setor industrial, em especial a siderurgia, ressaltando a dependência da população de baixa renda do país por essa energia (GRAUER, 2001).



Nota: * Inclui lenha, carvão vegetal e outras renováveis.

Gráfico 4.1: Participação das fontes renováveis na oferta interna de energia no Brasil.
Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE, 2009)

Digitized by Google

O Brasil se destaca neste cenário por ter sua matriz energética mais limpa, que a maioria dos países, uma vez que a participação de fontes de energias renováveis ser maior que as fontes não renováveis. Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2009, ano base 2008, 45,9% da oferta interna de energia (OIE) são oriundas de fontes de energia renovável, o que mostra a importância dos recursos renováveis na Matriz Energética Nacional. O Gráfico 4.1 apresenta a participação dessas fontes renováveis na OIE do Brasil, destacando-se 15,1% de participação da biomassa, ficando em terceiro lugar como fonte de energia utilizada no país.

Segundo o Balanço Energético Nacional no ano de 2008 a produção primária de lenha e carvão vegetal foi de 29.227 10^3 tep. Por meio da tabela 1, observa-se que as fontes de energia renovável obtiveram maior crescimento em relação às fontes de energia não-renovável na oferta interna de energia do ano de 2007 para 2008. Dentre as fontes renováveis, a lenha e o carvão vegetal, produtos da biomassa florestal, representam 25,2% da oferta interna de energia no ano de 2008.

Tabela 4.1 - Oferta Interna de Energia no Brasil

Fontes	Unidade	2007	2008	Δ%
Energia não-renovável	10^3 tep	129.102	136.616	5,5
Gás natural	10^3 tep	22.199	25.934	14,40
Derivados de Petróleo	10^3 tep	89.239	92.410	3,43
Nuclear	10^3 tep	3.309	3.709	10,78
Carvão Mineral e derivados[1]	10^3 tep	14.356	14.562	1,41
Energia Renovável	10^3 tep	109.420	115.981	5,66
Hidraúlica	10^3 tep	35.505	35.412	-0,26
Lenha e Carvão vegetal	10^3 tep	28.628	29.227	2,05
Derivados da Cana de Açúcar	10^3 tep	37.847	42.866	11,71
Outras renováveis	10^3 tep	7.440	8.475	12,21
Total	10^3 tep	238.522	252.596	5,57

*tep: Tonelada Equivalente de Petróleo
Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE, 2009).

Digitized by Google

Observa-se que a biomassa tem-se destacado em terceiro lugar dentre as fontes de energia renovável utilizadas no Brasil, ressalta-se ainda que a lenha e o carvão vegetal, ambos derivados da biomassa florestal atualmente representam 25,2% da participação na oferta interna de energia.

4.2. PRODUTOS DERIVADOS DA BIOMASSA FLORESTAL

De acordo com Simioni (2007), a biomassa de origem florestal, é uma forma de energia limpa, renovável, equilibrada com o meio ambiente rural e urbano, geradora de empregos e criadora de tecnologia própria. Além disso, permite a sua utilização como fonte alternativa de energia, seja pela queima de madeira, como o carvão, aproveitamento de resíduos da exploração e aproveitamento de óleos essenciais, alcatrão e ácido pirolenhoso e outros produtos derivados (COUTO *et al.*, 2000).

Segundo diretiva 2003/30/CE do Parlamento Europeu relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes, define a biomassa florestal como a fração biodegradável dos produtos e "resíduos" gerados na floresta e que são processados para fins energéticos (CCE, 2003). Como exemplos têm-se: lenha resultante do abate de árvores, resíduos provenientes da limpeza de florestas, ramos provenientes da poda de pomares, matos, desperdícios resultantes da indústria transformadora da madeira (Ver Figura 4.1).

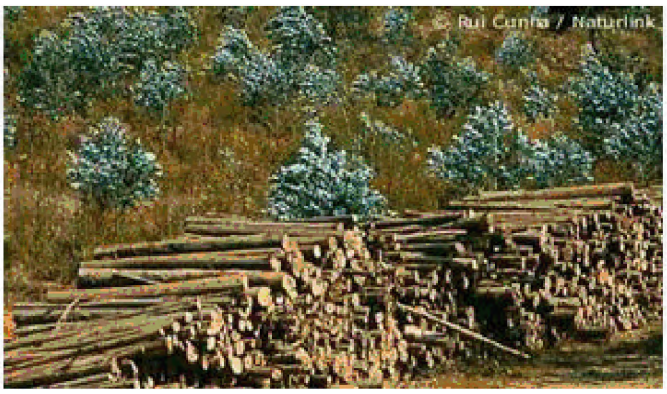


Figura 4.1: Exemplos da biomassa florestal.
Fonte: naturlink.sapo.pt/ResourcesUser/Agricultura%2...

Digitized by Google

A biomassa florestal é uma das vertentes abordadas no Plano Nacional de Agroenergia e nas Diretrizes de Política de Agroenergia, ambos os documentos elaborados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em parceria com outras instituições. As prioridades para essa vertente é o desenvolvimento de novas tecnologias para o aproveitamento de resíduos de florestas, como também o melhoramento genético da produção silvícola, otimização da tecnologia de transformação da biomassa em produtos de maior valor agregado e maior eficiência energética (MAPA, 2006; MAPA, 2005).

A utilização de biomassa para a produção de energia, tanto elétrica como em forma de vapor, em caldeiras ou fornos já é uma realidade no Brasil. O uso da biomassa florestal para a geração de energia apresenta algumas vantagens como baixo custo de aquisição, não emite dióxido de enxofre, as cinzas são menos agressivas ao meio ambiente que as provenientes dos combustíveis fósseis, menor corrosão dos equipamentos, menor risco ambiental e é um recurso renovável. Apresenta também as desvantagens como menor poder calorífico, quando relacionadas com combustíveis à base de petróleo, maior possibilidade de geração de material particulado para a atmosfera, maior custo de investimento em equipamentos para remoção de material particulado e encontra dificuldade no estoque e armazenamento (GRAUER, 2001).

Outra questão relevante diz respeito à disponibilidade de terras para o cultivo da biomassa florestal, pois em alguns casos a origem provém do desmatamento de florestas nativas, o que provoca grandes prejuízos ao meio ambiente como desertificação, redução da biodiversidade de árvores entre outros. Atualmente, o reflorestamento tem-se tornado uma alternativa viável, com as florestas plantadas cuja finalidade é a produção desta matéria prima para os diversos setores que dependem da mesma para a geração de energia (HALL *et al*, 2005).

Outro ponto a ser destacado é que as espécies para a sua produção de energia, como os eucaliptos, a seringueira, podem ser cultivadas em áreas degradadas ou consideradas impróprias para o cultivo de outras espécies. O plantio de mudas para cultivo de florestas nas áreas impróprias é viável porque utilizam pouca quantidade de água e absorvem uma boa quantidade de CO_2 (dióxido de carbono) da atmosfera contribuindo para minimizar o efeito estufa e ainda podem ganhar financeiramente recebendo

Digitized by Google

créditos de carbono no mercado nacional ou internacional (HALL *et al*, 2005). A Figura 4.2 ilustra o ciclo do carbono do uso da biomassa de florestas plantadas.

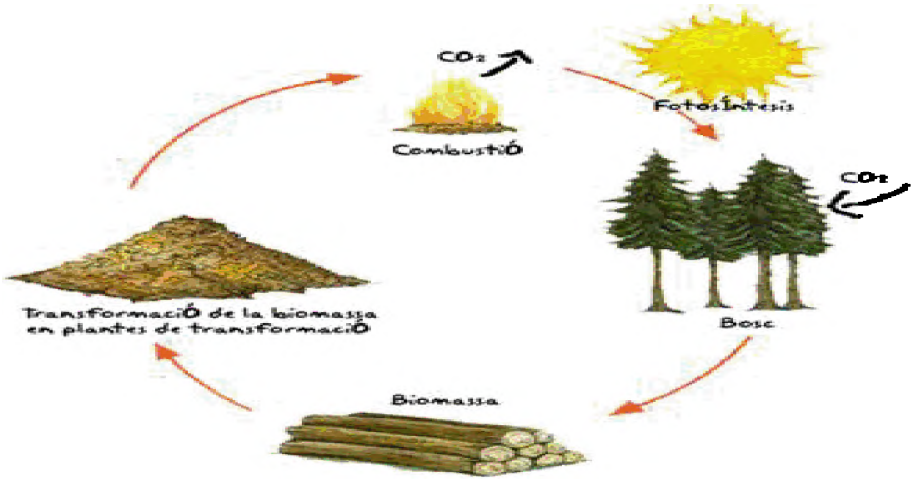


Figura 4.2: A participação das florestas plantadas na absorção de CO_2.
Fonte: www.siro.pt/.../Image/Cicle-biomassa_cat.gif

De acordo com o Código Florestal, Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, dispõe em seu art. 12 que nas florestas plantadas, não consideradas de preservação permanente, é livre a extração de lenha e demais produtos florestais ou a fabricação de carvão. Nas demais florestas devem-se respeitar o conjunto de normas estabelecidas em ato de Poder Federal ou Estadual em obediência a prescrições ditadas pela técnica e às peculiaridades locais.

A biomassa florestal possui uma grande diversificação de produtos, entre eles pode-se citar o carvão, resíduos da exploração madereira e o aproveitamento do alcatrão, ácido pirolenhoso e outros produtos derivados o que contribui para a utilização dos mesmos em vários setores como residencial, industrial, comercial.

O estímulo para melhorar o seu aproveitamento na produção de energia tem se ampliado, devido ao cultivo de florestas plantadas contribuindo assim para a conservação das florestas nativas, e incentivando o setor agrícola para a diminuição do efeito estufa, utilização de áreas impróprias para o cultivo, e ainda o ganho financeiro no mercado nacional ou internacional de créditos de carbono.

Digitized by Google

4.3. USO DIRETO DA BIOMASSA FLORESTAL: PROCESSOS TRADICIONAIS

4.3.1 Lenha

Atualmente, a importância da lenha diminuiu muito nos países industrializados em virtude do seu baixo poder calorífico e, sobretudo pela devastação que causa nas florestas. Entretanto, ainda tem sido utilizada, principalmente na indústria, em substituição aos derivados do petróleo. Isso é feito através do aperfeiçoamento da tecnologia de gaseificação da madeira, ou seja, usa-se o gás em vez de combustão direta da lenha, que gera uma queima estável e limpa (RAMOS, 2000).

O setor residencial é um importante consumidor de lenha para geração de energia no Brasil. Nesse setor, a madeira é fortemente usada para cocção de alimentos e, em menor escala, para aquecimento domiciliar. Destacam-se outros setores: o industrial e o comercial, que também a utiliza como fonte de energia para o uso no ramo do cimento químico, papel e celulose, cerâmica e o setor agrícola para secagem de grãos (BRITO, 2007).

A Tabela 4.2 apresenta a produção e utilização da lenha segundo o Balanço Energético Nacional de 2009. Observando-se os valores da tabela abaixo se verifica um aumento de 2,2% na produção da lenha, como também na sua utilização entre os setores como o residencial, produção de carvão vegetal, industrial, destacando-se o maior crescimento (6,7%) para o setor agropecuário.

Tabela 4.2 – Dados sobre a utilização da lenha no Brasil.

Descrição	Unidade	2007	2008	Δ%
Produção				
Lenha	10^3 ton	92.317	94.341	2,2%
Principais Usos				
Produção de Carvão Vegetal	10^3 ton	39.153	39.386	0,6%
Residencial	10^3 ton	25.200	25.541	1,4%
Industrial	10^3 ton	19.564	20.463	4,6%
Agropecuário	10^3 ton	7.600	8.109	6,7%

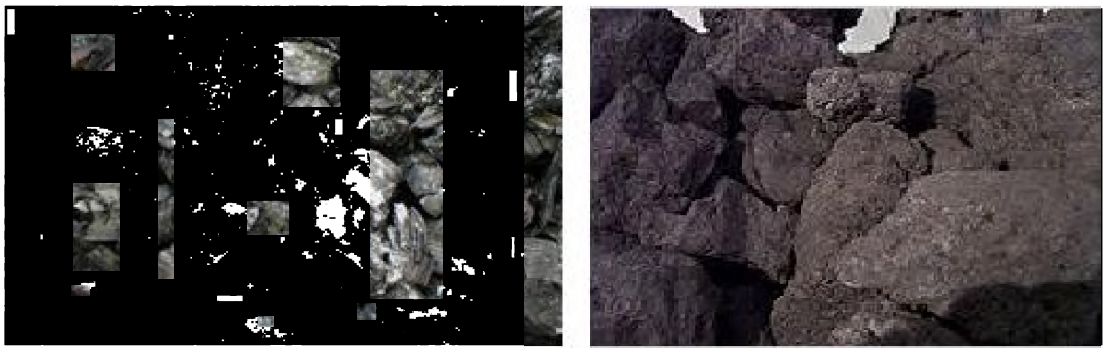
Fonte: Balanço Energético Nacional (EPE, 2009)

Digitized by Google

4.3.2 Carvão

Outro produto de origem da biomassa florestal é o carvão vegetal, sua origem no Brasil remonta ao século XVI. A indústria baseada no carvão vegetal sempre se concentrou no estado de Minas Gerais, por causa de suas jazidas de minério de ferro (ROSILLO-CALLE *et al*, 2005). Dentre os temas abordados neste tópico sobre o carvão tem-se os aspectos relacionados à sua produção, utilização, eficiência, a comparação da produção de ferro-gusa utilizando o coque e o carvão e aspectos ambientais.

O carvão vegetal é obtido pela queima da madeira a uma temperatura superior a 400ºC, deixando como resíduo um carvão que mantém a forma e a estrutura da madeira e é constituído quase inteiramente de carbono (ver Figura 4.3a). Pode ser utilizado como combustível nas residências, usinas siderúrgicas e usinas termelétricas. O Brasil é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal do mundo, sendo que 70% do que é utilizado provêm de árvores do cerrado, o que gera um grave problema, o desmatamento. O carvão vegetal é utilizado como fonte de energia por 25% da siderurgia brasileira, também desempenha o importante papel de agente redutor e térmico em vários setores industriais, é utilizado na indústria de ferro-gusa, fundição e outras (RAMOS, 2000).



(a) (b)

Figura 4.3: Carvão vegetal (a) e Coque (b)
Fonte: (a) www.biofogo.com.br/site/home.html
Fonte: (b) http://pt.wikipedia.org/wiki/Coque

O Brasil é hoje um dos poucos países que realiza pesquisa na área de produção e uso de carvão vegetal em escala significativa e que apresenta uma eficiência de 35% muito alta se comparada à de vários países, em que o nível de eficiência varia entre 10% e 15%,

Digitized by Google

pois durante a produção de carvão vegetal há uma grande perda de energia, assim aumenta a necessidade de melhorar a eficiência no seu processo de produção. A maioria dos produtores de carvão vegetal em todo o mundo não tem recursos e profissionais qualificados para isso (ROSILLO-CALLE *et al.*, 2005).

No final da década de 1980, várias empresas de grande porte produtoras de aço começaram a substituir o carvão vegetal por coque (ver figura 3b) devido as seguintes razões: dificuldades na obtenção de carvão vegetal, alto preço devido ao custo do transporte, preços baixos do coque importado e outros (ROSILLO-CALLE *et al.*, 2005).

Atualmente novos dados parecem indicar que o custo do ferro-gusa fabricado com o uso de coque é mais alto do que o do ferro-gusa fabricado com o uso do carvão vegetal por causa do aumento do preço do carvão mineral no mercado internacional e o aumento da produtividade de ferro-gusa por tonelada de carvão vegetal oferece melhor produção e menor uso de quantidade do mesmo (ROSILLO-CALLE *et al.*, 2005).

Isso acontece devido ao crescimento da produção do carvão vegetal a partir de florestas plantadas e a sua melhor qualidade comparada à do coque (ver Figura 4.4). Isso pode estimular os setores industriais baseados em carvão vegetal em investir nas florestas plantadas com manejo sustentado para alcançar auto-suficiência e diminuir a exploração das florestas nativas. O ferro-gusa produzido a partir de carvão vegetal é classificado como aço verde (ROSILLO-CALLE *et al.*, 2005).

Figura 4.4: Rota da produção de carvão vegetal a partir de florestas plantadas.
Fonte: www.plantar.com.br

O Quadro 4.2 mostra o balanço de dióxido de carbono (CO_2) e oxigênio (O_2) na produção de ferro-gusa com o uso de carvão vegetal e coque. Com esses valores observa-se que o balanço total de CO_2 na produção de ferro-gusa com carvão vegetal é

Digitized by Google

negativo, enquanto que na produção com coque esse balanço é positivo, o que indica a emissão desse gás para a atmosfera.

Quadro 4.2 – Balanço de CO_2 e O_2 na produção de ferro-gusa.

Produção de ferro-gusa com carvão vegetal			**Produção de ferro-gusa com coque**		
Processo	**O_2 Kg/t de ferro-gusa**	**CO_2 Kg/t de ferro-gusa**	**Processo**	**O_2 Kg/t de ferro-gusa**	**CO_2 Kg/t de ferro-gusa**
Crescimento da árvore	+ 1.762	-3.643	Mineração	0	0
Carbonização com a recuperação de alcatrão	-792	+963	Produção de coque a partir de carvão mineral	-306	+160
Alto-forno	-830	+1.790	Alto-forno	-684	+1.586
Total	203	-890	Total	-960	+1.746

Fonte: SINDIFER (2007) *apud* ROSILLO-CALLE (2005).

A produção de carvão vegetal a partir de florestas plantadas evita o desmatamento e conseqüentemente protegem a biodiversidade local, contribui para diminuição do efeito estufa, e a legislação tem imposto aos produtores dessa fonte de energia o desenvolvimento sustentável (ver Figura 4.5).

Figura 4.5: Dematamento x Desenvolvimento sustentável.
Fonte:accosta.wordpress.com/.../;domescobar.blogspot.com/2009_03_01_archive.html

Digitized by Google

Pode-se observar que a utilização da lenha apresenta inovação a partir da gaseificação da madeira ao invés da combustão direta da lenha, o que gera uma queima estável e limpa. De acordo com dados do Balanço Energético Nacional de 2010 houve 2,2% de crescimento da produção da lenha no Brasil.

Outro produto tradicional da biomassa florestal é o carvão vegetal, produto obtido desde o período da revolução industrial, sendo utilizado principalmente no setor da siderurgia, residencial e usinas termelétricas. O Brasil é o maior produtor de carvão, sendo que atualmente a madeira utilizada na produção do mesmo, em alguns casos, é proveniente de florestas plantadas, evitando-se o desmatamento, respeitando-se o código florestal brasileiro e o país destaca-se na área da pesquisa que busca melhorar a eficiência energética do carvão. Aqui se destaca que ainda grande parte da madeira utilizada para produção do carvão vegetal vem de madeira nativa e de corte ou procedimentos inadequados em regiões afastadas (Norte ou Nordeste) ou com menos fiscalização.

Ressalta-se ainda que a partir da comparação dos dados pesquisados, a produção de ferro-gusa a partir do carvão vegetal proveniente de florestas plantadas apresenta grandes vantagens na produção e principalmente diminui os efeitos causadores de problemas ambientais, quando comparadas a produção de ferro-gusa a partir do coque.

4.4. DENSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA BIOMASSA FLORESTAL PARA USO DIRETO

Os produtos tradicionais da biomassa florestal para geração de calor podem ser substituídos por produtos com maior rendimento energético por meio da técnica de densificação da biomassa, que consiste basicamente na aplicação de pressão a uma massa de partículas com ou sem a adição de ligantes ou tratamento térmico. Tal procedimento permite a obtenção de produtos como os briquetes e os pellets de madeira. Esses produtos possuem como principais vantagens a possibilidade de utilização de resíduos agroflorestais e da indústria moveleira, como maravalhas, costaneiras, aparas, pó de serra e etc., e resíduos sólidos urbanos. A utilização desses materiais tem como principal objetivo aumentar a densidade energética, gerando assim mais energia em um menor volume facilitando o armazenamento e transporte desses materiais (MIGLIORINI, 1980; GONÇALVES *et al.*, 2009).

Digitized by Google

A densidade energética do briquete é cerca de sete vezes maior que a da madeira (Tabela 4.3), e conseqüentemente maior poder calorífico, o que representa uma maior geração de energia por massa do produto.

Tabela 4.3: Propriedades energéticas da madeira em relação aos briquetes.

	Madeira	**Briquete**
Umidade	80%	12%
Poder calorífico	1.450 Kcal/Kg	4.553 Kcal/Kg
Densidade	314 Kg/m^3	700 Kg/m^3
Densidade energética	455,3 Mcal/m^3	3.187 Mcal/m^3

Fonte: QUIRINO, 2007

O teor de umidade é um parâmetro importante porque afeta diretamente no balanço energético da densificação (VALE *et al.*, 2000). Dessa maneira é recomendado um teor de umidade de no máximo 20% para a queima, visto que os valores superiores reduzem o valor do calor de combustão, a temperatura da câmara de queima e a temperatura dos gases de escape (FARINHAQUE, 1981).

A seguir serão apresentadas as principais características da fabricação e utilização dos produtos obtidos por meio da densificação da biomassa: Os briquetes e os pellets.

4.4.1 Briquetes

O processo de produção de briquetes é chamado de briquetagem, que consiste na densificação dos finos (pequenas partículas de materiais sólidos) com o uso de prensadas, pressão, com ou sem aquecimento. As pequenas partículas são prensadas, geralmente com ligante adequado, para formar sólidos que possuem maior valor comercial e são chamados de briquetes (FAAIJ *et al.*, 2005). A Figura 4.6 apresenta um esquema genérico de funcionamento de uma briquetadeira.

Digitized by Google

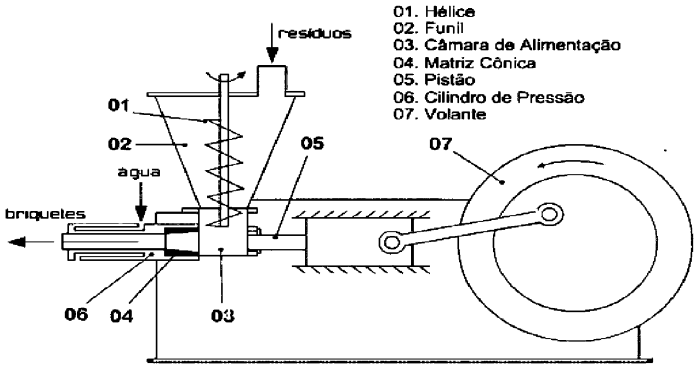


Figura 4.6: Esquema genérico de produção de briquetes
Fonte: Biomaxind. Site: http: www.biomaxind.com.br/.../stories/esquema.gif

Os briquetes podem ser fabricados utilizando uma gama variada de resíduos da biomassa. As características dos resíduos influenciam diretamente nas características físico-químicas do produto final, como por exemplo, coloração e densidade energética. Na Figura 4.7 este exemplo pode ser observado na diferença de cor entre o briquete fabricado com resíduos de pinheiro e daqueles obtidos com resíduos da madeira de eucalipto. O primeiro possui uma capacidade calorífica de 4.795 Kcal/Kg, enquanto o segundo de 4.486 Kcal/Kg (CMO, 2009). Gonçalves *et al.* (2009) avaliaram a produção de briquetes com diferentes composições de mistura de rejeitos de resíduos sólidos urbanos (RRSU) com resíduos madeireiros de *Eucalyptus grandis* e seu uso para a geração de energia. Os resultados obtidos mostraram que os briquetes fabricados com 25% de RRSU apresentaram maior

Os briquetes apresentam algumas vantagens, como propriedades uniformes, formas e dimensões apropriadas, facilidade de armazenamento e fornecimento regular. Além de minimizar problemas ambientais quando são utilizados para o fabrico resíduos agroindustriais como finos de carvão e o bagaço de cana.

(a) (b)

Figura 4.7: Briquetes de Pinus (a) e Eucalyptus (b)
Fonte: International CMO Business Biomass. Site: http://www.internationalrenewablesenergy.com/

Digitized by Google

O carvão vegetal gera muitos finos durante a produção, o transporte e o manuseio devido a sua friabilidade; os finos gerados equivalem de 20 a 25% do total de carvão *in natura* produzido, que podem ser briquetados. Dessa maneira, a produção de briquetes também ajuda a reduzir os problemas ambientais que podem ser gerados no descarte ou armazenamento dos finos do carvão (RENDEIRO, 2006; FAAIJ *et al.*, 2005).

O Brasil tem grandes chances de aumentar a produção de briquetes de finos de carvão vegetal como também de outros materiais, como sugere o projeto realizado na Universidade Federal do Pará que estuda a utilização de resíduos da flora paraense para produção de briquetes energéticos utilizando resíduos de açaí e cacau em mistura com serragem. De acordo com o estudo, o briquete composto por 50% de caroço do açaí, 30% de serragem e 20% de casca de cacau apresentou um poder calorífico superior de 3.740,6 kcal/kg e o briquete composto por 45% de caroço do açaí, 50% serragem de e 5% de casca de cacau apresentou um poder calorífico superior de 3.801 Kcal/Kg. Os resultados são próximos ao poder calorífico de briquetes fabricados com resíduos de maior valor energético como os de eucalipto (4.486 Kcal/Kg).

O estudo mostra que é possível produzir briquetes utilizando resíduos diversos com adições reduzidas de materiais de excelente resposta energética. Com isso evita-se também a dependência econômica de um único tipo de matéria-prima para produção de briquete e aponta para a possibilidade de geração de renda e energia para comunidades rurais do país (RODRIGUES *et al.*, 2002).

4.4.2 Peletts

Os pellets e os briquetes são produtos com capacidades energéticas equivalentes, principalmente se pulverizados ou moídos possuem a mesma opção de uso. Diferem-se principalmente na dimensão do produto. Os pellets (ver Figura 4.8) possuem diâmetro variando entre 6 mm e 16 mm com 10 a 40 mm de comprimento, enquanto os briquetes possuem em média um diâmetro a partir de 50 mm com 15 a 400 mm de comprimento (MIGLIORINI, 1980).

Digitized by Google

Figura 4.8: Pellets de madeira
Fonte: International CMO Business Biomass. Site: http://www.internationalrenewablesenergy.com/

A peletização emprega uma matriz de aço perfurada com um denso arranjo de orifícios de 0,3 a 1,3 cm de diâmetro. A matriz gira e a pressão interna dos cilindros força a passagem da biomassa através dos orifícios com pressões de 7,0 kg/mm³. O pellet então formado é cortado por facas ajustadas ao comprimento desejado (MIGLIORINI, 1980).

São utilizados, por exemplo, em fornos de padarias, fornos cerâmicos, aquecimento de estufas, oficinas de pintura de carros, estufas de flores, aquecimento de moradias e aquecimento de prédios. A alta densidade dos pellets de madeira para aquecimento também permitem um armazenamento compacto e um transporte mais econômico a longas distâncias. Os pellets são combustíveis limpos e eficientes e sendo a matéria prima composta por subprodutos da indústria do mobiliário e desperdícios gerados pela floresta, evita-se assim o corte de árvores, implementando a limpeza das matas e o combate aos incêndios. É importante ainda referir, que este combustível apresenta preços mais competitivos do que o gás natural, gás propano ou do que o gasóleo de aquecimento. Os pellets devido o seu tamanho reduzido permite dosear unidade a unidade a quantidade que vai ser queimada para produção de energia, assim este produto é muito utilizado em aquecimento doméstico e geração de vapor para pequenas comunidades (EMBAR, 2009).

Os briquetes e os pellets são produtos de maior concentração energética e permitem melhores condições de armazenamento e transporte do que o uso de produtos tradicionais como a lenha e o carvão. Dessa forma, a densificação da biomassa florestal

Digitized by Google

é uma alternativa tecnológica importante para o fornecimento de energia por meio de combustíveis sólidos.

4.5. CONVERSÕES MAIS EFICIENTES DA BIOMASSA FLORESTAL

Segundo Faaij *et al.* (2005) as perspectivas futuras para a biomassa florestal voltam-se claramente para os vetores energéticos modernos: a eletricidade e os combustíveis líquidos e gasosos em substituição ao uso direto de combustíveis sólidos. Para que ocorram tais substituições as novas tecnologias introduzidas devem atender aos aspectos de viabilidade técnica, econômica, ambiental e apresentar economias de escala e de escopo. Dentre essas as novas opções tecnológicas para utilização da biomassa florestal estão: 1) a gaseificação térmica para geração de calor e eletricidade; 2) a produção de metanol e hidrogênio, 3) a conversão lignocelulósica a etanol e o 4) o desenvolvimento de pirólise rápida da biomassa para a produção de bio-óleos.

4.5.1 Gaseificação para produção de energia térmica e elétrica

A gaseificação se trata da desvolatização e a conversão da biomassa, em uma atmosfera de vapor ou ar (ou ambos), para produzir um gás de médio ou baixo poder calorífico. Dessa maneira, por meio da gaseificação da biomassa é possível converter um material muito heterogêneo em combustível gasoso intermediário, que pode ser usado para calefação, aplicação em processos industriais, geração de eletricidade e produção de combustíveis líquidos. Esta tecnologia, atualmente vem recebendo, merecida atenção pela verificação, principalmente, da limpeza e versatilidade do combustível gerado, quando comparado aos combustíveis sólidos e pela possibilidade geração de eletricidade em comunidades isoladas das redes de energia elétrica, por intermédio da queima direta do gás em motores de combustão interna (KINTO *et al.*, 2001; FAAIJ *et al.*, 2005).

O esquema de produção de energia elétrica a partir do gás da gaseificação da biomassa pode ser visualizado na figura 4.9 abaixo.

Digitized by Google

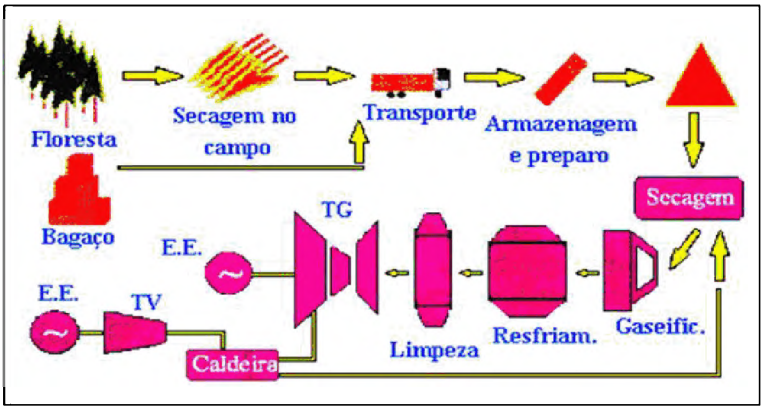


Figura 4.9: Diagrama do processo de produção de eletricidade

O processo de gaseificação, como ilustra a Figura 4.10, é iniciado após a preparação da matéria-prima. O gás obtido alimenta um turbina à gás que gera energia e passa pela caldeira que gera vapor para girar uma turbina à gás ou que pode ser usada no processo (como por exemplo movimentar as moendas, facas e defibriladores numa usina de cana de açúcar). A eficiência energética do processo depende em boa parte do desempenho da turbina a gás (KINTO *et al.*, 2001).

Existem quatro tipos principais de reatores para a gaseificação de biomassa: Os reatores de leito fixo (que pode ser classificado como de fluxo ascendente e descendente), os reatores de leito fluidizado borbulhante, os reatores de leito fluidizado circulante e os chamados reatores *entrained flow*. Os gaseificadores de leito fixo e fluidizados são os mais indicados para sistemas de produção de energia a partir de biomassa (SILVA *et al.*, 2004; FAAIJ *et al.*, 2005).

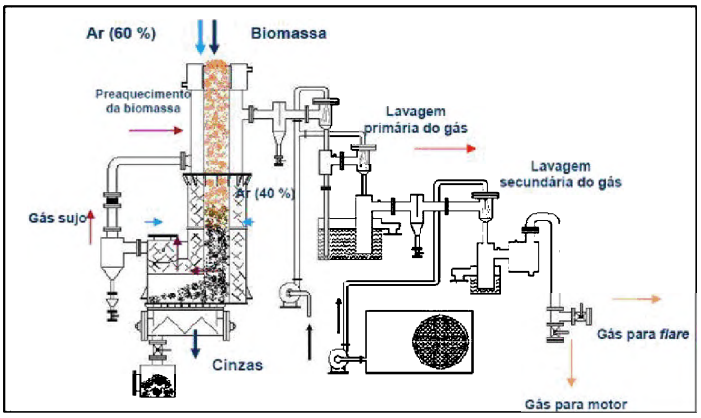


Figura 4.10: Esquema de funcionamento de gaseificadores tipo leito fixo descendente (downdraft)
Fonte: COELHO *et al.*, 2004.

Digitized by Google

A Figura 4.10 apresenta um esquema genérico de funcionamento de um gaseificador do tipo leito fixo descendente. Neste tipo de reator a biomassa e o agente oxidante, neste caso o ar atmosférico, fluem na mesma direção do gás produzido. As cinzas geradas no processo podem se captadas, o que torna possível um tratamento posterior desse resíduo.

O Quadro 4.3 apresenta as principais vantagens e desvantagens da tecnologia de gaseificação. Pode- se observar que os principais problemas são de ordem tecnológica, o que mostra a necessidade do aperfeiçoamento e adaptação da tecnologia para o uso diversificado de biomassa *in natura*.

A tecnologia de gaseificação da biomassa em grande escala ainda está em fase de desenvolvimento, embora já conte com muitas experiências economicamente viáveis em pequena escala. Uma dessas experiências bem sucedidas é o projeto GASEIBRAS desenvolvido pelo Centro de Referência em Biomassa (CENBIO) e outros parceiros

Quadro 4.3: Demonstrativo das vantagens e desvantagens da tecnologia de gaseificação da biomassa.

Vantagens	Desvantagens
É um gás menos poluente; emite uma menor taxa de emissão de gases como o enxofre.	A biomassa deve ser limpa.
Versatilidade de uso: Possibilidade de usos alternativos, como em motores de combustão interna ou turbinas a gás.	Há o potencial de fusão de cinzas, que poderá alterar o desempenho do gaseificador, quando se usa a biomassa com alto teor de cinzas.
Grande eficiência térmica varia de 60% a 90%.	O alcatrão formado durante o processo de gaseificação poderá limitar o processo e aplicações.
A produção de energia pode ser controlada.	
Possibilidade de uso *in natura* de biomassas disponíveis.	

Fonte: FAAIJ *et al.*, 2005; COELHO *et al.*, 2006

O projeto desenvolveu a construção de um sistema de gaseificação de biomassa com tecnologia totalmente nacional, de fácil operação e manutenção. Esse sistema pode ser alimentado com resíduos agroindustriais disponíveis localmente para produção de

Digitized by Google

energia elétrica, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável de comunidades isoladas de rede de energia elétrica da região amazônica. O projeto foi instalado na comunidade de Timbó, Manacapuru/AM, que cultivava e beneficiava artesanalmente o cupuaçu, dessa maneira o projeto utilizou como fonte de biomassa para o gaseificador as cascas (resíduos) do cupuaçu. A energia gerada com o sistema de gaseificação possibilitará a melhoria da qualidade de vida da população, a redução de 80% do diesel utilizado e a construção de uma agroindústria para beneficiamento da polpa de cupuaçu na comunidade local (COELHO *et al.*, 2006; LORA e ANDRADE, 2009).

O exemplo anterior ilustra bem o papel transformador da energia elétrica como fator de inclusão social e de melhoria da qualidade de vida de uma população. O uso de novas tecnologias, como a gaseificação da biomassa, permite alargar as possibilidades de geração de energia renovável e desenvolvimento regional.

4.5.2 Produção de hidrogênio e metanol

Outra vertente que utiliza a gaseificação da biomassa é a produção de gás de síntese para produção de metanol e hidrogênio. Esses dois produtos são utilizados industrialmente e o desenvolvimento de tecnologias para a sua produção com uso de biomassa é de grande interesse na área industrial (FAAIJ *et al.*, 2005).

O metanol é um combustível superior para motores de combustão interna e é utilizado hoje em dia para carros de corrida. O hidrogênio produzido pode ser utilizado em células combustíveis, que são duas vezes mais eficientes que os motores de combustão interna padrão e fornecem diretamente energia elétrica ao combinar hidrogênio e oxigênio. No momento as células combustíveis (Figura 4.11) ainda são muito pesadas, o que faz com que a maior parte de sua utilização se dê em carros, apesar de novos avanços estarem sendo feitos em células mais leves para carros (HINRICHS e KLEINBACH, 2009).

A tecnologia de síntese de hidrogênio e metanol ainda está em fase de desenvolvimento e limita-se principalmente quanto ao custo de produção. O custo do metanol produzido a partir de biomassa é significativamente mais alto do que o custo do metanol produzido a

Digitized by Google

partir de gás natural. O Processo de produção de hidrogênio consome muita energia e possui custo elevado (FAAIJ *et al.*, 2005; CANTÃO, 2007).

Figura 4.11: Célula a combustível movida a hidrogênio.
Fonte: CANTÃO, 2007

4.5.3 Etanol celulósico

O etanol pode ser produzido com base em três principais fontes de matérias-primas: as amiláceas, as açucaradas e as lignocelulolíticas. Os resíduos da madeira, como cavacos e cascas entre outros produtos da biomassa florestal são fontes lignocelulósicas abundantes que podem ser utilizadas para a produção de álcool combustível. A tecnologia de fabricação de álcool celulósico se diferencia principalmente das demais fontes, devido a necessidade da etapa de hidrólise do complexo lignocelulolítico (BNDES, 2008).

É grande o interesse na produção de etanol a partir de materiais celulósicos, pois sinaliza para a utilização de resíduos para obtenção de etanol o que reforça o potencial de produção tanto pela quantidade de biomassa disponível quanto ao baixo custo, como também ocasiona menos problemas ambientais. Para a produção em grande escala há ainda a possibilidade de produção a partir de plantios energéticos dirigidos implantados exclusivamente para esse fim. No entanto a tecnologia de conversão de materiais

Digitized by Google

celulósicos em etanol ainda está em fase de desenvolvimento, como também a cadeia de produção para este segmento (FAAIJ *et al.*, 2005).

4.5.4 Pirólise rápida: Obtenção de bio-óleos

Segundo Rocha (2006) a pirólise rápida de biomassa é um processo no qual o combustível sólido é fragmentado com o uso de calor em uma atmosfera com pouco oxigênio para a geração otimizada de líquido (bio-óleo), mas que também produz uma mistura de gases combustível e sólidos (carvão vegetal).

O líquido pirolítico é referenciado na literatura técnica com vários nomes, tais como: óleo de pirólise, bio-óleo bruto, bio-combustível, líquidos de madeira, óleo de madeira, líquido condensado da fumaça, destilado da madeira, alcatrão pirolenhoso, ácido pirolenhoso, etc., porém atualmente o termo bio-óleo tem sido mais utilizado (PÉRES *et al.*, 2003). O produto da pirólise rápida, o bio-óleo, possui uma ampla aplicação tecnológica, como ilustra a Figura 4.12. O seu uso acontece principalmente na indústria petroquímica.

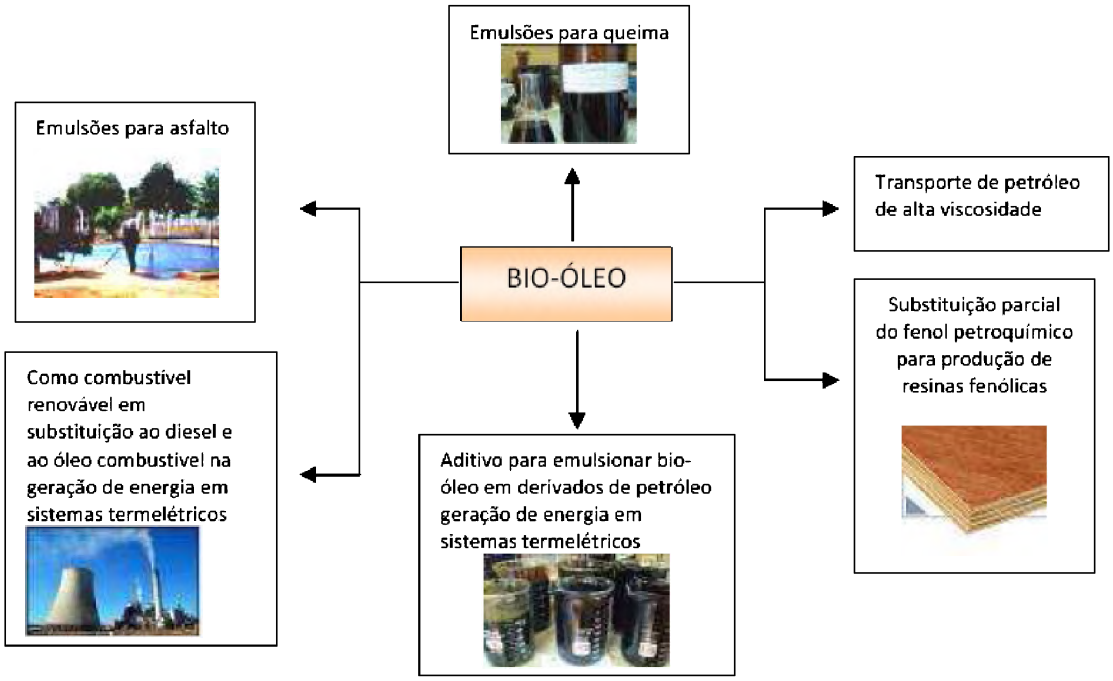


Figura 4.12: Possibilidades de uso do bio-óleo.
Fonte: Bioware, 2009. site: www.bioware.com.br

Digitized by Google

A produção de um derivado líquido que pode ser armazenado e transportado é, certamente, a principal vantagem potencial da pirólise rápida em comparação a outros processos de conversão termoquímica da biomassa. O uso como óleo combustível em motores estacionários em substituição ao óleo diesel é uma das possibilidades de utilização do bioóleo (FAAIJ *et al.*, 2005). O Bio-óleo apresenta algumas limitações: 1)Atualmente ainda não é uma matéria-prima comercial. 2) A pirólise rápida necessita de investimentos em unidades demonstrativas para provar aumento de escala. 3) Ainda necessita estabelecer padrões de qualidade para o bio-óleo e legislação para seu uso e transporte. 4) Instabilidade do bio-óleo e seu envelhecimento devido a reações indesejadas durante o armazenamento (ROCHA, 2006).

O conceito de pirólise rápida para a produção de líquidos orgânicos desperta cada vez mais o interesse, e a pesquisa e aplicações comerciais desenvolvem-se rapidamente, mas ainda há muitos processos da reação desconhecidos devido a complexidade da tecnologia (BRIDGWATER, 1999). Dessa maneira, verifica-se que tanto para a pirólise rápida, como para a gaseificação e hidrólise lignocelulolítica é necessário o desenvolvimento de pesquisa e inovação que seja possível a viabilização do uso destas tecnologias para geração de energia.

4.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o panorama de utilização da biomassa apresentado, observa-se que tanto a lenha como o carvão vegetal utilizados desde tempos remotos, ainda continuam destacando-se entre os produtos da biomassa florestal por sua grande utilização em vários setores seja ele residencial ou industrial. Porém atualmente exige-se que essa produção deve ser de forma sustentável, ou seja, o estímulo para melhorar o seu aproveitamento na produção de energia tem se ampliado, devido ao cultivo de florestas plantadas contribuindo assim para a conservação das florestas nativas, e incentivando o setor agrícola para a diminuição do efeito estufa, utilização de áreas impróprias para o cultivo, e ainda o ganho financeiro no mercado nacional ou internacional de créditos de carbono.

O desenvolvimento de tecnologias mais eficientes possibilita novas oportunidades para a agroenergia, como a obtenção de produtos com maior valor agregado e com maior

Digitized by Google

versatilidade de uso como os briquetes, pellets e os produtos que podem ser utilizados como combustíveis (gás, óleo, álcool) em motores de combustão interna. Assim, por meio do desenvolvimento tecnológico é possível a diversificação de uso da biomassa florestal, podendo dessa maneira ampliar consideravelmente a participação desta fonte renovável na matriz energética nacional de modo economicamente viável, ambientalmente correto e socialmente justo.

REFERÊNCIAS BIBIOGRAFICAS

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. **Institui o Novo Código Florestal**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/L4771.htm>Acesso em: 15/01/2010.

BNDES. **Bioetanol de cana-de-açúcar: Energia para o Desenvolvimento Sustentável.** Organização BNDS E CGEE. 1° Ed. Rio de Janeiro – Novembro/2008.

BRIDGWATER, A.V. Principles and practice of biomass fast pyrolysis processes for liquids. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 51, p. 3-22, 1999.

BRITO, José Otávio. **O Uso Energético da Madeira**. In: Instituto de Estudos Avançados, vol. 51 ,2007.

COELHO, S. T. *et al*. **Geração de energia elétrica para comunidades isoladas da região amazônica a partir de sistemas de gaseificação de biomassa**. In: I Congresso Internacional de Bioenergia, Outubro de 2004, Campo Grande, MS. Anais I Congresso Internacional de Bioenergia, 2004.

CANTÃO, M. **Produção de Hidrogênio a partir da Biomassa.** 2007 Disponível em:< www.portalh2.com.br/prtlh2/images/artigos/a43.pdf >. Acesso em 11/11/2009.

CCE – Comissão das comunidades européias. **Directiva 2003/30/CE do Parlamento Europeu e do Conselho: relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes**. 2003. Disponível em: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.duri=COM:2008:0811:FIN:PT:PDF>. Acesso em 11/11/2009.

CMO (International CMO Business Biomass). **Wood chips, Wood pellets, briquettes Brazil**. Disponível em:<http://www.internationalrenewablesenergy.com/>. Acesso em 11/11/2009.

COUTO, L.; FONSECA, E. M.B.; MULLER, M.D. **O Estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais: aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2000. 44p

Digitized by Google

EMBAR. **Pellets de madeira: Fonte de energia renovável**. Disponível em:<www.embar.pt/conteudos/.../094%20Pellets%20de%20madeira.pdf >. Acesso em 11/11/2009.

EPE. **Balanço Energético Nacional 2009: ano base 2008**. Rio de Janeiro: EPE, 2009. 274p

FAAIJ, A. *et al*. Novas tecnologias para os vetores modernos de energia de biomassa. In: ROSSILO–CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H (Org). **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira.** 1. ed. Campinas, SP: editora da UNICAMP, 2005. p 339-417.

GONÇALVES, J. E.; SARTORI, M. M. P.; LEÃO, A. L. Energia de briquetes produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.5, p.657–661, 2009.

FARINHAQUE, R. **Influência da umidade no poder calorífico da madeira de bracatinga (*Mimosa scrabella, Benth*) e aspectos gerais de combustão**. Curitiba: FUPEF, 1981. 14p. Série Técnica.

GRAUER, Andréas. KAWANO, M. **Uso de Biomassa para Produção de Energia**. Disponível em <www.ambientebrasil.com.br>. Acesso em 10/11/2009.

HALL, D. O *et al*. Visão Geral de Energia e Biomassa. In: ROSSILO–CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H (Org). **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira.** 1. ed. Campinas, SP: editora da UNICAMP, 2005. p 25-68.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. 3 ed. São Paulo: Cengage Learning, p 437-460, 2009.

LORA, E.S.; ANDRADE, R.V. Biomass as energy source in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, p. 777–788, 2009.

PÉRES, J. M. M. *et al*. Pirólise rápida em leito fluidizado: uma opção para transformar biomassa em energia limpa. **Revista Analytica**. n.4, pg 32-36, 2003.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia**. 2ª ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, 2006.110p

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diretrizes de Política de Agroenergia**. 2ª ed. rev. Brasília, DF, 2005.34p

MIGLIORINI, A. J. Densinficação de biomassa florestal. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.1, n.2, p.1-9, 1980.

RAMOS, Jaqueline. Energia – **Desafios e Alternativas para o Século XXI**. In: Boletim Informativo nº33 set/out, 2000.Projeto Energia Alternativa, UFG – Labsolar _UFSC.

RENDEIRO, G. – Viçosa, Obtenção de briquetes de carvão vegetal a partir de finos de carvão. **Boletim Técnico RENABIO**, n. 2, setembro, 2006.

Digitized by Google

ROCHA, J. D. **Tecnologias Bioware para produção de carvão e bio-óleo.** 2006. Disponível em < www.feagri.unicamp.br/energia/biocombustiveis/.../DilcioRocha.ppt >. Acesso em 10/11/2009.

RODRIGUES, L. D.; SILVA, I. T.; ROCHA, B. R. P., SILVA, I. M. O. Uso de briquetes compostos para produção de energia no Estado do Pará. In: IX Encontro de Energia no Meio Rural, Campinas-SP, outubro de 2002,. Anais CD AGRENER, 2002.

RODRIGUES, R. R. de A.. **Biomassa – A Energia do Ciclo a Vida**. 2005. Disponível em: <http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto09.htm>.Acesso em: 11/11/2009.

ROSILLO-CALLE, Frank *et al*. Produção e Uso Industriais do Carvão Vegetal. In: ROSSILO–CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H (Org). **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira.** 1. ed. Campinas, SP: editora da UNICAMP, 2005. p 313-338.

SIMIONI, Flávio José. HOELFICH, V. A. **Análise Prospectiva da Cadeia Produtiva de Energia de Biomassa na Região do Planalto Sul de Santa Catarina**. In: XLV Congresso Sober. Paraná, julho,2007. Anais....UFPR, 2007.

SILVA, J. N.; SOBRINHO, J. C., SAIKI, E. T. Utilização de biomassa na secagem de produtos agrícolas via gaseificação com combustão adjacente dos gases produzidos. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.405-411, 2004.

VALE, A. T. do; BRASIL, M. A. M.; CARVALHO, C. M. de; VEIGA, R. A. de A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis HillEx-Maiden* e *acacia mangium Willd* em diferentes níveis de adubação, Revista Cerne, v.6, n.1, p.83-88, 2000.

Digitized by Google

CAPÍTULO V

ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DO BIODIESEL

Yolanda Vieira de Abreu
Sinclair Mallet Guy Guerra

Digitized by Google

ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DO BIODIESEL

Yolanda Vieira de Abreu[17]
Sinclair Mallet Guy Guerra[18]

"O tempo é relativo e não pode ser medido
exatamente do mesmo modo e por toda a parte".
[Albert Einstein]

RESUMO:

Este texto, parte integrante de uma pesquisa maior desenvolvida por seus autores, tem por objetivo traçar alguns pontos sobre as condições tecnológicas, econômicas e sociais em que vem se introduzindo o uso de biodiesel, como combustível, no Brasil, levando em consideração que o biodiesel deva ser incrementado, em bases econômicas, sociais e ambientais, na matriz energética nacional. Este artigo mostra o contexto econômico e ambiental do biodiesel.

Palavras Chave: Biodiesel; óleo Diesel; Oleaginosas; Economia da Energia.
Classificação JEL: Q29.

5.1 INTRODUÇÃO

Em linhas gerais pode-se dizer que o biodiesel é um combustível derivado de fontes naturais e renováveis como os óleos vegetais e gorduras animais. Pode-se ser obtido a partir do processamento de sementes de girassol, soja, dendê, castanha de caju, castanha do Pará, castanha portuguesa, buriti, babaçu, amendoim, mamona, algodão, canola, côco, macaúba, nabo forrageiro, pequi, pinhão manso, jojoba, entre outros vegetais. O

[17]Universidade Federal de Tocantins: Departamento de Economia/Mestrado em Agroenergia. Palmas/TO, Brasil.
[18] Professor Associado. PPGE/IEE/USP. São Paulo/SP, Brasil. sguerra@iee.usp.br

Digitized by Google

biodiesel também pode ser obtido a partir de gordura animal e de óleo vegetal já utilizado em frituras [1]. Esse combustível é produzido por um processo de transesterificação, criado desde 1853 pelos cientistas E. Duffy e J. Patrick, muito antes do primeiro motor a óleo diesel começar a funcionar. Em 1912 em um discurso, Rudolf Diesel declarou que o uso do óleo vegetal como combustível poderia ser, insignificante naquele momento, mas que este se tornaria ao longo do tempo, tão importante quanto o petróleo ou o carvão o eram naquele momento.

A inclusão do biodiesel na matriz energética brasileira traz vantagens econômicas e sociais. Possibilitará o surgimento de um novo mercado; a agregação de valores às matérias-primas, a geração de empregos, a redução das importações de petróleo e óleo diesel refinado, a melhoria na balança comercial, o incremento nas economias regionais, a possibilidade de participação do pequeno agricultor e a fixação do homem ao campo. É o único combustível que pode ser utilizado em qualquer motor diesel convencional e sem modificações. Sua armazenagem e distribuição podem ser realizadas utilizando a mesma infraestrutura que a do óleo diesel convencional. Pode-se contabilizar também a possível melhor distribuição de renda e o incentivo à agricultura familiar [1].

5.2 MEIO AMBIENTE E O BIODIESEL

A utilização desse combustível apresenta várias características ambientais positivas, também em relação ao Protocolo de Quioto e as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Contribui com a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental e é um substituto para o óleo diesel e outros derivados do petróleo.

O biodiesel é considerado uma fonte mais limpa e tem sido incentivado e comercializado como combustível puro, em mistura com outros, ou ainda como aditivo por Áustria, República Tcheca, Alemanha, França, Itália, Eslováquia, Espanha, Inglaterra, Suécia, França e no continente americano pelos Estados Unidos, em alguns destes por mais de vinte anos.

Pode-se afirmar que o Brasil tem condições de produzir biodiesel em todos os Estados. Se depender somente da existência de matéria-prima será possível, pois tem-se , por exemplo, na região Norte, a palma e a soja, na região Centro-Oeste a soja, a mamona e

Digitized by Google

o algodão, na região Nordeste o babaçu, a mamona e a palma, na região Sudeste a soja, o algodão e o girassol e na região Sul a soja, o algodão e o girassol. Além das culturas vegetais, ainda podem ser utilizado o sebo ou gordura animal, águas servidas: através da obtenção de óleos e gorduras como resultado do processo de tratamento do esgoto e também de óleos de fritura para a produção desse combustível.

Dois dos principais motivos que levam atualmente o biodiesel a ser uma importante fonte de energia é o fato de (1) ser considerada mais limpa e reduzir as emissões de GEE em relação aos combustíveis fósseis e (2) possibilitar a diminuição da dependência em relação ao petróleo.

O biodiesel por ser obtido de um processo sustentável utilizando matérias-primas vegetais renováveis e que tem efeito positivo sobre o ciclo do carbono, possibilita a quantificação do "crédito ambiental" que é a diferença entre o CO_2, que gera a combustão do biodiesel, e o que se pode fabricar (fixar) na plantação da matéria-prima. Essa relação sempre será maior que um combustível fóssil que, pela sua própria natureza, só gera gases de combustão sem ter no seu processo de fabricação a fase agrícola de fixação de carbono. O Brasil ao incentivar e implantar o Programa do Biodiesel, além de propiciar benefícios locais imediatos, como a criação de emprego e renda ainda terá a possibilidade de participar do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Segundo o site da Biodiesel Eco Óleo, os ganhos decorrentes da redução da emissão de CO_2, por queimar um combustível mais limpo (biodiesel), pode ser estimado em cerca de 2,5 toneladas de CO_2 por tonelada de biodiesel. No mercado europeu, os créditos de carbono são negociados por volta de US$ 9,25/tonelada. Portanto, 348 mil toneladas de biodiesel de mamona geram uma economia de 870 mil toneladas de CO_2, podendo ser comercializada por US$ 8 milhões. [2]

5.3 BIODIESEL: POLÍTICAS E VIABILIDADE

O governo brasileiro tem introduzido o biodiesel na matriz energética como forma de criar emprego e renda no campo e nas regiões mais pobre como o Norte e o Nordeste. As principais alternativas com potenciais para produção de biodiesel no Brasil são: soja, girassol, babaçu, dendê e mamona.

Digitized by Google

Dentre estas oleaginosas o governo federal escolheu incentivar de maneira mais agressiva a produção da mamona, por entender que ela pode ser produzida pela agricultura familiar e servir como inclusão social. Porém existe uma restrição econômica muito séria porque estudo do Centro Brasileiro de Infra-Estrutura *in* Jornal da Cana [3] apontou que, para atender a demanda (estimada em 300 milhões de litros por ano) de biodiesel do Nordeste, o plantio de mamona precisa crescer 180% até 2008, enquanto a produção de soja terá que aumentar 5% no período para atender a demanda do Centro-Sul. Observa ainda que além da necessidade de expandir o plantio, seria preciso avaliar que o custo do biodiesel de mamona é 50% mais caro que o óleo diesel (OD), enquanto o de soja é somente 10% mais caro.

Segundo levantamento da Conab *in* Jornal da Cana [3] o biodiesel produzido a partir da mamona custaria em 01 de julho de 2005 R$1,46/litro (US$0,62)[19], ante R$1,35 (US$ 0,58) do biodiesel de girassol e R$1,03 (US$ 0,44) do OD. Segundo estimativa da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais *in* Jornal da Cana [3], o preço do biodiesel de soja seria nessa mesma data R$1,31/litro (US$ 0,56).

Além do diferencial do preço do litro de biodiesel produzido através da mamona, ainda existem outros problemas de ordem logística e de concorrência no mercado entre os diversos setores da economia que utilizam este produto. O que determina o aumento ou a diminuição da oferta de um produto para um dado mercado é o seu preço. O preço de qualquer produto no mercado é dado segundo uma série de fatores que pode incluir sua aplicação, sua escassez, a concorrência entre os mercados que desejam utilizar aquele produto e outros.

A concorrência para a compra e a utilização dos derivados do óleo da mamona pode vir a neutralizar o incentivo, subsidio governamental criado para a plantação de mamona. Para Teixeira Junior *in* Jornal da Cana [3] o preço mínimo para o biodiesel originado do óleo de mamona terá de ser competitivo em relação aos preços do óleo de mamona no mercado internacional. Segundo aponta Amemya *in* Jornal da Cana [3] a escassez de mamona e a concorrência que o biodiesel sofrerá do mercado de óleos será grande, uma vez que a indústria farmacêutica, paga em torno de R$1 mil/tonelada (US$ 426,28) de

[19] Cotação de 01/07/2005 para todas as conversões de moeda realizada neste trabalho - R$2,3456/US$ - Banco Central do Brasil - http://www5.bcb.gov.br/pec/conversao/Resultado.asp?idpai=convmoeda

Digitized by Google

óleo de mamona, ante R$ 256,00 (US$ 104,86) no caso do óleo de soja, segundo a Conab *in* Jornal da Cana [3]. Na Tabela 5.1 pode se conhecer algumas das utilizações para os derivados da mamona para a área industrial.

Tabela 5.1

Aplicação industrial de derivados de óleo de mamona

Sítio de Reação Química	**Derivado**	**Aplicação**
Ligação Éster	Metilricinoleato	Nylon-11 (Fios, Tubos, Indústria Automobilística, Aeronáutica.)
Dupla Ligação	Óleo Hidrogenado	Ceras, lubrificantes, Cosméticos, Plásticos.
	Óleo Oxidado	Plasticizante, Protetores, Tintas, Adesivos.
Grupo Hidroxila	Óleo Desidratado	Sicativo.
	Óleo Sulfonado	Indústria Têxtil
	Ácido Sebácico	Lubrificantes, Nylon 6-10
	Óleo Etoxilado	Cosméticos, Detergentes, Lubrificantes de Superfície, Óleo de Corte, Fluído Hidráulico, Ind. Têxtil
	Poliuretanos	Telecomunicações, Materiais Elétricos, Produtos Biomédicos, Filtros Industriais
	Transesterificação	Biodiesel

Fonte: Savy Filho [4]

Outro ponto a ser discutido é a obrigatoriedade de uso da mistura de 2% do biodiesel ao diesel ainda em 2005. Tal imposição com diversas usinas ainda em construção, espalhadas pelo país, inclusive as da Petrobrás, estará incentivando o aumento do preço de um produto que já estará sendo subsidiado. A justificativa para tal obrigatoriedade, segundo o governo, é para que o biodiesel da mamona que já está pronto seja utilizado. Porém, de fato o que estará sendo incentivado é a importação de biodiesel do exterior ou a utilização deste produzida através da soja. A soja é a única matéria-prima, para a produção do biodiesel, que já possui infra-estrutura de transporte, distribuição e produção por todo país, mesmo sem incentivos, possui preço compatível no mercado nacional e internacional. O óleo de mamona é um produto muito "nobre" para ser utilizado para fins energéticos e dificilmente este programa do governo terá sucesso se continuar a se concentrar na produção de biodiesel por esta oleaginosa. O óleo de palma

Digitized by Google

(dendê) é o mais usado mundialmente porque além ter uma produtividade maior de óleo anualmente por hectare (t de óleo/ha/ano), os seus resíduos já são utilizados pelo mercado (ver Tabela 5.2).

Tabela 5.2 Características das oleaginosas mais cotadas para a produção do biodiesel.

Cultura	Produtividade (t de óleo/ha/ano)	Demanda de área de cultivo (ha) para a produção de 1000t de óleo
Mamona	0,7	1.429
Soja	0,6	2.000
Amendoim	0,7	1.429
Babaçu	0,12	8.333
Dendê	5,0	200

Fonte: *apud* Rocha [5]

O aproveitamento dessas oleaginosas para a produção somente do biodiesel na maioria das vezes não é viável economicamente, porém com o aproveitamento dos resíduos se torna mais atraente. Como exemplo, segundo Rocha[5]. o aproveitamento de uma tonelada de cacho de dendê dentro de uma agroindústria podem resultar no seguinte aproveitamento: 220 kg de óleo de palma; 25kg de palmiste; 25kg de torta de palmiste; 220kg de cachos vazios (usado como adubo); 120kg de fibra (usado para fazer cadeiras e outros); 50kg de casca (usados para fazer cadeiras e outros); 1.330kg de efluentes (usado como adubo). Esses subprodutos podem ser utilizados nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, cosméticos, fertilizante e outras. A legislação que determina a mamona e a palma como principais culturas a serem incentivadas já está sendo questionada por parlamentares e outras organizações. Produção de palmas como a de alguns municípios do Pará, que virou um "*mar de palmas*", no futuro poderão vir a ter problemas em colocar sua produção no mercado internacional, como na Europa, por motivos ambientais. A derrubada de florestas nativa para plantação destinada a produção de energia já esta sendo combatida e discutida como um processo inaceitável ambientalmente.

Digitized by Google

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem fatores ainda não resolvidos adequadamente que podem limitar ou se tornar desfavoráveis à produção de oleaginosas para a produção do biodiesel . Como por exemplo: a necessidade de investimento de longo prazo, a infra-estrutura para o transporte, a logística de coleta do produto, os elevados custos sociais, a mão-de-obra não qualificada e tradição, a legislação ambiental, os problemas políticos e as linhas de crédito inadequadas. Outro fator limitante pode ser a não implantação de política mais realista e igualitária em relação às oleaginosas escolhidas a serem incentivadas pelo governo. Isonomia quanto à matéria-prima a ser utilizada pelo produtor e o tipo de fornecedor para a agroindústria. Considerando que o país tem dimensões continentais e nem todas as regiões tem um só clima e nem uma só potencialidade agrícola, não existe motivo econômico ou social que justifique a determinação da oleaginosa a ser incentivada. Exemplo desse fato é a região Norte do país onde a maioria dos agricultores planta somente para sua autosubsistência, tem inúmeras possibilidades de culturas que podem ser utilizadas para a produção do biodiesel e que não contam como subsidiadas, como o pequi, o babaçu e outros frutos do cerrado. Não há necessidade também da obrigatoriedade de se comprar do agricultor familiar, uma vez que não existe ainda uma produção suficiente para o abastecimento do mercado brasileiro e o mercado mundial de biodiesel esta crescendo geometricamente. Estando ainda no início da implantação do programa precisa-se ainda fazer alguns ajustes no Programa do Biodiesel desenvolvido pelo Governo. Porém, os limites e dificuldades apresentadas neste trabalho são todas passíveis de serem resolvidas com pesquisas, determinação política e participação de todos os envolvidos no processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Hinrichs, Roger A; Kleinbach M. Energia e Meio Ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003

[2] Biodiesel Eco Óleo, Crédito de Carbono - MDL. Acessado dia 24.11.2005 site: http://www.biodieselecooleo.com.br/credito-de-carbono/index.htm

[3] Jornal da Cana -Mamona para biodiesel perde o brilho datado de 1/07/2005 http://www.jornalcana.com.br/conteudo/noticia.asp?area=Politica+Setorial&secao=Cana-Clipping&id_materia=17121

Digitized by Google

[4] Savy Filho, A. Cultura da Mamoneira. Centro de Grãos e Fibras;Oleaginosas. Instituto Agrônomo – IAC, 2005 www.iac.sp.gov.br/Centros/Centro de Grãos e Fibras/index.htm

Ministério de Minas e Energia (MME, 2004) www.mme.gov.br
[5] Rocha, R. A cultura do dendê: Aspectos gerais e importância para o programa nacional de produção e uso do biodiesel. Representante da Embrapa Amazônia Ocidental in

Seminário A Cultura do Dendê no Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. INCRA. Palmas (TO). 24 a 26/10/2005.

[6] Nappo, M. Garantia da disponibilidade do biodiesel. Representante da ABIOVE in Seminário de Biodiesel, Associação Brasileira de Engenharia Automotiva. SP. 04/18/2005. http://www.aea.org.br

Digitized by Google

CAPITULO VI

A IMPORTÂNCIA DO BALANÇO ENERGÉTICO ESTADUAL PARA O PLANEJAMENTO SETORIAL: O CASO DO TOCANTINS

Yolanda Vieira de Abreu
Adriano Jerônimo da Silva
Arlindo Kamimura

Digitized by Google

A IMPORTÂNCIA DO BALANÇO ENERGÉTICO ESTADUAL PARA O PLANEJAMENTO SETORIAL: O CASO DO TOCANTINS[20]

Yolanda Vieira de Abreu[21]
Adriano Jerônimo da Silva[22]
Arlindo Kamimura[23]

RESUMO

Este artigo tem como objetivo mostrar qual é a importância de se elaborar um balanço energético estadual (BEE), como instrumento de subsídio ao planejamento econômico setorial, tanto na esfera de influência dos poderes públicos, quanto nos interesses específicos dos investimentos privados. Estes últimos estão presentes, atualmente, dentro do atual modelo vigente, em toda a cadeia energética, desde a produção, transformação, transporte e no consumo final. O BEE faz um diagnóstico geral da composição, interna e externa ao Estado, de toda a oferta de energia primária e secundária, conectando-a ao consumo efetivado pelos diversos setores da sociedade.

Palavras-chaves: Balanço Energético Estadual (BEE); Planejamento; Desenvolvimento

6.1. BALANÇO ENERGÉTICO COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO

O *Balanço Energético* (BE) é um instrumento de subsídio ao planejamento e à gestão energética. É possível vislumbrar, utilizando-se o BEE, todos os atores e respectivos papéis, presentes na estrutura produtiva e social do Estado. O BEE, ao apresentar a oferta e consumo de todos os energéticos utilizados no Estado, faz emergir, naturalmente, aspectos concorrenciais entre fontes de energia, que são fundamentais nas análises de oportunidades de substituição e conservação energéticas, seja por motivos ambientais, econômicos ou sociais. Ao apresentar a composição da oferta interna e externa de todas as fontes de energia, deixa clara a participação do Estado nas questões

[20] Os autores apresentam seus agradecimentos ao Prof. Dr. Sinclair Mallet Guy Guerra, do DE/ FEM/UNICAMP, por sua contribuição crítica.
[21] Universidade Federal do Tocantins – Economia e do Mestrado em Agroenergia da UFT. yolanda@uft.edu.br
[22] Ministério de Minas e Energia - SPE/MME. adriano.silva@mme.gov.br
[23] Universidade de São Paulo – PPGE/ IEE/USP. kamimura@iee.usp.br

Digitized by Google

ligadas à produção energética, parâmetro indispensável nas negociações de *royalties* e direitos provenientes de usos de recursos internos ao Estado.

O BEE permite ao usuário, seja técnico, científico, decisor ou mero estudioso, uma rápida visão da dinâmica e das transformações sofridas pelas *Matrizes Energéticas* (ME) passadas, facilitando a elaboração de cenários de políticas, contemplando as rotas e alternativas, que favoreçam o desenvolvimento técnico e econômico, ao menor custo para a sociedade.

Para elaborar o BEE é necessário, portanto, o levantamento dos principais dados e fluxos energéticos, referentes à produção, importação/exportação, transformação e consumo final das diferentes formas de energia, pelos diversos segmentos da sociedade. Sua elaboração anual deve compreender uma seqüência de atividades:

- Obter junto às instituições oficiais e privadas, empresas, associações de classe, sindicatos e outras entidades possíveis, informações energéticas e econômicas, solicitando os dados pertinentes;
- Receber preliminarmente dados em sua forma original;
- Proceder à análise crítica das informações existentes empregando metodologias adequadas;
- Lançar no sistema computacional os dados de energia primária, transformação e consumo final, nas respectivas posições da matriz de consolidação;
- Consolidar e elaborar finalmente as tabelas e gráficos, completando com alguns comentários analíticos pertinentes.

Uma vez consolidadas as informações passadas, o BEE se torna o instrumento básico para as análises prospectivas, tanto da dinâmica oferta/demanda energética, quanto dos aspectos econômicos e sociais a ela associados. Essas análises são conhecidas como Matrizes Energéticas Futuras.

Um dos primeiros e mais conhecido método para elaborar a Matriz Energética foi o modelo técnico-econômico conhecido como MEDEE (Modelo de Avaliação da Demanda Energética). Este modelo, construído por um organismo francês

Digitized by Google

(IEJE/Grenoble) e uma vez adaptado às condições brasileiras tem sido o padrão de aplicação em quase todo o mundo. Esse mesmo método tem sido mais modernamente acrescido de técnicas atuais, cujo destaque é o modelo LEAP (*Long-range Energy Alternatives Planning System*). Tal modelo possibilita uma interface para a demanda além de permitir uma visão integrada com a oferta e os impactos ao meio ambiente.

Estes métodos utilizam a técnica de cenários, que permitem simular, coerentemente, os comportamentos distintos dos determinantes da demanda segundo seu uso final, como por exemplo, a evolução da distribuição de renda, da estrutura do PIB e as eficiências dos equipamentos de uso final, etc.

O ponto crucial do enfoque está na forma desagregada de avaliação da demanda futura de energia, baseada na técnica de cenários técnico-econômicos. Na análise da demanda, os instrumentos analíticos utilizados levam em consideração os usos finais de energia e os rendimentos dos equipamentos e transformação utilizados.

Estes métodos e/ou modelos pressupõem que a sociedade não utiliza a energia como um fim, mas sim como meio para satisfazer suas necessidades econômico-produtivas (atividades agrícolas, por exemplo), sociais (deslocamento pessoal) e seus hábitos culturais (como assistir televisão). O conhecimento discriminado destas necessidades e a análise das alternativas de tecnologias e rotas para atendê-las permitem avaliar a demanda e a matriz energética futura.

A vantagem desses procedimentos é colocar a questão da oferta e uso final da energia numa abordagem desagregada e transparente. Tais procedimentos permitiram aos atores intervenientes nos diferentes domínios do setor energético (eletricidade, gás, álcool, petróleo) ou a ele relacionados (usuários da energia, representantes da sociedade civil, entidades governamentais), um início de diálogo visando à definição de políticas ou diretrizes que possibilite à sociedade um crescimento racional, minimizando desperdícios e impactos ambientais.

Os itens utilizados para relacionar a energia e a sócio-economia são:

- Produto Interno Bruto por Setor

Digitized by Google

- Consumo Final de Energia por Setor
- Intensidade Energética por Setor (consumo energia/PIB setorial)
- Oferta de Energia/PIB/População
- Oferta de Energia por Área/PIB
- Setor Residencial - Energia/População
- Setor Transporte - Energia/Valor Agregado
- Energia/Produção Física - Setores Energointensivos
- Gastos em Divisas com Importação de Petróleo e derivados

6.2. A IMPORTÂNCIA DA MONTAGEM DE UM BEE PARA O TOCANTINS.

O Estado do Tocantins possui um grande potencial hidrelétrico e por isso alguns concluem que o planejamento ou o *Balanço Energético Estadual* (BEE) é desnecessário. Tal conclusão leva a pensar que não existe motivo para se preocupar com as conseqüências da falta de um planejamento adequado. É possível afirmar a incorreção desta conclusão, primeiramente porque a montagem de um BEE não inclui somente fontes para a produção de energia elétrica, mas todas as outras, como, por exemplo, biomassa, gás natural, urânio, carvão e o petróleo e seus derivados. Um segundo ponto a ser observado é que o setor de energia elétrica é planejado em nível federal, no qual nem sempre os interesses estaduais são reconhecidos e acatados. Este fato leva os Estados a terem de se preocupar em conhecer a demanda de energia e seus aspectos concorrenciais e sua oferta disponível em nível local e nacional. Os que já tem um sistema de informação sobre seu potencial energético, não só para produção de energia elétrica, mas também de outras fontes, poderão se antecipar e evitar crises em suas regiões.

O setor elétrico é planejado com antecedência em nível nacional e, para tal, já existe uma projeção de matriz energética até 2022. Desde a privatização da maioria das antigas estatais, da criação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e do Mercado Atacadista de Energia (MAE)[24] os geradores podem comercializar livremente contratos com distribuidoras, comercializadoras e grandes consumidores em qualquer parte do país. Por isso, nada garante que as hidrelétricas construídas dentro do Estado do

[24] Atualmente CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

Digitized by Google

Tocantins suprirão apenas a demanda tocantinense por energia elétrica, dado que estas atividades envolvem compromisso contratual.

O atual modelo para o setor elétrico implantado desde o final de 2003 segmenta a comercialização da energia agora no âmbito da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE (antes conhecida com MAE) e determina que as distribuidoras de energia somente podem contratá-la por meio das licitações de acordo com as condições da atual regulamentação. Tal modelo também determina que os acordos bilaterais realizados em ambiente de contratação livre somente poderão ser realizados entre os consumidores livres ou comercializadoras de energia em condições e tarifas livremente negociadas. Esses itens somente reforçam a questão de que os geradores de energia poderão vender a energia produzida para o comprador que oferecer a melhor tarifa. Deve-se lembrar que as hidrelétricas estão sendo construídas pelo setor privado, que têm como finalidade o lucro, por isso devem realizar negócios que atendam aos seus interesses. Esse fato mostra que os governos estadual e federal não têm força de intervenção sobre as decisões da empresa. Porém, caso o governo estadual perceba que no futuro haverá falta de energia ou que seus projetos para o Estado incluam consumo de energia muito acima do nível atual, estes precisarão tomar algumas providências para garantir o desenvolvimento do Estado ou da região.

O Balanço Energético Estadual (BEE) não é só importante para o Estado, mas também para a distribuidora de energia, no caso do Tocantins, a CELTINS e a empresa responsável pela transmissão, que é a Eletronorte. O BEE oferecerá uma visão sobre a demanda e oferta futura de energia que, utilizando os modelos indicados anteriormente para realizá-lo, são extremamente sensíveis a fatores como o comportamento da estrutura produtiva, modelos de desenvolvimento econômico e energético, programas ambientais e de conservação, opções e alternativas de transportes, culturas agrícolas, estilo e nível de vida das classes populacionais e outros.

Cogita-se, a partir de 2015, a construção de um gasoduto vindo da Venezuela, cujo traçado do projeto inicial passa pelo Brasil, Uruguai e a Argentina, conhecido como *Gasoduto da Integração Sul-Americana*. Este gasoduto terá uma capacidade diária de transporte, disponível para comercialização, da ordem de 150 milhões de metros cúbicos. Apenas no Brasil, terá uma extensão de cerca de 9.750 km que envolverá

Digitized by Google

investimento da ordem de 23,27 bilhões de dólares. Tal gasoduto atravessará o Estado do Tocantins, entrando pela cidade de Araguatins, seguindo pela BR 153, até chegar ao Estado de Goiás. Assim, é razoável acreditar que haverá oferta de gás natural na região do gasoduto e, para o Estado do Tocantins, ter um Balanço Energético é fator chave para que se organize estatísticas em energia.

O Balanço Energético Estadual não dará todas as respostas necessárias porque isso é impossível. Porém, incorpora simulações e hipóteses coerentes sobre a evolução futura dos mecanismos determinantes do consumo energético nos cenários montados para o Estado e para o país. Aliás. Neste fato repousam e se justificam a existência e a necessidade do planejamento integrado. Considere-se que o futuro não é objeto de profecia nem mera conseqüência inercial do passado, mas algo no qual se pode efetivamente interferir e mudar, através de decisões e políticas implantadas no presente e que se pode avaliar utilizando um ferramental metodológico conveniente de análise da matriz energética.

O BEE fornece indicadores de consumo energético por setores da sociedade. Com estes dados os órgãos executores e gestores da política energética estadual juntamente com as empresas do setor poderão verificar como está sendo utilizada a energia e realizar ações de esclarecimentos e correções de possíveis e eventuais distorções.

Este instrumento de planejamento também oferece dados para estimar a expansão das linhas de transmissão e distribuição dentro do Estado, bem como estimar mercado para gás natural. Atualmente, a expansão das linhas de transmissão e distribuição é um entrave maior para o atendimento da demanda do que a própria geração. Estas linhas são responsáveis por levar a energia gerada até o consumidor final.

A localidade que não tiver uma rede de distribuição de energia elétrica acessível terá mais dificuldade para acessar o produto do que aquela que possui uma proximidade menor com esta. A previsão de crescimento de demanda de energia elétrica poderá indicar à concessionária a necessidade de procurar mecanismos de expansão de sua linha de distribuição. Do mesmo modo a empresa responsável pela linha de transmissão poderá se adiantar expandindo também a rede de transmissão para que se possa ter mais acesso a uma maior quantidade de energia. No caso do gás natural, a empresa

Digitized by Google

distribuidora poderá identificar potenciais mercados, de acordo com a demanda por energéticos, tais como óleo combustível, na indústria; gasolina e álcool, no setor de transporte, lenha, na indústria de cerâmica; entre outros, inclusive cogeração.

6.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção e a elaboração do BEE-TO propiciam dados e informação que traz o conhecimento e a consciência da participação do Estado nas reservas e recursos energéticos do país. Estes conhecimentos proporciona ao Estado de Tocantins um poder de negociação junto à esfera federal, certamente maior do que a sua inexistência. Não é por mera arrogância ou simples coincidência, que as principais unidades da federação, como São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia, Paraná, Rio Grande do Sul e agora, recentemente, Mato Grosso do Sul, realizam anualmente seus balanços energéticos. Portanto, o Balanço Energético Estadual é muito mais do que um documento para assessorar os Governos em seu planejamento do setor energético. Este é, também, um instrumento indispensável para o Estado planejar o seu crescimento e a sustentabilidade do mesmo.

REFERÊNCIAS. BIBLIOGRAFICAS

BEN/MME "Balanço Energético Nacional", MME – Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético.

L. Puiseux, "Méthodes de Prevision de Consommation à Moyen et Long Terme", MANUAL INTERNATIONAL, UNIPEDE, 1972.

BEU – BALANÇO DE ENERGIA UTIL, FDTE – MME, 1995.

Prado, L.T.S.P *et al*li "A Utilização do Modelo MEDEE na Avaliação de Demanda de Energia do Brasil" in Revista Estudos Econômicos, nº 11, Instituto de Pesquisa Econômica USP, 1981.

Tolmasquim, M.T. *et al*li "A Matriz Energética Brasileira na Virada do Milênio" ENERGE-COPPE-UFRJ, 2000.

Digitized by Google

CAPITULO VII

DESENVOLVIMENTO, CRESCIMENTO ECONÔMICO E SUSTENTABILIDADE

Karyn Siebert Pinedo
Yolanda Vieira de Abreu

Digitized by Google

DESENVOLVIMENTO, CRESCIMENTO ECONÔMICO E SUSTENTABILIDADE[25]

Karyn Siebert Pinedo[26]
Yolanda Vieira de Abreu[27]

RESUMO

Este capítulo pretende descrever as duas principais correntes teóricas em economia sobre a questão ambiental. Em seguida se discute as dificuldades de mudança em função da contradição existente entre padrão de consumo, bem estar social e equilíbrio ambiental. As mudanças do padrão de consumo e a necessidade de utilização dos recursos naturais existentes de forma mais equilibrada e justa são condições imperativas à sustentabilidade ambiental, social e econômica mundial.

Palavras - chave: Economia do meio ambiente; Economia ecológica; Sustentabilidade

7.1 INTRODUÇÃO

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em junho de 1972 em Estocolmo, chamou a atenção das nações para o fato de que a ação humana estava causando séria degradação da natureza, contribuindo para agravar os riscos da sobrevivência da própria humanidade. Tal conferência foi marcada por uma visão antropocêntrica de mundo, em que o homem era tido como o centro de toda a atividade realizada no planeta, desconsiderando o fato da espécie humana ser parte da grande cadeia ecológica que rege a vida na Terra.

O fato marcante desse encontro foi o confronto entre as perspectivas dos países desenvolvidos e as dos países em desenvolvimento. No centro desse confronto estavam

[25] Este texto foi escrito utilizando a nova ortografia oficial dos países de língua portuguesa.
[26] Mestranda do Mestrado em Agroenergia da UFT.
[27] Universidade Federal do Tocantins – Economia e Mestrado em Agroenergia da UFT.

Digitized by Google

os países em desenvolvimento que defendiam a ideia de que era preciso primeiro desenvolver-se industrialmente, para somente depois se preocupar com o combate à poluição. Esses países argumentavam encontrar-se com grandes problemas sociais e necessitavam desenvolver-se economicamente, e de modo rápido. Do outro lado, os países desenvolvidos estavam preocupados com os efeitos da devastação ambiental sobre a Terra e proporam um programa internacional voltado à conservação dos recursos naturais e genéticos do planeta, pregando que medidas preventivas teriam que ser encontradas imediatamente para que se evitasse um grande desastre. Os países em desenvolvimento acusavam os desenvolvidos de impor-lhes exigências de controle ambiental que poderiam encarecer e retardar sua industrialização.

Essa Conferência acirrou as posições opostas entre ambientalistas e desenvolvimentistas. Os primeiros não veem saída senão através do crescimento zero e da regressão dos padrões de consumo atual. A característica principal dos desenvolvimentistas[28] é a fé "cega" no progresso técnico de resolver os problemas ambientais sem mudar o atual padrão tecnológico e de consumo. (Romeiro, 1991, p.149).

A visão da facção desenvolvimentista, nessa Conferência, ainda era a adotada e propagada após a Segunda Guerra Mundial. Essa visão afirmava que o crescimento econômico e a industrialização eram as condições necessárias para alcançar o desenvolvimento e o bem-estar social.

A visão dos ambientalistas, nessa Conferência, era a do crescimento "zero". Pode também ser considerada ingênua, porque mesmo que o crescimento em valor econômico/monetário seja zero ou negativo, pode haver um ônus ambiental maior devido ao desejo de poupar custos no sistema econômico.[29]
Como saída conciliadora para esse impasse entre desenvolvimentistas e ambientalistas surgiu o Ecodesenvolvimento. Este foi apresentado como um instrumental que poderia conciliar as partes.

---

[28] Também grandes defensores da tecnologia como solução para os problemas que poderão surgir no futuro. As conseqüências advindas, por exemplo, da extinção de alguns recursos naturais ou da poluição, poderão ser
solucionadas com a implantação de novas tecnologias, e se algum dia todos os recursos naturais se exaurirem poderão ir buscar em outros planetas.
[29] Ver ALTVATER, E., O preço da riqueza, São Paulo: UNESP, 1995, Cap.1

Digitized by Google

Nessa mesma conferência, foi apresentado o Relatório do Clube de Roma (1972) sobre o Dilema da Humanidade[2], concluindo que o crescimento desenfreado tanto do capital quanto da população, poderia levar a um colapso. Nele, foi proposta a imposição de algum tipo de limite a esses dois tipos de crescimento.

> "Pode haver discordância sobre a afirmação de que o crescimento da população e do capital precisa parar em breve. Mas virtualmente ninguém discute que o crescimento material neste planeta pode continuar para sempre. Nesta fase da história da humanidade, a escolha indicada acima ainda é possível em quase todas as esferas da atividade humana. O homem ainda pode escolher seus limites e parar quando quiser, seja afrouxando algumas das pressões fortes que causam o crescimento de capital e de população, seja instituindo contrapressões, ou então, fazendo ambas as coisas. Tais contrapressões provavelmente não serão completamente agradáveis. Elas certamente trarão radicais mudanças nas estruturas sociais e econômicas que têm sido profundamente impressas na cultura humana, através de séculos de crescimento". (MEADOWS, 1972, p.151)

A Conferência de Estocolmo e o Relatório do Clube de Roma suscitaram um grande debate nos meios intelectuais e políticos, levando a mudanças no modo de pensar e agir, tanto do lado dos desenvolvimentistas quanto dos ambientalistas, nas décadas de oitenta e noventa.

A visão de que o crescimento econômico e a industrialização trariam desenvolvimento social, intelectual e tecnológico, elevando os países subdesenvolvidos a categoria de países desenvolvidos, solucionando algumas dificuldade como falta de "know how" e a eliminação da pobreza, não se verificou na prática. Na maioria dos países em desenvolvimento o PIB cresceu nesse período (entre o pós-guerra até 1972), porém não significou um aumento do bem-estar social ou maior desenvolvimento.

Verificou-se que até nos Estados Unidos a população tinha dificuldade de alcançar a "felicidade" prometida pelo crescimento econômico e tecnológico. Os males das sociedades modernas, como drogas, desemprego, aumento da poluição, degradação ambiental e outros, surgiram como conseqüência do crescimento econômico desenfreado e as causas e sintomas, tanto material como espiritual, advindos desse crescimento, levaram a população a questionar o crescimento material desequilibrado. Ser rico e próspero, seja o país ou o indivíduo, não são condições suficientes para

Digitized by Google

alcançar o bem-estar individual ou social. O próprio Relatório do Clube de Roma descreve as mazelas criadas pelo crescimento que afligiram ricos e pobres nos EUA em 1972 e ainda hoje a situação se perpetua:

> "A pessoas mais ricas, que têm opção econômica, estão mudando para os subúrbios, que cada vez mais circundem as cidades. As áreas centrais caracterizam-se pelo barulho, poluição, crime , uso de drogas, pobreza, greves de trabalhadores e paralisação dos serviços sociais. O crescimento parece ter sido interrompido por problemas que não têm solução técnica."(MEADOWS, 1972, p.148)

O crescimento econômico quando relacionado com o desenvolvimento econômico reflete a crença de que este por si só pode proporcionar uma vida melhor para todos os cidadãos[30]. Porém, sozinho não conduz necessariamente ao desenvolvimento ou ao progresso. No entanto, é um componente necessário de um processo maior de desenvolvimento. Assim, como outros (o social, o ambiental e o político), o fator econômico não é maior e nem o mais importante, uma vez inter-relacionados, não podendo agir isoladamente. Tem que interagir de forma integrada, para alcançar o desenvolvimento desejado.

Uma forma alternativa de conceito de desenvolvimento pode ser encontrada em Goulet (1997) onde a riqueza genuína pode não depender de posses materiais, como prega o capitalismo, mas sim de bens qualitativos. Utilizando-se do modelo de desenvolvimento autêntico, formulado por L.J. Lebret (op.cit Goulet,1997), descreve como o fato dos membros de uma sociedade ter ou não ter acesso aos bens essenciais, também pode determinar seu grau de desenvolvimento.

> "uma sociedade é mais desenvolvida, não quando seus cidadãos 'tem mais', mas quando todos podem 'ser mais'. O crescimento material e o aumento quantitativo são necessários para o desenvolvimento humano genuíno, mas que não seja crescimento de qualquer tipo, nem aumento a qualquer preço. Nos termos de Lebret, uma sociedade permanece subdesenvolvida ou pseudodesenvolvida enquanto um pequeno número de indivíduos ou grupos privilegiados permanecer alienado em uma abundância de bens (facilidades) de luxo a custo dos muitos que estão deste modo, privados das suas necessidades essenciais (subsistência). Em tais situações, tanto os ricos quanto os pobres sofrem de satisfação insuficiente de suas necessidades de "melhoria" ou "promoção.

[30] Ver MISHAN, E.J. "XXI. El crecimiento de la abundancia e la disminución del bienestar. In: DALY,H.E. Economia, ecología, ética. México: Fondo de Cultura Economico, 1989, p.171-290

Digitized by Google

> Desenvolvimento autêntico não pode existir quando necessidades de primeira ordem de muitos são sacrificadas em favor das necessidades de luxo de poucos, ou quando as necessidades de melhoria de muitos não são satisfeitas. É por isso que Fromm declara que a "alienação afluente" não é menos desumanizadora que a "alienação empobrecida".(Goulet, 1997, p.77)

Tendo os países em desenvolvimento percebido que o crescimento econômico não é, por si só, condição necessária e suficiente para a melhoria da qualidade de vida, porque alguns desses países já haviam alcançado um patamar considerável de crescimento econômico, porém não tinham alcançado os níveis de desenvolvimento tecnológico, social, industrial e outros almejados, entenderam que precisavam mudar ou reformular suas metas.

O padrão tecnológico dominante nos países desenvolvidos, já não é passível de generalização em escala mundial, por razões de ordem ecológica. O caminho para o desenvolvimento deve ser distinto dos anteriores e ser o mais sustentável possível.

O debate sobre meio ambiente e desenvolvimento prosseguiu com a ECO/92, porém agora os atores estavam em posição opostas as de 1972. Nessa nova fase, os países em desenvolvimento defendiam uma proposta de desenvolvimento sustentável e os desenvolvidos propugnavam continuar no mesmo ritmo de crescimento. Os primeiros mudaram de posição, ao reavaliarem a questão e perceberem que a pobreza realmente degrada o meio ambiente. Perceberam, também, que o problema da desigualdade entre os países, não estava na pobreza, mas sim no excesso de consumo dos países ricos e no modo inconsequente de transformarem e utilizarem os recursos naturais. Os que mais contribuem para a degradação do planeta Terra não são os países pobres, como apontava o relatório do Clube de Roma, porque esses podem ainda partir para a implantação de um outro tipo de desenvolvimento menos poluente, menos degradante e mais ambientalmente correto. Porém, o são os países os ricos que têm dificuldades de reavaliar seu modo de produzir bens e de consumi-los. A partir desse ponto, as relações começaram a fluir de forma mais amena e a se burocratizar.

Atualmente, é consenso que qualquer tipo de desenvolvimento industrial traz consequências globais. O meio ambiente e o desenvolvimento devem ser planejados

Digitized by Google

conjuntamente e harmoniosamente. Esses são os principais motivos porque os países do Norte do Planeta não podem mais ver os países do Sul somente como regiões a serem exploradas. O Planeta Terra é o todo, para a natureza não existe os desenvolvidos do Norte e os subdesenvolvidos do Sul, mas sim o todo, o desequilíbrio ambiental de um certamente afetará ao outro. Essa consciência levará a uma nova reestruturação dos paradigmas do desenvolvimento e do sistema de forças entre as diversas nações.

7.2 ECONOMIA, DESENVOLVIMENTO E AS QUESTÕES AMBIENTAIS

No final dos anos 60, a emergência do movimento ambientalista e o choque do petróleo no início dos anos 70, fizeram dos recursos naturais, da energia e do ambiente em geral um tema de importância econômica, social e política, o qual pode ser chamado "Questão Ambiental". Esta trouxe a crítica ao modelo de desenvolvimento econômico vigente, apontando para um conflito, senão uma possível incompatibilidade, entre crescimento econômico e preservação dos recursos ambientais, e que tal conflito, em última instância traria limites à continuidade do próprio crescimento econômico.

Na Conferência de Estocolmo (1972), surge como terceira-via, a teoria do Ecodesenvolvimento, segundo a qual desenvolvimento econômico e preservação ambiental não são incompatíveis, mas, ao contrário, são interdependentes para um efetivo desenvolvimento.

> "Em resumo, o ecodesenvolvimento é um estilo de desenvolvimento que, em cada ecorregião, insiste nas soluções específicas de seus problemas particulares, levando em conta os dados ecológicos da mesma forma que os culturais, as necessidades imediatas como também aquelas a longo prazo. (...) Em vez de atribuir um espaço excessivo à ajuda externa, dá um voto de confiança à capacidade das sociedades humanas de identificar os seus problemas e de lhes dar soluções originais, ainda que se inspirando em experiências alheias. Reagindo contra as transferências passivas e o espírito de imitação, põe em destaque a autoconfiança. Resistindo a um ecologismo exagerado, sugere, ao contrário, a constante possibilidade de um esforço criador para o aproveitamento da margem de liberdade oferecida pelo meio, por maiores que sejam as restrições humanas obtidas em meios naturais comparáveis são testemunhos eloquentes desta possibilidade. Mas o sucesso pressupõe o conhecimento do meio e a vontade de atingir um equilíbrio durável entre o homem e a natureza."(Sachs, 1986, p.18)

Digitized by Google

A partir dos anos de 1960 o economista preocupado com a ecologia deveria, pois, esforçar-se por encontrar passarelas entre seus modelos de criação e de circulação de valores de uso e de troca e os modelos de fluxos de energia e de matéria que subentendem a produção, porém teria de resistir ao reducionismo ecológico tanto quanto ao reducionismo econômico.(Sachs, 1986, p. 30)

O conceito de ecodesenvolvimento tem que ser operacional. Constitui uma diretiva de ação (ou melhor, uma filosofia de desenvolvimento) cujo valor só pode ser julgado à luz da prática. (op.cit., p.26). O enorme desafio do ecodesenvolvimento seria a identificação e satisfação, em base sustentável, das necessidades genuínas de cada pessoa e de toda a população, respeitando-se a sua diversidade e potencialidade criativa de mudança. (op.cit, p. 67)

A proposição de Desenvolvimento Sustentável adquire sua forma mais consolidada no Relatório Brundtland (CMMAD, 1988). Segundo este, o desenvolvimento deve ser entendido pela eficiência econômica, equilíbrio ambiental e pela equidade social. Também o define como aquele que satisfaz as necessidades atuais sem sacrificar a habilidade das futuras gerações satisfazer as suas.

Assim, a proposição de que é necessário e possível intervir e direcionar o processo de desenvolvimento econômico de modo a conciliar eficiência econômica, desejabilidade social e prudência ecológica, passa a ter uma aceitação generalizada. Porém, as divergências continuam, principalmente no que concerne aos mecanismos dessa intervenção, as quais estão relacionadas no modo de propor sugestões para o "casamento" entre crescimento econômico e meio ambiente.

As dificuldades desse entendimento revelam-se não apenas nas incontáveis definições de desenvolvimento sustentável mas, principalmente, nas diferenças de interpretação de uma mesma definição. O Prof. Ignacy Sachs continuou a percorrer o caminho, por ele desenvolvido, sobre o ecodesenvolvimento, priorizando o planejamento como ferramenta fundamental de política. Outros autores desenvolveram o paradigma da Economia Ecológica, procurando uma maior compreensão sobre o meio ambiente e suas "teias" complexas de sustentabilidade. Tal corrente também é uma vertente do "ecodesenvolvimento", porém, focalizou sua análise no terreno das ciências físicas e

Digitized by Google

biológicas, levando em consideração as diferentes disciplinas e considerando as peculiaridades relacionadas às questões ambientais, ecológicas e energéticas inclusive os aspectos econômicos envolvidos nos processos ao longo do prazo, desenvolvendo análises do funcionamento do sistema econômico e das inter-relações entre este e o sistema ambiental. Outra corrente, atuante, é as dos neoclássicos, que tem como principais características a defesa do "mercado" e a mínima intervenção do Estado, para estes a questão ambiental é tratada como externalidade.

As duas correntes de pensamento que permaneceram são divididas dessa forma:

- ◊ as vinculada à concepção neoclássica e
- ◊ as correntes alternativas à visão neoclássica.

7.2.1 Visão dos Neoclássicos sobre o meio ambiente.

Na visão de desenvolvimento sustentável da corrente de interpretação neoclássica, o sistema econômico é visto como suficientemente grande, para que o meio ambiente se torne uma restrição à sua expansão, mas uma restrição apenas relativa, superável indefinidamente pelo progresso científico e tecnológico. Tudo se passa como se o sistema econômico fosse capaz de se mover suavemente de uma base de recursos para outra, à medida em que cada uma é esgotada, sendo o progresso científico e tecnológico a variável chave para garantir que esse processo de substituição não limite o crescimento econômico a longo prazo.

Tem um horizonte temporal de aproximadamente 60 anos, não levando em consideração as gerações futuras. Trata a questão de meio ambiente como externalidades e, por isso, admite a intervenção do Estado para corrigir as falhas de mercado. Utilizando-se dos custos de degradação e do fazer valer preços. A intervenção do Estado se daria através de medidas de comando e controle para casos específicos (taxação pigouviana e outras) e, na maioria dos casos, utilizando instrumentos de mercado. No entanto, é importante lembrar que a subcorrente "coaseana" (Coase, 1960) argumenta que a intervenção do Estado é desnecessária, a partir do momento em que se definem direitos de propriedade para bens ambientais.

Digitized by Google

A corrente neoclássica supõe que se o valor atribuído ao meio ambiente aumenta com o tempo, deslocando a curva dos custos de degradação, passa a haver um estímulo para a introdução de novas tecnologias, que poupem o uso dos serviços de deposição de resíduos consumidos por determinado bem. Assim, o problema ambiental seria resolvido pelo mercado, com a ajuda da tecnologia que determinaria a escala ótima de degradação ambiental (através da internalização dos custos corretos e de políticas ambientais de mercado).

O encontro das curvas de custos marginais de controle da poluição e a de poluição conduziria a escala de poluição ótima, esse processo não leva em conta a dinâmica ecológica.

Segundo Godard (1992,)[31] nesse processo ocorre uma destruição líquida (devido a ultrapassagem da capacidade de assimilação) não compensada. O conceito de externalidade, aplicado as questões ambientais, leva em conta apenas as consequências de segunda ordem desta destruição líquida, ou seja, aquelas que afetam as funções de utilidade de outros agentes, assim o conceito de poluição ótima reflete uma incompensação dos processos ecológicos fundamentais, e se torna um conceito estritamente econômico.

O esquema analítico neoclássico pode, em um plano mais geral, ser incluído no que Godard (1993:150)[32] chamou de universo estabilizado. Nesse universo, os agentes econômicos têm uma percepção direta dos efeitos externos ou dos bens coletivos, bem como suas preferências são bem informadas (premissas dos teóricos neoclássicos). Somente os interesses ou preferências dos agentes presentes são diretamente pertinentes e estes dispõe de diversos procedimentos sociais adequados para exprimir suas preferências. Uma observação importante, feita por Daily (1996), sobre esse assunto é que nesse caso os preços de mercado refletiriam a escassez de cada recurso em particular e não a escassez absoluta dos recursos em geral. Traduzindo a idéia neoclássica, trata-se de obter preços ótimos que indiquem a extração ótima a seguir até

[31] Op.cit Romeiro, A.R. *et al*li, Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais, Campinas,SP:UNICAMP.IE,1996, p.86
[32] idem

Digitized by Google

que se extraia a última unidade do recurso em questão, sem levar em consideração as conseqüência para o ecossistema.

Essas premissas têm como base a idéia que os conhecimentos científicos encontram-se estabilizados no que concerne aos problemas ambientais em foco: cadeias causas elucidadas, danos bem determinados, imputação de responsabilidades isenta de ambiguidade. Portanto, os fenômenos em causa seriam reversíveis.

Nesse contexto, o conhecimento científico estabilizado, constituiria um mundo para todos os atores, antecedendo a ação. Portanto, os preços dos bens ambientais refletiriam não somente a opinião e a vontade dos agentes econômicos (soberanos), como também esta opinião representaria uma percepção correta da gravidade de cada problema. Tal situação não pode ser verídica, uma vez que as premissas estão fora da realidade, não existe um conhecimento científico estabilizado e os atores não sabem exatamente quais são suas preferências, uma das razões disso, é que eles não possuem todas as informações necessárias, sobre causas e efeitos, de suas escolhas sobre o meio ambiente, para se decidirem.

7.2.2 Visão da economia ecológica sobre o meio ambiente

A segunda visão vê o sistema econômico como um subsistema de um todo maior que o contém – o meio ambiente, o qual impõe uma restrição absoluta à sua expansão. Capital e recursos naturais são essencialmente complementares. O progresso científico e tecnológico é fundamental para aumentar a eficiência na utilização dos recursos naturais em geral (renováveis e não-renováveis). A longo prazo, os recursos naturais renováveis impõem os limites dentro dos quais o sistema econômico deve operar.

Essa visão é encampada dentro de várias vertentes teóricas, como a do ecodesenvolvimento, economia ecológica e outras. Algumas dessas abordagens buscam realizar análises do sistema econômico a partir de critérios estritamente ecológicos, para isso utilizando a energia como unidade geral de análise do sistema, o que levou autores como Odum e seus seguidores a proporem uma "teoria do valor-energia". Entre esses dois extremos, há contudo uma gama de autores que juntaram-se as ideias de Georgescu-Roegen. Esse autor utiliza-se centralmente os princípios biofísicos

Digitized by Google

(especialmente os termodinâmicos), sem contudo entenderem que a dimensão social da economia possa ser reduzida a estes ou à energia para sua compreensão.

Do ponto de vista econômico, político, institucional e cultural evidentemente são enormes as implicações da segunda corrente de interpretação de desenvolvimento sustentável vista acima. O reconhecimento da existência de limites absolutos à expansão do subsistema econômico tem as seguintes implicações:

- ◊ necessidade de estabilizar a produção material/energética a um nível sustentável. Limitar em relação à capacidade natural do ecossistema (para regenerar insumos e absorver resíduos em um nível sustentável)
- ◊ admitir que o crescimento econômico tem que parar em algum momento.

Segundo Daly (1996),[33] essa situação pode ser denominada de economia do estado estacionário (EEE). Porém, esse estado para ele, não implica ausência de desenvolvimento mas leva a uma outra visão deste, que se define pela melhoria qualitativa na transformação e uso dos recursos naturais, através da ciência e tecnologia, em acordo com um padrão de consumo menos centrado no uso de recursos não-renováveis.

De qualquer modo, admitir que o crescimento estritamente econômico (da produção material/energética) tem limites remete às delicadas questões da solidariedade sincroniza da geração atual, dadas as presentes disparidades de renda (nacional e internacional), e da solidariedade diacrônica entre as gerações, uma vez que esta exigiria mudanças profundas no estilo de vida predominante, nos países industrialmente avançados e que se difunde parcialmente nos países em desenvolvimento.

Para Norgaard (1997, p.83) existe considerável concordância com respeito às direções que a humanidade deve seguir para alcançar a sustentabilidade econômica, ambiental e social. Para ele, há necessidade da existência de novas instituições que conservem os ativos naturais e os repassem aos nossos filhos, que estimulem a regeneração dos recursos renováveis e a manutenção da diversidade biológica, que desenvolvam novas

[33] Romeiro, 1999 (Texto para Discussão 68)

Digitized by Google

tecnologias que usem recursos renováveis e possibilitem estilos de vida que poupem energia e evitem o gasto material intensivo. Essas instituições assumiriam várias formas. Para a implantação dessas ideias é necessário adotar novos hábitos quanto ao consumo, à educação dos jovens e à poupança para o futuro. Fazer correções nos incentivos de mercado certamente serão úteis. Serão necessárias, também, medidas verdes de desempenho econômico agregado. Faz-se necessário a criação de condições para a realização de pesquisas destinadas a redirecionar a ampliação do conhecimento científico e o desenvolvimento de opções tecnológicas.

Para concluir, Norgaard argumenta que nenhuma abordagem isolada conseguiria realizar tudo o que se precisa, porque a realidade é complexa; uma multiplicidade de abordagens será necessária para atingir o objetivo proposto.

Norgaard (1997,p.84) ainda argumenta que a valoração econômica racional não pode existir à parte de escolhas morais e da tomada de decisão política. A economia ecológica em seu arcabouço teórico, utiliza-se de noções de biofísica, sendo a principal a utilização da primeira e segunda lei da termodinâmica (Klint,F e Alcantará V.,1994) [34]. Os conceitos biofísicos e a própria ecologia ensina que o homem não utiliza recursos naturais de maneira isolada e sim utiliza ecossistemas, processos de apropriação que há sido corretamente interpretado por Norgaard (1984) como um processo coevolucionário. Isto significa que a medida em que o sistema socioeconômico modifica os sistema biológicos, se vê obrigado a adaptar-se ao primeiro e essas mudanças são introduzidas no segundo, de maneira que seja capaz de compreender os efeitos das modificações

[34] Las nociones biofísicas fundamentales sobre las que se articula la Economía Ecológica son tres:

(a) La primera consiste en el reconocimiento de la verdade elemental que expresa la Primera Ley de la Termodinámica, segun la cual la materia y la energía no se crean ni se destruyen, sino que sólo se transforman.

(b) La segunda es la Ley de la Entropía o Segunda Ley de la Termidinámica, ciencia que, en palabras de Georgescu-Roegen (1971), es precisamente una física com valor económico. Pues bien, según esta Ley, la materia y la energía se degradan continua e irrevocablemente desde una forma disponible a una forma no disponible, o de una forma ordenada a uma forma desordenada, independientemente de que las usemos o no.

(c) La tercera noción presenta una doble vertiente. La primera de ellas se refiere a la imposibilidad de generar más resíduos de los que puede tolerar la capacidad de aimilación de los ecosistemas, so pena de destrucción de los mismos y de la vida humana. La segunda advierte sobre la imposibilidad de extraer de los sistemas biológicos más de lo que se puede considerar como su rendimiento sostenible o renovable (Daly,1991) pues de lo contrario acabaríamos com ellos e, indiretamente, com nosotros mismos. Todo esto, exige un "conocimiento profundo de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales, que son la base de la vida humana y de las sociedades"(Farras,1980), conocimiento que marca los límites, tanto físicos como conceptuales, a los que debe ajustarse la actividad humana y por lo tanto la economía. (Kint. F. A , Alcantara V., 1994 p.29)

Digitized by Google

sobre o ecossistema - de adquirir um novo conhecimento - que permita usar adequadamente os mesmos, para o qual necessita criar novas instituições, no sentido de novas leis, regras ou normas sociais de comportamento. Parte desse conceito a necessidade imperiosa de contar com uma ecologia social (Bookehin, 1978, op cit Klint *et al*li), que investigue os fatores econômicos e institucionais, envolvidos com a crise ambiental e em suas possíveis soluções. (Klint,F e Alcantará V, 1994,p.29)

Essa segunda visão utiliza-se do Princípio da Precaução[35], que implica tomar uma certa distância em relação à ciência e a tecnologia, como um eco ao desencantamento da opinião pública em relação a estas. Segundo Godard (op.cit. Romeiro, 1999), a Precaução estaria introduzindo o "lobo do irracional no estábulo da decisão pública" mas, por outro lado, reflete efetivamente a constatação de que não se pode ter o controle total (ou quase) de acidentes e problemas que não são decorrências estatísticas regulares do próprio funcionamento do sistema, tratáveis via sistemas de seguros, mas representam situações e problemas onde predomina o sentimento da singularidade e irreparabilidade. A Precaução é antes um negócio mais de organização e julgamento do que uma imposição de regras gerais das quais se esperaria uma aplicação espontânea e mecânica.

As opções de política ambiental para promover as mudanças e/ou ajustes necessários, segunda essa visão, podem ser várias, porém as defendidas por Daly (1996) e apresentadas ao Banco Mundial, podem nos orientar qual seria um dos caminhos.

Existem quatro propostas de implementação de políticas que Daly (1996) apresentou para o Banco Mundial, que são:

1. Deixar de considerar o consumo de Capital Natural como renda global, isto implicaria nas seguintes mudanças:
    - ◊ alteração no Sistemas de Contas Nacionais do Banco Mundial
    - ◊ avaliação de projetos que utilizam capital natural - sugere que os bancos computem o "custo de uso" (encargos de depleção) como parte do custo de oportunidade de projetos que esgotem a natureza.

[35] Ou como coloca Perrings (1991), o tipo de decisão à qual se aplica o Princípio da Precaução é aquela para a qual a distribuição de probabilidades dos resultados futuros não pode ser conhecida com confiança.

Digitized by Google

Custos de uso não contabilizados aparecem em benefícios líquidos inflados e em taxa de retorno sobrestimada para projetos depredadores. O custo de uso deve ser contado não somente em face da depleção de recursos não-renováveis, mas também no caso de projetos que esgotam capital natural renovável explorando-o além de sua reprodução sustentável.

◊ contabilidade da balança de pagamentos - afetaria a situação macroeconômica de alguns países, tipicamente exportadores de capital natural.

2. Taxar menos o trabalho e o lucro das atividades empresariais e mais o uso de recursos/insumos naturais produtivos (energia, petróleo, água, etc.). Esta medida estimularia a geração de empregos (função social), sem afetar o "espirito empreendedor" capitalista. A ideia central é parar de tributar valor agregado e começar taxando aquilo a que valor agregado se adiciona, ou seja, o fluxo de recursos naturais proporcionado pelo capital natural. Desde que o último é o fator limitante no longo prazo e desde que seu verdadeiro custo de oportunidade é refletido apenas pobremente nos preços de mercado, justifica-se elevar seu preço através de tributação.
3. Maximizar a produtividade do capital natural a curto prazo e investir em seu incremento a longo prazo. Nesse caso, Daly sugere aplicar os mesmos preceitos da lógica econômica tradicional ao capital natural e ainda propõe, prerrogativa que, quando da associação do capital natural com o capital produtivo, ainda assim se contabilize a parcela correspondente ao capital natural e seus insumos (sol, água, solo), utilizados no sistema híbrido. Alguns argumentam que capital construído pelo homem e capital natural são tão bons substitutos que a própria ideia de um fator limitante, que requer que os fatores sejam complementares, é irrelevante. Assim, a questão torna-se: capital construído pelo homem e capital natural são basicamente complementos ou substitutos? Para o senso comum capital natural e capital construído são fundamentalmente complementares e só marginalmente substituíveis.

As três políticas sugeridas requerem todas o reconhecimento e a contagem de custos até agora não contabilizados. É difícil imaginar uma autoridade global impondo uma regime de contabilidade de cistos mais completo e uniforme em todas as nações. O que é facilmente imaginável é justamente o que se observa - diferentes

Digitized by Google

padrões de contabilidade nacional de custos levando a uma competição internacional que faz baixar os níveis com redução de salários, de controles ambientais, de padrões de seguridade social etc. A melhor maneira de evitar isso é desistir da ideologia da integração econômica global pelo livre comércio e pela livre movimentação de capitais, aceitando-se a necessidade de tarifas nacionais para proteger, não indústrias ineficientes, mas padrões nacionais eficientes de custos.

4. Reorientar a produção para o atendimento aos mercados locais (internos, e aumentar a autonomia dos países periféricos. Essa sugestão envolve uma mudança completa dos padrões econômicos atuais. De acordo com ela, os países passariam a valorizar seus mercados internos, utilizando-se das vias de exportação e importação apenas quando estritamente necessário. Propõe adicionalmente que se aumente a autonomia econômica dos países marginais, de forma a que estes não estivessem submissos à políticas externas contrárias ao seu desenvolvimento. Defende uma confluência de forças para um novo equilíbrio mundial. O globalismo cosmopolita enfraquece as fronteiras nacionais e o poder das comunidades nacionais e subnacionais, enquanto fortalece o poder relativo das corporações transnacionais. No futuro, as palavra de ordem serão "renacionalização do capital" e "enraizamento do capital na comunidade para o desenvolvimento das economias nacional e local".

Para esse mesmo autor, o crescimento quantitativo deve ceder passagem ao desenvolvimento qualitativo como caminho do progresso. A solução da pobreza deve passar pelo controle populacional, pela redistribuição de renda e por meio de melhoramentos na produtividade dos recursos. Sendo que tais melhoramentos provêm tanto do avanço técnico quanto da clarificação ética de prioridades.

Segundo essa visão de desenvolvimento sustentável os itens mais importantes, a serem implantados a fim de alcançar maior sustentabilidade ecológica, social e econômica, são os seguintes:

* **Planejamento a longo prazo**

Para essa corrente, o planejamento a longo prazo teria que incluir a racionalidade ecológica na tomada de decisão de forma a :

Digitized by Google

◊ viabilizar a visão solidária a longo prazo, abrangendo toda a humanidade, tendo como principal ator os espaços de autonomia local que será preciso identificar , ampliar e consolidar através da população envolvida. Levando em consideração a diversidade e a riqueza das situações locais, ajudando a sociedade civil a torna-se o terceiro sistema de poder, a tomar consciência do seu papel para vir a ser uma entidade por si mesma, a começar ter a própria voz, a impor suas opções plurais, em resumo, a equilibrar a seu favor a relação de forças perante o Estado e as instituições que dominam a vida econômica, sejam elas privadas ou públicas;

◊ criar o planejamento a nível nacional para tornar compatíveis entre si as ações locais e para repartir certos recursos raros, impossíveis de encontrar localmente;

◊ criar condições para que planejamento seja participativo e político;

* **Valoração ambiental**

Para que esse instrumento seja utilizado a favor do desenvolvimento sustentável deverá ser realizado levando em consideração as seguintes observações:

◊ os valores econômicos atribuídos à natureza não representam seus valores integrais. Afora seus valores econômicos, a natureza também tem um rol de valores sociais, incluindo valores culturais, biológicos, estéticos e outros não-econômicos, que não podem e nem devem ser, todos, monetarizados;

◊ tem que ser empreendido com metas de distribuição em mente, se não for assim reforçará as desigualdades;

◊ para alcançar sustentabilidade, mais ativos físicos têm de ser repassados às gerações futuras;

◊ é preciso desenvolver novas técnicas no seio da economia ambiental e da ecológica que evitem a manutenção das desigualdades distributivas. A valoração deveria ser empreendida no contexto das atuais metas de distribuição, e não no das desigualdades existentes;

◊ criar a contabilidade ambiental, porque o esgotamento de recursos naturais e a degradação resultante da atividades econômicas não são valorados e deduzidos do PIB e da renda nacional;

Digitized by Google

- ◊ incluir as receitas geradas pelas despesas governamentais e domiciliares para a proteção contra consequências ambientais negativas (geradas por terceiros), como custo e não como hoje, que é computada como contribuições positivas à renda e ao PIB;
- ◊ contabilizar a depleção dos recursos naturais quanto à degradação ambiental, que tenham implicações econômicas diretas devem ser valoradas e deduzidas da renda nacional para se oferecer um cenário mais completo e preciso do crescimento econômico real e da renda, visando se dispor de uma base de informação melhor para as instituições sociais e para que se reduzam os incentivos econômicos às atividades que levam a problemas ambientais;

- **Instrumentos de comando e controle**

Existe um reconhecimento generalizado de que não é possível tratar a problemática ambiental apenas através dos instrumentos chamados de econômicos, sendo necessária uma intervenção permanente dos poderes públicos através do que se convencionou chamar de instrumentos de comando e controle. Licenças e permissões vinculam-se aos padrões de controle, associadas à seleção de áreas de locação, instalação de plantas de tratamento, equipamentos de controle ambiental e outras medidas de controle. É interessante notar que entre as duas correntes (neoclássicas e alternativas) a criação de mercados de direitos a poluir é vista como uma das mais eficientes tanto pela primeira quanto por algumas interpretações da segunda corrente, embora por razões diversas. Para a primeira corrente esta é uma das mais eficientes *second best policies* por limitar o uso de instrumentos de comando e controle na definição dos limites de poluição (escala), deixando a alocação dos recursos por conta dos mecanismos de mercado. Para algumas interpretações de desenvolvimento sustentável da segunda corrente (Daly, 1996), a eficiência desse tipo de política resulta, ao contrário, da limitação do uso de instrumentos econômicos (de mercado) à alocação dos recursos, deixando a determinação da escala ao Estado através de instrumentos de comando e controle.

- **Escala Sustentável**

A determinação de uma escala sustentável, por sua vez, da mesma forma que uma distribuição justa, envolve valores outros que a busca individual de maximização do

Digitized by Google

bem-estar individual (solidariedade inter e intragerações). Os preços que medem os custos de oportunidade da realocação não estão, portanto, relacionados com aqueles referentes aos custos de oportunidade da redistribuição de renda ou da mudança de escala. Qualquer troca entre esses três objetivos envolve um julgamento ético sobre a qualidade das relações sociais e não um cálculo sobre a disposição a pagar.

- **Contabilidade de recursos naturais**

A contabilidade de recursos naturais é uma ferramenta para uma análise macroeconômica que contempla as transformações qualitativas e quantitativas ocorridas no capital natural, em um dado tempo e espaço. Possui limitações, pois refere-se a um comportamento passado da economia; não há possibilidade (pelo menos no atual momento histórico) de se fazerem contabilidades da totalidade das transformações do capital natural; e, finalmente não produz modificações, por si só, na economia, servindo apenas para reorientá-la. Sua execução, contudo, é fundamental.

- **Mudanças institucionais/ Terceiro setor / Princípio de Precaução**

As mudanças nas instituições provocadas pela questão ambiental deram origem ao crescimento da participação civil no processo de tomada de decisão, do que se convencionou chamar de terceiro setor (social empowerment).[36] Sua atuação tem sido extremamente importante para o aprofundamento do processo de conscientização ecológica e de mudança de valores culturais. Nesse sentido, estão sendo criadas as condições objetivas que vão permitir o surgimento de novas instituições capazes de impor restrições ambientais que atingem mais profundamente a racionalidade econômica atual. Um exemplo disso é a possibilidade de aplicação do chamado Princípio de Precaução. A aplicação desse princípio tem por objetivo precisamente tratar de uma situação ambivalente como a de considerar legítima a adoção por antecipação de medidas relativas a uma fonte potencial de danos sem esperar que se disponha de certezas científicas quanto às relações de causalidade entre a atividade em questão e o dano temido. Esta postura representa uma ruptura com as práticas anteriores

[36] Opschoor (op.cit Romeiro,1999) propõe substituir a dicotomia mercado-governo pela tricotomia: transações (que inclui o mercado - força social (empowerment) - governo. Somente desse modo seria possível criar estruturas institucionais eficientes, isto é, capazes de redirecionar o crescimento econômico no sentido da sustentabilidade.

Digitized by Google

de prevenção que tinham o conhecimento racional por fundamento (o arsenal científico e tecnológico. Como assinala Godard (op.cit. Romeiro,1999), a organização coletiva da prevenção é inseparável da construção dos Estados modernos como Estados providência. A segurança social é percebida como um direito e a distinção entre fenômenos naturais e sociais torna-se opaca. As pessoas tendem questionar a responsabilidade coletiva das instituições ou do Estado e aquela pessoal dos agentes públicos. Assim, abre-se o caminho agora para um aprofundamento desse processo histórico através da extensão dessas normas sociais e jurídicas com base no princípio de precaução.

A questão ambiental colocou em pauta de discussão, novamente, a exclusão social: a evidência da impossibilidade ecológica de generalização dos padrões de consumo das sociedades afluentes reforça naturalmente o questionamento das disparidades internacionais dos níveis de bem-estar material cuja solução, por conseguinte, passa por uma mudança nesses padrões de consumo. Ao mesmo tempo, vem contribuindo para reforçar ainda mais o questionamento dos valores que dentro das sociedades de consumo condicionam a percepção de bem-estar social. Todo esse processo leva à constituição de novas instituições nacionais e internacionais tendo como base a sustentabilidade da vida no planeta.

- **Instrumentos econômicos de política ambiental**
  - ◊ Licenças ou títulos negociáveis.

    Esses papéis poderão ser negociáveis em uma zona de comércio pré-estabelecida, dentro da qual fontes de um dado poluente terão autorização para serem compradas e vendidas.
  - ◊ Taxas ao consumidor /usuário.

    Refere-se ao pagamento pelo uso de bens e serviços coletivos relacionados às questões ambientais, que deve refletir o custo total para a oferta daquele recurso e estão relacionadas à quantidade de serviço consumido.
  - ◊ Depósito e reembolso

    Aplicável a produtos que podem ser recusados ou reciclados e/ou àqueles que geram problemas ambientais quando sua disposição é incorreta; é uma quantia acrescida aos produtos no ponto de venda que será reembolsada, total ou parcialmente, quando o produto retornar ao ponto de coleta.

Digitized by Google

- ◊ Impostos ambientais (tributário), baseia-se na qualidade e quantidade de afluentes descarregados no ambiente por uma indústria, sendo que o responsável paga por poluição.
- ◊ sobre emissões
- ◊ sobre afluentes
- ◊ sobre resíduo sólidos
- ◊ Impostos sobre insumos (tributário) recai sobre determinadas matérias-primas (processo de tributação antes do processo produtivo).
- ◊ Impostos sobre o produto final recairão sobre determinados produtos, quando não foi possível taxar nem o insumo e nem o processo produtivo; nesse caso, o consumidor terá que fazer sua escolha.
- ◊ Incentivos que podem ser divididos em:
- ◊ subsídios: promove o incentivo ao controle de poluição e manejo de resíduos, por exemplo, através de empréstimos com baixas taxas de juros;
- ◊ incentivos a investimentos; estimula determinadas áreas, tecnologia não poluidoras através de deduções, isenções ou créditos facilitados.

7.3 Panorama sobre o padrão de consumo e desenvolvimento capitalista.

Atualmente vivemos em um período de crise estrutural, tanto social, como política, moral, ambiental, econômica. Essa crise é derivada do tipo de desenvolvimento e de política implantados após a Segunda Guerra Mundial, principalmente nos países em desenvolvimento, e se caracteriza pela falta de limites físico, político e econômico, premiando o individualismo a as leis de mercado. Esse conjunto de características traz em seu bojo a injustiça social, uma maior distância entre pobres e ricos, a corrupção política e a falta de ética onde "tudo esta a venda". Em um ambiente com essas características, as pessoas se fecham cada vez mais e vivem com medo do próximo, o Estado, por sua vez, capturado pelo setor privado, prioriza as políticas macroeconômicas e as que satisfazem ou perpetuam as leis de mercado, esquecendo-se do social.

Dentro deste contexto histórico, as mudanças que serão necessárias para que a sociedade contemporânea possa enfrentar o desafio ambiental e social, passam pelas

Digitized by Google

transformações dos seus valores individuais e social, como também pela imposição de limites e regulamentação do mercado.

Os novos valores sociais, econômicos, políticos, científicos etc, deveriam ser divididos em duas partes:

* os valores universais e
* os valores individuais

Nos valores universais poderiam incluir o respeito à vida, de modo geral, ao meio ambiente, às minorias étnicas, determinariam também um código de ética a ser seguido, relacionadas as condições de vida no Planeta Terra (direito de poluir a Terra através de guerras; a explorar o universo; de fazer testes com seres humanos e animais, determinando mutações nesses seres; etc.). Os valores individuais poderiam ser repensados pela sociedade, respeitando as diferenças individuais. Deveria ser transformado o conceito de "status" na sociedade, repensar o significado de "ter mais para o ser mais". A busca incessante de bens de consumo não tem contribuído para a preservação e a melhoria da espécie humana. Na elaboração de qualquer um desses dois valores, devem ser levados em conta as diferenças culturais, religiosas, raciais, regionais e do patamar de desenvolvimento.

Portanto, é muito importante e necessário reavaliar os valores da sociedade capitalista ocidentais. Esses valores têm levado a um consumismo desenfreado e ao individualismo. Tal comportamento obteve como resultado: a degradação do ser humano social, do ambiental e ao intenso uso dos recursos naturais. Porém, esse padrão de consumo tem se difundido com rapidez depois da Segunda Guerra Mundial a partir dos países capitalistas desenvolvidos para os países em desenvolvimento. Isso tem causado grandes distorções nos processos de industrialização e de consumo dos países periféricos. No entanto, o padrão de consumo nestes últimos ainda não pesa muito, porque a maior parte da população que está excluída do mercado. Porém, caso fosse expandido o padrão de consumo, com a mesma intensidade dos norte-americanos para todos outros países, em poucos anos os recursos naturais teriam se exauridos, o que colocaria em risco a própria vida na Terra.

Digitized by Google

A imposição de limites físicos, econômicos e políticos, deve ser determinada de modo a não permitir a exploração dos recursos naturais de modo insustentável. Esse item é contestado por alguns tecnocratas que defendem o desenvolvimento tecnológico. Para esses, a tecnologia poderia solucionar os problemas futuros advindos da exploração e extinção dos recursos naturais e da poluição proporcionada por eles. No entanto, os limites devem ser estudados, implantados e monitorados pelo Estado e pelas ONGs. Quando se fala de meio ambiente e de recursos naturais o melhor é usar a lei da precaução.

A imposição de limites é muito importante, principalmente, quando se trata da civilização ocidental, que a partir de certo ponto de sua evolução, ajudada pelo seu modo judaico/cristão de ver o mundo, assumiu que o homem era o centro do universo e tudo que existia no planeta tinha sido criado para servi-lo. Esse sentimento contribuiu para o desenvolvimento tecnológico desde a Revolução Industrial até os nossos dias. Contudo, hoje quando se contabiliza o saldo positivo e negativo dessa evolução, em relação ao meio ambiente e aos recursos naturais, tem-se certeza que precisamos considerar a preservação e a sustentabilidade do planeta, em qualquer projeto de desenvolvimento.

O avanço tecnológico teve como consequência um crescimento desenfreado da população, do consumo, da degradação do meio ambiente, do uso excessivo dos recursos naturais, que no futuro pode destruir seu próprio criador - o homem. Não é necessário ser contra a tecnologia, porém esta deve ser desenvolvida com a finalidade de contribuir para facilitar a vida do homem de hoje e garantir a qualidade de vida da futura geração. Deve ser direcionada também com o objetivo de preservar o meio ambiente e economizar recursos naturais (aumentar a eficiência com que os materiais e a energia são utilizados). O sistema capitalista pode absorver as exigências de limites. No entanto, atualmente, este gostaria que fosse a seu modo, através dos preços e do mercado, e não pela mudanças de valores. Uma vez que as externalidades precificadas, significaria custos para os capitalista, que começariam a pensar em desenvolver tecnologia que os ajudassem a preservar o meio ambiente.

O capitalismo, através dos meios de comunicação e de outros meios, leva seus costumes e estilo de vida aos países periféricos, que por fim adotam um tipo de desenvolvimento

Digitized by Google

que é totalmente incompatível com sua realidade. Esse sistema ao invés de incentivar a produção de bens de consumo, que podem ser adquiridos por muitos e implantar políticas de redistribuirão de renda a fim de diminuir a miséria, prefere continuar incentivando a produção dos bens suntuosos e descartáveis para poucos. Depois, esses poucos consumidores não podem sair às ruas, porque tem uma multidão de miseráveis que os assustam.

O sistema capitalista está em uma encruzilhada: ou ele redefine seu comportamento e veste uma nova roupagem, permite o acesso das populações excluídas do mercado aos bens essenciais, ou entrará em um desequilíbrio cada vez maior, não podendo prever os resultados.

Multidões de miseráveis não hesitarão em tentar salvar suas vidas como puderem. Tais ações já podem ver nas ruas das grandes cidades. Por exemplo, na Suíça, onde a ordem e a segurança era quase total em décadas anteriores, hoje já se pode ver cartaz instruindo os cidadãos a segurarem suas bolsas, notícias nos jornais de roubos de lojas etc., por causa da miséria e da guerra nos países vizinhos, pessoas entram no país clandestinamente e tentam salvar suas vidas e de seus parentes a qualquer custo. Algumas vezes estes cidadãos aos serem presos conseguem uma qualidade de vida melhor dentro das prisões de países como a União Européia, os países escandinavos e outros, do que se tivessem livres em um país em desenvolvimento ou subdesenvolvido.
A questão do meio ambiente traz à consciência de que o Planeta Terra é um só, não existe divisão entre Norte e Sul. Caso os homens continuem insistindo em explorar os recursos naturais até sua exaustão e degradar a natureza, todos os habitantes do planeta sofrerão as conseqüências. Aqui, infelizmente, estarão também incluídos aqueles que não contribuíram para sua degradação. Por isso, creio que haverá muita pressão, dentro e fora dos países desenvolvidos para que desenvolvam um novo estilo de vida e de valores.

7.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão ambiental é real e urgente, mesmo os que acreditam que a tecnologia pode substituir a falta de recursos naturais compreendem que as conseqüências ambientais, dos seus efeitos em cadeia, do uso intensivo dos recursos naturais, dos combustíveis

Digitized by Google

fosseis e de outras ações, não podem ser revertidas automaticamente e nem no curto prazo. A prevenção e o uso eficiente dos recursos naturais ainda são a saída imediata e depois o desenvolvimento de um novo padrão de consumo e de comportamento individual e de toda a sociedade poderá ser a solução.

Portanto, uma política efetiva de ação para enfrentar os desafios ambientais e sociais, necessariamente, tem que ser de longo prazo, incluir a ideia que o novo estilo de desenvolvimento deve ser pensado localmente, tendo uma visão global dos resultados que podem ser obtidos, a partir da interação do Estado, das ONGs e da população, para que seja legitimado e bem sucedido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALTVATER, E. O preço da riqueza. São Paulo: UNESP, 1992.

CLEVELAND, C.J. , RUTH,M. Capital humano, capital natural e limites biofísicos no processo econômico. In: CAVALCANTI, C. Meio Ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997.

DALY, H.Beyond growth. The economics of sustainable development. Boston: Beacon Press, 1996.

_____ Políticas para o desenvolvimento sustentável. In: CAVALCANTI, C. Meio Ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997.

GOULET, D. Desenvolvimento autêntico: fazendo-o sustentável. In: Cavalcante, C. Meio Ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez ; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997.

KLINT,F, ALCANTARÁ, V. De la economía ambiental e la economía ecológica. Barcelona: Icaria, 1994.

LIMA, G. T. Naturalizando o capital, capitalizando a natureza; o conceito de capital natural no desenvolvimento sustentável, 1998. Texto para Discussão. IE/UNICAMP

MEADOWS, D.H. *et al*li. Limites do crescimento. São Paulo: Perspectiva, 1972.

MERICO, L.F.K. Introdução à economia ecológica. Edit. Da FURB, Blumenau , 1996 (Coleção Sociedade e Ambiente nr.1)

NORGAARD, R. Development betrayed. The end of progress and a coevolutionary revisioning of the future. London: Routledge, 1994.

Digitized by Google

_____. Valoração ambiental na busca de um futuro sustentável. In: CAVALCANTI, C. Meio Ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997.

_____, HOWARTH, R. Sustainability and discounting the future. In: COSTANZA, R. (Ed.). Ecological economics; the science and management of sustainability. Columbia University Press, 1991.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento econômico e meio ambiente; algumas considerações. Revista de Análise Econômica, Porto Alegre, n. 9, set. 1991.

_____.O preço da riqueza. Revista de Economia Política, v.17, n.3, jul./set. 1997.

_____.Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura. São Paulo: Annablume Editora/FAPESP, 1998.

_____, SALLES FILHO, S. Dinâmica de inovações sob restrição ambiental. In: ROMEIRO, A. R., REYDON, B., LEONARDI, M. L. (Org.). Economia do meio ambiente. Campinas: Instituto de Economia/EMBRAPA, 1997.
_____.Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares. Texto para Discussão n. 68, IE/UNICAMP

SACHS, I.. Ecodesenvolvimento. Crescer sem destruir. São Paulo: Editora Vértice, 1986.

SHENG, F. Valores em mudança e construção de uma sociedade sustentável. In: CAVALCANTI, C. Meio Ambiente desenvolvimento sustentável e políticas públicas. São Paulo: Cortez; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1997

Notas de aula. Curso Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente, Prof. Ademar R. Romeiro, UNICAMP, 2001.

Notas de aula. Curso Desenvolvimento, Meio Ambiente e Recursos Naturais, Profª Rachel N. Cavalcanti. UNICAMP, 2001

Digitized by Google

CAPITULO VIII

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: UM ANTIGO CONCEITO ATUAL

Mauro Moura Severino
Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira

Digitized by Google

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: UM ANTIGO CONCEITO ATUAL

Mauro Moura Severino[37]
Marco Aurélio Gonçalves de Oliveira[38]

RESUMO

Os sistemas elétricos convencionais não conseguem garantir o suprimento sustentável de energia elétrica com a abrangência e a qualidade exigidas pela sociedade do século XXI. Esse fato, associado ao enorme avanço tecnológico dos últimos anos, abriu razoável espaço para a expansão da geração distribuída (GD), que tem como seus principais focos o fornecimento de energia elétrica a quem ainda não tem acesso a ela e a redução dos impactos ambientais da geração centralizada convencional. No Brasil, por motivos sociais, ambientais, econômicos, legais e estratégicos, a discussão acerca desse tema é imprescindível. Então, considerando-se que o tema GD é bastante importante, controverso, não-consolidado, atual e, paradoxalmente, muito antigo, que remonta à origem dos sistemas elétricos de potência, e que o Brasil tem enorme potencial a ser explorado nessa área, faz-se necessário que o tema seja profundamente discutido, a começar pela consolidação da terminologia técnica e pelas origens históricas. Este capítulo, reconhecendo essa necessidade, faz inédita discussão relativa ao termo geração distribuída e relaciona, também de modo inovador, a história da indústria da energia elétrica à atual GD. Sendo assim, ele contribui para a consolidação da terminologia da área, para a difusão do tema entre os profissionais de engenharia elétrica e para a construção de conhecimento relevante, abrindo espaço para a discussão do conceito de GD e a elaboração de uma definição de GD com mais aplicabilidade que as existentes.

Palavras-Chave: Geração distribuída, aspectos históricos, terminologia, discussão conceitual

[37] Universidade de Brasília – UnB/FT/ENE, *E-mail*: mauroseverino@ene.unb.br
[38] Universidade de Brasília – UnB/FT/ENE. *E-mail*: mago@ene.unb.br

Digitized by Google

8.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As gigantes usinas geradoras de eletricidade modernas, tanto as nucleares quanto as hidrelétricas e as termelétricas a carvão, estão perdendo a batalha contra a modernidade, pois não estão conseguindo fornecer, com confiabilidade e qualidade desejáveis, a energia elétrica necessária para mover a nova economia digital (Biblioteca Digital WWI-UMA, 2001b). Isso é o que diz um relatório do *Worldwatch Institute* (WWI), organização de pesquisa com sede em Washington, nos Estados Unidos da América (EUA). Exemplos disso ocorrem em países com realidades econômicas e tecnológicas bastante distintas: interrupções no fornecimento de energia elétrica devido à vulnerabilidade das usinas elétricas convencionais e das linhas de transmissão custam aos EUA até US$ 80 bilhões por ano (Biblioteca Digital WWI-UMA, 2001); em 2001, a população brasileira foi submetida à marcante experiência do racionamento de energia elétrica, conhecido como *apagão* do setor elétrico.

Seth Dunn, pesquisador do WWI, afirma que a humanidade iniciou o século XXI com um sistema energético que não pode conduzir a economia global na direção correta. Ele acredita que o tipo de energia de alta confiabilidade necessária para a economia atual só poderá se fundamentar em uma nova geração de aparelhos de microenergia que estão chegando ao mercado. Isso permitiria aos lares e empresas produzirem sua própria eletricidade, com muito menos poluição (Biblioteca Digital WWI-UMA, 2001b).

Nesse início de segundo século da era da eletricidade, um choque triplo de tendências tecnológicas, econômicas e ambientais tem potencial para empurrar o sistema energético para um modelo mais descentralizado de pequeno porte (Dunn, 2000). É possível que sejam estabelecidas comparações disso com algumas recentes revoluções: a indústria das telecomunicações foi totalmente transformada pelas novas tecnologias e pela rerregulamentação do mercado; a indústria da computação foi completamente transformada pela rápida mudança dos sistemas de grande porte, os *mainframes*, para os computadores pessoais, os *personal computers* (PCs). Em qualquer um dos três casos, energia elétrica, telecomunicações ou computação, as novas tecnologias representam uma grande alteração no *status quo*.

Digitized by Google

Em muitos lugares do mundo com realidades ambiental e social como as brasileiras, é absolutamente pertinente, esperado e desejável que esse choque seja quádruplo, acrescentando-se as tendências sociais às já citadas. Ao longo de quase toda a sua história, os sistemas elétricos têm atendido à demanda dos consumidores com base na premissa da geração convencional, dita centralizada. As usinas geradoras são, em geral, de grande porte, associadas a fontes primárias de energia cujo aproveitamento é mais vantajoso no local de ocorrência, e conectadas a extensas linhas de transmissão e de distribuição com o objetivo de atenderem às necessidades de consumo de forma econômica e confiável. Todavia, regiões distantes, com baixa densidade populacional e pequenas demandas de consumo, fogem desse tipo de planejamento, haja vista que o atendimento a esse tipo de consumidor via extensão da rede elétrica convencional quase nunca é vantajoso do ponto de vista do retorno econômico, comprometendo, assim, o acesso universal à energia elétrica e aumentando, ainda mais, as disparidades sociais (Rodríguez, 2002).

Estima-se que, atualmente, cerca de dois bilhões de pessoas, quase um terço da população mundial, não têm acesso à energia elétrica nem contam com os meios para que se evitem ciclos recorrentes de pobreza e privações. Por outro lado, os impactos negativos — local, regional e mundial — decorrentes da produção e do uso da energia elétrica contribuem para aumentar a ameaça à saúde e ao bem-estar das atuais e das futuras gerações (WEA, 2000). No Brasil, os números são um pouco melhores que esses, mas são extremamente altos (Walter, 2000)[39]: cerca de 25 milhões de pessoas, aproximadamente 15% da população do país, vivem sem acesso à energia elétrica. Essa população vive majoritariamente no meio rural e em áreas remotas do país. Estima-se que 100 mil propriedades rurais brasileiras também não têm acesso à eletricidade,

[39] Não foram encontrados dados oficiais mais recentes acerca desse assunto. O conjunto de indicadores sociais mínimos mais atual disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é datado de 2000, pois utilizou como base a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios de 1999 (IBGE, 2008). O Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), utiliza informações dos Censos Demográficos 1991 e 2000 (PNUD, 2008). Até mesmo a Revisão n.° 5 do Manual de Operacionalização do Programa LUZ PARA TODOS, anexa à Portaria MME n.° 288/2007, mantém a justificativa original do programa, que tem base no Censo Demográfico 2000 (MME, 2008). Todavia, em entrevista concedida em 12/6/2008 ao Programa Bom Dia Ministro, o ministro de Minas e Energia afirmou que, em 2003, o governo fez um levantamento com base no Censo 2000 e concluiu que havia cerca de dois milhões de domicílios no Brasil, e 10 milhões de brasileiros, sem energia elétrica. Informou ainda que, ao longo da aplicação da estratégia para atendê-los, o governo chegou à conclusão de que o número de excluídos era muito maior (Secretaria de Comunicação Social da Presidência da República, 2008).

Digitized by Google

dificultando a melhoria da qualidade de vida das pessoas e o desenvolvimento econômico e social das regiões em que estão localizadas. Essa realidade exige mudanças no paradigma da indústria da eletricidade.

Em razão disso, o mercado a ser ocupado pela GD está em expansão, tendo como um dos focos principais e subárea de maior possibilidade de crescimento o fornecimento de energia elétrica a quem ainda não tem acesso a ela. Logo, o crescimento da GD nos próximos anos parece inexorável, conforme indica o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE, 2007). Os seguintes estudos corroboram essa afirmação, segundo informado por Ackermann, Andersson e Söder (2001): para o *Electric Power Research Institute* (EPRI), em 2010, 25% da nova geração mundial será na forma de GD; para a *Natural Gas Foundation*, esse número poderá ser superior a 30%; o *European Renewable Energy Study* (TERES), comissionado pela União Européia para examinar a viabilidade das intenções desta para a redução da emissão de CO_2 e as metas de energia renovável dela, encontrou que cerca de 60% do potencial de energia renovável possível de ser utilizado até 2010 pode ser classificado como fontes de energia descentralizada.

No Brasil, o tema merece destaque especial pelos seguintes motivos: (a) nos últimos anos, a qualidade ambiental da matriz energética brasileira piorou; (b) as mudanças climáticas anunciadas podem comprometer a segurança hídrica necessária à principal fonte de geração de energia elétrica no país; (c) a insuficiência de água nos reservatórios e de gás natural pode causar desabastecimento de energia elétrica ou, no mínimo, aumentar o risco de que isso ocorra e, por conseguinte, a insegurança para toda a sociedade, com fortes impactos econômicos; e (d) o país tem o compromisso legal da universalização do acesso à energia elétrica. Cabe ressaltar que, recentemente, o ministro de Minas e Energia reafirmou o compromisso do governo federal de garantir o acesso à energia elétrica a todos os brasileiros, momento em que atribuiu à energia solar e às pequenas centrais hidrelétricas posição de destaque para a consecução desse objetivo (Secretaria de Comunicação Social da Presidência da República, 2008).

Então, considerando-se que o tema GD é bastante importante, controverso, não-consolidado, atual e, paradoxalmente, muito antigo, que remonta à origem dos sistemas elétricos de potência, e que o Brasil tem enorme potencial a ser explorado nessa área, faz-se necessário que o tema seja profundamente discutido, a começar pela consolidação

Digitized by Google

da terminologia técnica e pelas origens históricas. Este capítulo presta-se a tal propósito, pois faz um breve resumo da história da indústria da energia elétrica, relaciona-a, de modo inovador, à atual GD e faz inédita discussão relativa ao termo **geração distribuída**. Sendo assim, ele contribui para a consolidação da terminologia da área, para a difusão do tema entre os profissionais de engenharia elétrica e para a construção de conhecimento relevante, abrindo espaço para a discussão do conceito de GD e a elaboração de uma definição de GD com mais aplicabilidade que as existentes.

8.2 UM RESUMO DA HISTÓRIA DA INDÚSTRIA DA ENERGIA ELÉTRICA[40]

Até o final do século XIX, os estudos relativos aos fenômenos elétricos e magnéticos interessavam apenas a alguns poucos cientistas. William Gilbert (1544 – 1603), Charles Augustin de Coulomb (1736 – 1806), Luigi Aloisius Galvani (1737 – 1798), Otto von Guericke (1602 – 1686), Benjamin Franklin (1706 – 1790), Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745 – 1827) e outros poucos cientistas fizeram significativas contribuições para a área da eletricidade; porém, à época, ela não era mais que um conjunto bastante limitado de conhecimentos não-sistematizados. Naquele tempo, não se conheciam aplicações práticas para tais conhecimentos, e a principal motivação para os estudos era a curiosidade intelectual. As pessoas iluminavam seus lares com velas e com lampiões e lamparinas a querosene e a óleo de baleia; a força motriz era suprida principalmente pelo trabalho de pessoas e por animais de tração.

No período aproximado de 1800 a 1810, surgiram companhias comerciais de iluminação a gás na Europa e, imediatamente após, nos EUA, ameaçando fortemente os interesses das indústrias das velas de sebo e do querosene, que reagiram com vigor, descrevendo a nova tecnologia como uma ameaça à saúde e enfatizando o potencial explosivo dela. Entretanto, a óbvia vantagem de se ter mais luz com custo mais baixo não pôde ser ocultada indefinidamente. Em razão disso, essa nova indústria apresentou contínuo crescimento durante todo o século XIX e teve o seu apogeu por volta de 1885.

Grandes avanços na compreensão dos fenômenos elétricos e magnéticos ocorreram durante esse mesmo período. Alguns cientistas, como Humphry Davy (1778 – 1829),

[40]Adaptado do texto de Gross (1986) e com informações de Roditi (2005), Wikipedia (2007), Wikipédia (2007), Rodríguez (2002), Martins (2007) e Bodanis (2008).

Digitized by Google

André-Marie Ampère (1775 – 1836), George Simon Ohm (1787 – 1854) e Johann Friedrich Karl Gauss (1777 – 1855), fizeram importantes descobertas, mas aquela que transformou a eletricidade de mero fenômeno científico interessante em uma tecnologia importante, com extensas implicações sociais, foi feita por dois cientistas que trabalharam independentemente um do outro: Michael Faraday (1791 – 1867) e Joseph Henry (1797 – 1878). Ampère e outros já haviam observado que campos magnéticos eram criados por correntes elétricas; não obstante, ninguém havia descoberto como correntes elétricas poderiam ser produzidas por campos magnéticos. Como resultado dos trabalhos realizados de 1821 a 1831 nesse assunto, Faraday finalmente obteve sucesso na formulação da importantíssima lei que ostenta o nome dele. Em seguida, ele construiu uma máquina que gerava tensão elétrica com base em princípios de indução magnética. Existia, então, uma fonte de energia elétrica de capacidade muito superior à das garrafas de Leyde (1745) e das pilhas voltaicas (1800). Independentemente dos trabalhos de Faraday, Henry também descobriu o fenômeno da indução eletromagnética quase ao mesmo tempo que aquele, e aplicou suas descobertas em muitas áreas, incluindo os eletroímãs e o telégrafo.

No período compreendido entre 1840 e 1880, diversos profissionais, incluindo Charles Wheatstone (1802 – 1875), Samuel Alfred Varley (1832 – 1921), Ernst Werner von Siemens (1816 – 1892), Carl Heinrich von Siemens (1829 – 1906) e Zénobe-Théophile Gramme (1826 – 1901), aplicaram o princípio da indução eletromagnética à construção de geradores elétricos primitivos. Nessa mesma época, um fenômeno descoberto há alguns anos recomeçou a despertar interesse como uma fonte de luz viável: foi observado que, quando dois eletrodos de carbono conduzindo corrente elétrica eram afastados, formava-se um arco elétrico de brilho intenso.

A comercialização da iluminação a arco voltaico deu-se nos anos 70 do século XIX, inicialmente na iluminação residencial e, posteriormente, na iluminação pública e em outras instalações externas. Como era previsível, a iluminação a arco voltaico produziu o estímulo necessário ao desenvolvimento de melhores e mais eficientes geradores elétricos. Charles Francis Brush (1849 – 1929) contribuiu de forma notável com essa área ao desenvolver um sistema de iluminação a arco com gerador associado. Esse sistema era viável e fundou um bem-sucedido negócio com pequena oposição das companhias de iluminação a gás, pois não havia competição direta pelas mesmas

Digitized by Google

aplicações. A principal objeção à iluminação a arco voltaico era sua alta intensidade, que a tornava inadequada para a maioria das aplicações internas. A iluminação a gás ainda era a melhor opção para esses usos.

Já no ano de 1809, era conhecido o fato de que certos materiais, ao conduzirem corrente elétrica, poderiam aquecer-se até o ponto de incandescência. A idéia de se utilizarem tais materiais como fonte de luz estimulou muitos profissionais a tentaram produzir tal dispositivo. A principal dificuldade a ser superada era que o material incandescente consumia-se rapidamente. Para retardar ou prevenir essa destruição, o material foi encapsulado em um recipiente preenchido com gás inerte ou a vácuo. O desafio de se colocar um material com alto ponto de fusão, condutância elétrica apropriada e boas propriedades de iluminação em um invólucro com atmosfera adequada provou-se insuperável para a tecnologia da época: até os anos 70 do século XIX, a lâmpada elétrica estava muito distante de ser uma realidade. Apesar disso, ocorreram contínuos melhoramentos nos geradores elétricos. Tornou-se claro que, se e quando uma lâmpada elétrica incandescente fosse desenvolvida, uma fonte de energia elétrica estaria disponível.

Em 1875, Thomas Alva Edison (1847 – 1931) construiu um laboratório, o primeiro centro de pesquisas industrial fora de uma universidade, para trabalhar em vários projetos na área de eletricidade, incluindo o desenvolvimento de uma lâmpada elétrica incandescente. Apenas em outubro de 1879, após muitas tentativas e experiências malsucedidas, um bulbo com vácuo contendo um filamento de fio de algodão carbonizado foi energizado. A lâmpada funcionou por 44 horas até finalmente queimar-se. Não havia mais dúvidas de que uma lâmpada incandescente viável poderia ser desenvolvida. Subseqüentemente, Edison aprimorou a lâmpada e propôs um novo projeto de gerador que tinha inacreditável rendimento de quase 90%. Aproximadamente três anos mais tarde, em 1882, o primeiro sistema instalado para vender energia elétrica para iluminação incandescente nos EUA começou a operar em Nova Iorque. Esse sistema funcionava em corrente contínua (CC) a três condutores, com tensões de 220 V/110 V, e alimentava uma carga de 30 kW constituída por lâmpadas incandescentes. Esse e outros sistemas contemporâneos a ele deram início ao que viria a se tornar uma das maiores indústrias do mundo.

Digitized by Google

As companhias de energia elétrica daquela época autodenominavam-se companhias de iluminação porque esse era o único serviço que forneciam. Entretanto, muito cedo foi encontrado um problema técnico que persiste até hoje: a carga elétrica de uma companhia pode aumentar ao final da tarde, manter-se aproximadamente constante durante todo o início da noite e, então, cair subitamente, por volta das 23h, para a metade do valor máximo ou menos. Isso significava que se tinha um sistema elaborado que era subutilizado na maior parte do tempo. Seria então possível encontrar outras aplicações para a sobra energética? O motor elétrico já era conhecido, e a existência de uma fonte de energia elétrica era um incentivo para o refinamento desse equipamento e a aceitação comercial dele. A força motriz de origem elétrica rapidamente tornou-se popular e foi usada para muitas aplicações. Em reconhecimento à sua nova atuação mais abrangente, as companhias de energia elétrica começaram a se autodenominarem companhias de força e luz.

O aumento das cargas trouxe outro problema técnico: o aumento de correntes a ele associado causava quedas de tensão inaceitáveis se os geradores estivessem localizados a uma distância considerável das cargas. A exigência de se manter a geração próxima às cargas tornou-se cada vez mais inaceitável, pois, freqüentemente, não havia disponibilidade de locais para geração de porte aceitável. Era sabido que potência elétrica é proporcional ao produto entre tensão e corrente elétricas; logo, seriam necessárias menores correntes para maiores tensões. Infelizmente, tensões elevadas não eram desejáveis tanto do ponto de vista da tecnologia da época quanto da segurança do consumidor. Dessa forma, a solução era transmitir potência a alta tensão por longas distâncias e, então, abaixar o valor da tensão no ponto de consumo: havia a necessidade de se desenvolver um equipamento capaz de transformar os níveis de tensão e de corrente com eficiência e confiabilidade.

Nos anos 1990 do século XIX, a recém-criada *Westinghouse Company* havia experimentado uma nova forma de eletricidade, denominada corrente alternada (CA), inspirada no fato de que a corrente elétrica alternadamente revertia o sentido do seu fluxo em sincronismo com a rotação do gerador. Nikola Tesla (1856 – 1943) não tinha apenas inventado o motor de indução CA polifásico, mas também concebido um sistema elétrico CA polifásico completo. Essa abordagem tinha muitas vantagens inerentes: por exemplo, os problemas de comutação associados aos geradores CC eram

Digitized by Google

eliminados. Uma vigorosa controvérsia entre Edison, da jovem *General Electric Company*, e a *Westinghouse Company* desenvolveu-se para se decidir se a indústria deveria ser padronizada em CC ou em CA. A forma CA finalmente saiu-se vitoriosa pelos seguintes motivos: (a) o transformador CA possuía a tão necessária capacidade de converter facilmente níveis de tensão e de corrente com rendimento elevado; (b) os geradores CA eram inerentemente mais simples que os geradores CC; e (c) embora não tão versáteis naquela época, os motores CA eram mais simples e mais baratos que os motores CC.

Após a padronização em CA, o conceito de geração central estabeleceu-se firmemente, e as cargas remotas deixaram de ser problema. O suave brilho amarelado da lâmpada de Edison era mais conveniente, limpo, e, rapidamente, tornou-se mais barato que seu correspondente a gás. Mais e mais consumidores foram adicionados à lista de clientes das companhias de energia elétrica: uma vez que a maior parte desse aumento de carga pôde ser atendido sem aumento no investimento de capital, o custo unitário da energia caiu, atraindo continuamente mais consumidores.

Empresas de eletricidade locais expandiram-se territorialmente até que começassem a compartilhar fronteiras: já em 1920, cada centro de carga da Europa Ocidental possuía seu próprio sistema de potência. Nesse momento, uma vantagem operacional podia ser vislumbrada: sabendo que as cargas de sistemas vizinhos não necessariamente atingiam seus picos simultaneamente, por que não interconectar os sistemas e associar as condições de pico de carga à geração combinada dos sistemas, empregando melhor os equipamentos de todos os envolvidos? Porém, antes de se realizar a interconexão, era necessário superar um grave problema técnico: muitas freqüências diferentes eram utilizadas naquela época, incluindo CC, 25 Hz, 50 Hz, 60 Hz, 125 Hz e 133 Hz. Tendo em vista que sistemas CA interconectados devem operar na mesma freqüência, a diversidade de freqüências impunha a necessidade de se utilizarem caros equipamentos conversores de freqüência. Essa necessidade representou, na realidade, um incentivo à padronização de freqüência. Naquele tempo, as unidades geradoras em diversas instalações hidrelétricas geravam em 25 Hz porque as turbinas hidráulicas podem ser projetadas para operar com um pouco mais de eficiência nas correspondentes velocidades mecânicas. Daí, havia forte amparo para se utilizar essa freqüência. O problema com a freqüência de 25 Hz era o perceptível efeito da cintilação luminosa

Digitized by Google

(*flicker*) em lâmpadas incandescentes produzido por ela. Uma freqüência mais alta, 60 Hz, era eventualmente aceita como padrão nos EUA, pois ela tinha características elétricas aceitáveis e pelo fato de que turbinas a vapor operavam satisfatoriamente nas correspondentes velocidades mecânicas de 1.800 rpm e 3.600 rpm. Como resultado disso, os EUA padronizaram a freqüência em 60 Hz; a Europa, em 50 Hz.

O avanço tecnológico no projeto de equipamentos de potência continuou: quando uma empresa de eletricidade expandia o seu sistema, os novos geradores e transformadores adquiridos tinham, inevitavelmente, maiores capacidade e rendimento. Melhores lâmpadas elétricas foram desenvolvidas, dando ao consumidor mais luz por unidade de energia. Com a contínua queda nos custos da energia elétrica, o uso de motores elétricos como força motriz mecânica para todos os tipos de aplicações tornou-se popular.

O aumento da demanda por energia elétrica incentivou a transmissão em tensões progressivamente mais altas, que foram padronizadas em determinados níveis para evitar a proliferação de um número excessivamente grande de tensões de operação. É interessante notar que, apesar de toda essa evolução, a tensão inicial de Edison, 110 V, com sucessivas revisões para 115 V e 120 V, permaneceu como o padrão para o nível de serviço nos EUA.

Com tudo isso, criou-se o padrão atual de sistema elétrico de potência, que pode ser definido da seguinte forma (Gross, 1986):

> Um sistema elétrico de potência é uma rede de componentes interconectados projetados para converter continuamente energia não-elétrica em energia elétrica, transportar a energia elétrica por distâncias potencialmente grandes, transformar a energia elétrica em uma forma específica sujeita a estreitas tolerâncias, e converter a energia elétrica transformada em uma forma não-elétrica utilizável.

De acordo com essa idéia, com propósitos organizacionais, pode-se dividir o sistema em cinco subsistemas muito conhecidos (Gross, 1986): geração, transmissão, subtransmissão[41], distribuição — primária e secundária — e consumo. Para ser viável,

[41] Para muitos autores, há apenas quatro subsistemas: geração, transmissão, distribuição e consumo.

Digitized by Google

um sistema assim deve ser seguro, confiável, econômico, ambientalmente adequado e socialmente aceitável.

Esse modo organizacional adotado para o sistema elétrico ao longo de quase toda a sua história — grandes centrais de geração e uma extensa rede de linhas de transmissão e de distribuição alimentando os diversos consumidores —, é o que se conhece por geração centralizada de energia elétrica, ou simplesmente **geração centralizada**, **geração central**, **geração convencional** ou **geração tradicional**, todas expressões encontradas na literatura de língua portuguesa. Cabe aqui uma análise relativa a essa expressão que é, no mínimo, interessante. Considerando-se um sistema elétrico convencional, interligado, em que as linhas de transmissão interligam diversas usinas geradoras entre si e a muitos sistemas de distribuição, a expressão **geração centralizada** soa inadequada, pois há, de fato, geração de grande porte em diversos pontos do sistema interligado, mas não necessariamente no centro geográfico nem no centro de carga do sistema. No Brasil, um bom exemplo disso é a usina de Itaipu, a maior usina geradora de energia elétrica do país. É provável que essa expressão tenha tido origem na expressão em língua inglesa *centralized generation*, por referência aos primeiros sistemas elétricos ainda não-interligados: usinas geradoras alimentando radialmente os sistemas de transmissão e de distribuição, em uma configuração na qual se aceita com facilidade a noção de localização central da usina geradora, conforme citado anteriormente neste subitem. É claro que, com a interligação dos diversos pequenos sistemas, essa noção de geração central, ou centralizada, deixou de ser pertinente. Todavia, a expressão **geração centralizada** não é de todo equivocada, pois, em muitos sistemas isolados, a expressão continua válida, como na origem; nos sistemas interligados, a capacidade de geração não é centralizada, função que é da localização das usinas geradoras, mas o despacho, que define a geração, é centralizado. Sendo assim, neste capítulo, a expressão **geração centralizada** será utilizada para designar a geração que ocorre nos sistemas elétricos tradicionais, interligados, conforme descrito anteriormente de forma sumária.

Com esse tipo de sistema elétrico, a resposta aos aumentos de demanda era aumentar a energia gerada; quando a demanda excedia a máxima capacidade de geração do sistema, a solução adotada era a construção de novas usinas geradoras, em geral de grande porte, e o aumento correspondente da capacidade de transmissão e distribuição da maior

Digitized by Google

quantidade de energia comercializada. Conforme referido em Rodríguez (2002) e em Rodrigues (2006), os motivos justificadores desse modo de organização dos sistemas elétricos são: (a) a contínua busca de economias de escala, com a conseqüente redução dos custos unitários de investimento e de produção, pois a rápida expansão dos sistemas elétricos reconfigurou o negócio da energia como um monopólio natural em larga escala; (b) a conveniente minimização dos impactos e dos riscos ambientais nos centros mais densamente povoados; (c) o poder que tinham os empreendedores de grandes obras, do setor público ou do setor privado, dando suporte às soluções então propostas; e (d) a alta confiabilidade dos sistemas de transmissão de energia elétrica em alta tensão. Com isso, as indústrias substituíram a geração *in loco* pela aquisição de energia elétrica das concessionárias, que, em 1970, forneciam mais de 90% da eletricidade mundial, segundo citam Dunn e Flavin (2000).

Na década de 70 do século XX, porém, o grande porte das usinas entrou em choque com preocupações ambientais, com crises energéticas e com vazamentos causadores de prejuízos bilionários em grandes usinas nucleares, o que levou ao questionamento do paradigma da geração centralizada. Na década de 80 do século XX, a tendência de crescimento das usinas geradoras foi revertida, a partir do momento em que turbinas a gás de menor porte, produzidas em massa, chegaram ao mercado. Segundo informado por Dunn e Flavin (2000), o porte médio de uma nova usina de geração elétrica nos EUA caiu de 600 MW, em meados da década de 80, para 100 MW, em 1992, e para 21 MW, em 1998. Com a introdução de novas tecnologias que reduzem progressiva e significativamente o custo da energia elétrica produzida[42], tem-se utilizado, desde então, unidades geradoras de menor porte, localizadas cada vez mais próximas dos centros de carga, com óbvia valorização da GD.

As contínuas inovações tecnológicas no setor elétrico, associadas à recente regulamentação dos mercados — em que o ambiente mais competitivo, especialmente na geração, possibilitou o surgimento de novos agentes, os produtores independentes e os autoprodutores, vendendo ou não excedentes de energia elétrica para a rede, concorrendo com alguma liberdade — e ao fato de que é cada vez mais difícil obter

[42] Conforme citação de Rodríguez (2002), nos anos 30 do século XX, a capacidade mais eficiente das unidades de geração era de 50 MW; no final dos anos 70, já havia aumentado para cerca de 1.000 MW. Nos anos 80, com a utilização das turbinas aeroderivativas a gás operando em ciclos combinados, a capacidade ótima caiu para cerca de 100 MW.

Digitized by Google

financiamento para as grandes centrais de geração e lidar com os impactos ambientais decorrentes da implantação delas e com o tempo despendido na obtenção das licenças ambientais para elas exigidas, constituem as principais forças impulsoras da disseminação da GD.

8.3 UMA TECNOLOGIA DE MUITAS TECNOLOGIAS

8.3.1 Aspectos gerais

A engenharia de potência é a mais antiga e tradicional das várias áreas da engenharia elétrica. Não obstante, essa área está vivenciando uma das mais profundas revoluções nas suas estruturas tecnológicas e de negócios. Uma revolução de inovação e invenção, que inclui automação, utilização de equipamentos de potência feitos sob encomenda, aplicações inteligentes e *softwares* de otimização de operações, está ampliando as capacidades dos sistemas elétricos para muito além das suas capacidades tradicionais. Mas, para alguns especialistas da área, nenhuma dessas novas tecnologias tem tanto potencial para, de fato, criar uma revolução no projeto e na operação dos sistemas elétricos e nas vendas de energia elétrica no varejo como tem a GD (Willis e Scott, 2000).

A capacidade de consumidores residenciais, comerciais e industriais produzirem energia elétrica em suas próprias unidades consumidoras, em vez de comprá-la pronta de um sistema elétrico muito grande, resultará em uma grande mudança na tecnologia, na organização e na forma de fazer negócios na indústria da energia elétrica. Com as novas tendências da reestruturação e regulamentação do mercado e a criação da competição na produção e na venda de energia elétrica, a GD, sem sombra de dúvida, ajudará a criar competição comercial no nível do varejo. Adicionalmente, e talvez mais importante para a engenharia, ajudará a criar competição tecnológica. Essa competição promoverá experiências e trará melhorias ao sistema elétrico convencional e à GD. Isso irá fundir esses dois recursos em uma espécie de tecnologia de energia distribuída (Willis e Scott, 2000). Usados em conjunto, em vez de independentemente como assuntos competidores, e talvez combinados de maneiras muito não-tradicionais, GD e sistemas elétricos de potência tradicionais poderão prover melhores serviços com custos menores, em comparação com os que poderiam apresentar se atuassem isoladamente. A GD é uma das mais interessantes ocorrências na indústria da energia elétrica nas últimas

Digitized by Google

décadas, provendo-a com novas capacidades que tornam a energia elétrica, por um lado, mais útil e importante, e, por outro, capaz de atender a uma variada gama de necessidades de energia da sociedade que nunca puderam ser atendidas.

Segundo Willis e Scott (2000), a GD inclui pequenas estações geradoras de energia elétrica que podem suprir energia a uma simples instalação residencial, comercial ou industrial de pequeno ou de grande porte. A maioria delas requer combustível fóssil, tais como dísel, gás natural, óleo combustível, gasolina, querosene, metano ou propano; outras utilizam recurso energético renovável, tal como energia solar ou energia eólica. Não obstante, ainda segundo Willis e Scott (2000), todas as estações de GD possuem algumas características comuns: (a) elas são pequenas unidades de geração, em contraposição às grandes unidades tradicionalmente utilizadas em usinas elétricas; (b) a utilização delas envolve avaliação e coordenação de número muito grande de complexos fatores de engenharia; e (c) sob as circunstâncias certas, elas podem prover combinações competitivas de confiabilidade e custo razoável para os consumidores.

Alguns especialistas da área acreditam fortemente que a GD é uma tecnologia viável com significativo papel a desempenhar no futuro da indústria da energia elétrica. Contudo, ela não é uma tecnologia simples nem fácil de ser utilizada em todos os casos. A GD tem sido mal-representada por entusiasmados defensores, que simplificam demasiadamente o seu uso e exageram demais na defesa de suas capacidades, e por implacáveis oponentes, que subvalorizam injustamente os seus benefícios e sobrevalorizam muito seus aspectos negativos. Na verdade, a GD não é a solução para todos os problemas de suprimento de eletricidade em função de sua maior confiabilidade e de seu menor custo em todos os casos. Como qualquer outra possível solução de um problema, ela tem suas vantagens e desvantagens, fato suficiente para que sua aplicação seja cautelosa e corretamente avaliada.

Geralmente, a GD não consegue competir em igualdade de condições com sistemas elétricos convencionais, com geração centralizada, que operem eficientemente. Mas, em um número significativo de nichos de mercado, a GD oferece confiabilidade e economia que não poderiam ser alcançadas pelos sistemas elétricos tradicionais (Willis e Scott, 2000). Ademais, em algumas situações excluídas da avaliação mercadológica há pouco citada, comunidades inteiras não podem usufruir do benefício da energia elétrica, pois

Digitized by Google

não há, nem haverá, ramificação de sistema elétrico tradicional para realizar o suprimento. Nessas situações, não é possível se compararem soluções, tendo em vista que a GD é a única.

De tudo isso, conclui-se que a capacidade de a GD prover satisfatoriamente serviço aos seus proprietários e usuários depende da avaliação objetiva de suas capacidades e limitações, da cuidadosa seleção de quando, onde, como e com que finalidade ela será usada e da criteriosa avaliação de todas as suas opções de projetos, tecnologias, fontes de energia e configurações.

8.3.2 Terminologia[43]

Para o entendimento mais adequado do conceito de GD, é inafastável a necessidade de se analisarem as origens dessa expressão nos dois idiomas de interesse: a língua inglesa — a de maior influência no mundo — e a língua portuguesa — a utilizada neste trabalho.

Conforme pode ser facilmente observado na literatura especializada da área em língua inglesa, a expressão *distributed generation* é também denominada *on-site generation*, *dispersed generation*, *embedded generation*, *decentralized generation*, *decentralized energy*, *distributed energy* e *micropower*, sendo que cada autor atribui a cada expressão o significado que julga mais adequado ao contexto relativo ao trabalho desenvolvido, não havendo consenso com relação a essa terminologia. Avaliando-se essas expressões do ponto de vista da língua inglesa[44], descortinam-se as semelhanças e as diferenças existentes na mensagem lingüística com elas envolvida.

A expressão *on-site generation* traz a idéia de uma geração local, que ocorre no local em que as pessoas trabalham ou exercem alguma atividade em particular, não indicando formalmente o consumo local da geração lá ocorrida nem permitindo considerar a possibilidade da existência de geração nas proximidades do local em que as pessoas necessitam da energia. Desse modo, *on-site generation* — ou geração *in loco* ou

[43] Adaptado do texto de Severino (2008).
[44] Para essa avaliação, foram consultados os dicionários Michaelis (2000), Cambridge Advanced Learner's Dictionary (2003) e Webster's New Twentieth Century Dictionary (1983).

Digitized by Google

geração *in situ* — não é adequada para servir, nesse contexto, como expressão sinônima de *distributed generation*.

A expressão *dispersed generation*, utilizada na América do Norte, segundo El-Khattam e Salama (2004), por sua vez, traz a idéia de uma geração que foi espalhada, tornada dispersa, dispersada em todas as direções, até mesmo distribuída amplamente, porém sem a incorporação de critério de ordenação, dando a nítida impressão de fora de ordem, de desarrumação, e não de algo feito com planejamento e objetivos definidos. Ademais, alguns autores, como Willis e Scott (2000) utilizam *dispersed generation* como caso particular de *distributed generation*, não sendo, portanto, aquela adequada para, nesse contexto, servir como expressão sinônima desta. No Brasil, há autores que utilizam a expressão **geração pulverizada** para representar a mesma idéia da utilização dada por Willis e Scott (2000).

O local de utilização da expressão *embedded generation* encontra opiniões divergentes: segundo El-Khattam e Salama (2004), ela é utilizada em países da América do Sul; segundo Ackermann, Andersson e Söder (2001), ela é utilizada em países anglo-americanos. Não obstante essa divergência, essa expressão traz a idéia de uma geração incrustada, embutida, inserida por tempo indeterminado como parte integrante de algo. Considerando-se este algo a sociedade, falta ainda, à expressão, a indicação de localização da geração. Se este algo for o sistema elétrico tradicional, falta, à expressão, considerar a possibilidade da utilização da geração desconectada desse sistema. Então, *embedded generation* não é adequada para servir, nesse contexto, como expressão sinônima de *distributed generation*.

A expressão *decentralized generation*, utilizada na Europa e em alguns países asiáticos, segundo El-Khattam e Salama (2004), traz a idéia de oposição a *centralized generation*, designação feita à forma de geração dos sistemas elétricos tradicionais, já discutida anteriormente. Então, mesmo nos sistemas elétricos tradicionais, a expressão *centralized generation* deve ser utilizada com reserva, pois, de fato, a geração aqui referida não é *centralized* de modo absoluto, mas, sim, relativo. Com isso, pode-se constatar que, nos sistemas elétricos tradicionais, a geração é, de fato, simultânea e parcialmente *centralized* e *decentralized*. Considerando que a expressão *distributed generation* não pretende designar um tipo de geração que se contrapõe à geração tradicional, a

Digitized by Google

expressão *decentralized generation* não é adequada para servir, nesse contexto, como expressão sinônima de *distributed generation*. Cabe aqui destacar, como exemplo, o texto da União Européia que utiliza a expressão *decentralized generation* e a correspondente sigla DG (5th Research Framework Programme of the European Union, 2002).

As expressões *decentralized energy* e *distributed energy* trazem o termo *energy* em substituição ao termo *generation* das expressões anteriores. Isso significa que elas invocam as idéias de energia descentralizada e de energia distribuída, bem diversas da idéia trazida por *distributed generation* porque, como é fácil constatar, não se pode utilizar *energy* como sinônimo de *generation*, conceitos tão distintos nessa área de especialidade. Desse modo, as expressões *decentralized energy* e *distributed energy* não são adequadas para servirem, nesse contexto, como expressões sinônimas de *distributed generation*.

A expressão *micropower*, utilizada por Dunn e Flavin (2000) e por Dunn (2000), traduzida para a língua portuguesa pela Editora Universidade Livre da Mata Atlântica (UMA) como **microenergia**, traz a idéia simples de uma quantidade muito pequena de potência ou energia elétrica, não avançando em aspectos como localização geográfica ou indicação de se tratar de geração ou de consumo. Então, *micropower* não é adequada para servir, nesse contexto, como expressão sinônima de *distributed generation*.

A expressão *distributed generation* (DG)[45] é, na realidade, uma expressão simplificada, com supressões feitas na expressão mais completa *distributed electric power generation*. Haja vista que, nesse contexto, o termo *electric* é, de certa forma, redundante ao termo *power*, muito utilizado para designar *electric power*, a expressão completa fica reduzida para *distributed power generation*, que nomeou a obra de Willis e Scott (2000). Todavia, no contexto mais amplo dos sistemas elétricos de potência, esta última expressão ainda pode ser simplificada para *distributed generation*, pois o termo *generation* é amplamente conhecido, definido, aceito e consolidado, não havendo, com relação a ele, maiores apresentações e(ou) comentários a serem feitos. Resta, então, a análise do termo *distributed*. Particípio passado do verbo *distribute*, o termo *distributed*

[45] É curioso observar que Willis e Scott (2000) empregam a abreviatura DG para designar termos distintos: *distributed generation* e *distributed generators*.

Digitized by Google

qualifica o termo *generation*, acrescentando-lhe a idéia do modo, de forma. Então, a expressão *distributed generation* traz a idéia de geração de energia elétrica que ocorre de forma distribuída, sendo que o contexto permite inferir que se trata de distribuição geográfica, espacial. Em razão disso tudo, a expressão mais adequada para a representação que se deseja é *distributed generation*.

Conforme foi dito anteriormente, é necessária a avaliação da expressão em tela em língua portuguesa. Considerando-se que algumas das palavras utilizadas nesta área estão presentes na fala e na escrita comum das pessoas, é necessário que se faça, aqui, a diferenciação adequada entre o léxico comum e o léxico especializado[46]. Essa diferenciação facilitará a leitura deste texto, pois reduzirá as ambigüidades associadas ao uso conjunto dos dois léxicos citados anteriormente.

A expressão **geração distribuída** advém da expressão de língua inglesa *distributed generation*, traduzida literalmente. Segundo Houaiss (2001) e Ferreira (2004), o polissêmico verbo **distribuir** aceita as seguintes acepções, entre outras: (a) entregar uma parcela (de algo) a diversos receptores; (b) dispor espacialmente (algo) de acordo com determinado critério, princípio etc.; (c) repartir, dividir; (d) desferir, lançar em diversas direções; (e) enviar para diferentes direções; espalhar. Essas acepções remetem a duas idéias opostas de distribuição: uma tem o ponto de vista do receptor, daquele que recebe o que é distribuído, como seria o caso do assinante de um jornal que ele recebe em domicílio ou mesmo do consumidor residencial de energia elétrica — acepção (a); a outra tem o ponto de vista de se distribuir a origem, a fonte, do que é distribuído — acepção (b). As outras três acepções servem igualmente bem às duas idéias. Na idéia original da expressão *distributed generation*, o que se pretende distribuir é a fonte de energia elétrica, a geração, e não a energia elétrica. Logo, deve prevalecer aqui a segunda idéia apresentada.

Com base nessa argumentação, conclui-se que a tradução direta para a língua portuguesa da expressão original *distributed generation* é integralmente adequada à representação da mensagem lingüística por ela trazida: **geração distribuída**.

[46] Na Lingüística, léxico é o repertório total de palavras existentes em uma determinada língua, o vocabulário completo. Então, o léxico comum é o conjunto de palavras empregadas no dia-a-dia; o léxico especializado é o conjunto de palavras utilizadas por especialistas de determinada área do conhecimento (Costa, 2005).

Digitized by Google

Entretanto, há textos em língua portuguesa em que se pode verificar a utilização da expressão **geração distributiva**, como, por exemplo, em Aldabó (2004) e em Rifkin (2003). Segundo Houaiss (2001) e Ferreira (2004), o verbete **distributivo** aceita, no caso, as seguintes acepções: (a) relativo a distribuição; (b) que indica distribuição; (c) que distribui. Conforme se pode observar, as duas primeiras acepções são suficientemente genéricas para não permitirem melhores conclusões quanto ao uso correto do verbete. A última acepção adere à idéia vinculada ao ponto de vista do receptor, já descrita, oposta ao que se pretende para a expressão original. Se a idéia a ser representada fosse de uma geração distributiva, que distribui, ela distribuiria energia, e, então, não seria necessária uma nova expressão para designar algo que os sistemas elétricos convencionais fazem desde a sua origem: distribuir energia elétrica de alguns pontos de geração a muitos pontos de consumo. A partir disso, conclui-se que não há respaldo lingüístico para a utilização da expressão **geração distributiva** em substituição à expressão original *distributed generation*. Desse modo, apesar de possuírem grafias bastante semelhantes, as expressões **geração distributiva** e **geração distribuída** não são, de fato, sinônimas, pois carregam mensagens lingüísticas diferentes, razão pela qual, neste trabalho, apenas será utilizada, doravante, a expressão **geração distribuída**.

8.4 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA: UMA REESCRITURA DO PASSADO[47]

Conforme se pode deduzir do breve resumo feito anteriormente, a história da indústria da energia elétrica apresenta, de forma velada e(ou) implícita, similaridade com vários aspectos do que, hoje, denomina-se GD. Neste trabalho, não há a pretensão de se aprofundar em grau máximo a discussão acerca dessa similaridade, mas tão-somente de abordá-la de forma que os vínculos hermenêuticos adequados sejam estabelecidos para melhor entendimento do assunto e para adequado embasamento da argumentação desenvolvida em capítulos subseqüentes.

O primeiro aspecto de similaridade a ser destacado é a existência de geração descentralizada. Conforme mencionado anteriormente, na aurora da era da eletricidade, no final do século XIX, Thomas Edison visualizou um sistema elétrico descentralizado, em CC, com diversas empresas competindo para instalar pequenos geradores próximos

[47] Adaptado do texto de Severino (2008).

Digitized by Google

ao ponto de consumo. Nikola Tesla fez o mesmo, porém considerando a modalidade CA. Uma vez que os cabos de distribuição de energia ainda eram difíceis de serem obtidos, a empresa criada por Edison — *Edison Electric Illuminating Company* — dedicou-se inicialmente a instalar geradores em pequenas fábricas independentes, lojas, hotéis e residências. De 1882 a 1888, Edison instalou cerca de 1.700 usinas em pequena escala, independentes entre si (Dunn e Flavin, 2000). Na atual GD, a existência de diversos geradores localizados de modo descentralizado é condição imprescindível, fato que, sem nenhuma dúvida, contribuiu decisivamente para a denominação dessa modalidade de geração (Lora e Haddad, 2006).

O segundo aspecto de similaridade a ser considerado diz respeito às perdas energéticas nas linhas elétricas. Os primeiros geradores elétricos, de pequena escala, localizavam-se próximos aos pontos de consumo, dispensando, então, a existência de linhas elétricas longas e complexos sistemas de transmissão e de distribuição da energia gerada. Com isso, as perdas de energia nas linhas elétricas eram pequenas, e a eficiência dos sistemas elétricos era mais alta. Em algumas aplicações da atual GD, esse fato também é previsto: toda energia elétrica gerada localmente, ou grande parte dela, pode ser consumida também localmente, exigindo menos dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição. A ampliação dessa idéia leva à conclusão de que, se os locais de geração e os locais de consumo coincidissem mais, a eficiência global dos sistemas elétricos aumentaria, com sobra de geração que poderia ser utilizada para o atendimento a consumidores ainda não-atendidos, sem a necessidade imediata de novos investimentos em geração.

O terceiro aspecto de similaridade visível é o tipo de vinculação à eficiência energética. Nos primeiros e precários sistemas elétricos, considerando-se a pequena magnitude da geração em contraponto à enorme quantidade potencial de cargas elétricas a serem supridas, havia a necessidade de se utilizar, com muita eficiência, a energia elétrica gerada. O preço a ser pago pela ineficiência poderia ser o não-atendimento de outras possíveis cargas. O esforço feito nesse sentido pode ser exemplificado no aumento da eficiência das lâmpadas incandescentes: de 1,4 lúmen/watt, na lâmpada original de Edison, para 17,5 lumens/watt, na lâmpada de 100 W com filamento de tungstênio de 1970 (Gross, 1986), aproximadamente a mesma eficiência das lâmpadas incandescentes atuais.

Digitized by Google

Nos dias de hoje, para as cargas elétricas conectadas à rede convencional, o suprimento energético para as expansões de carga é, via de regra, garantido pelo sistema elétrico, sem que consideração alguma seja feita quanto ao tema eficiência energética. Isso significa que a eficiência energética desse tipo de carga é assunto importante, mas não é critério definidor da possibilidade de suprimento elétrico. Ao contrário disso, algumas aplicações da atual GD compartilham a mesma vinculação à eficiência energética vivenciada pelos primeiros sistemas elétricos: para elas, a eficiência energética de uma carga pode decidir se o fornecimento de energia elétrica será implementado ou não, pois essa eficiência é parâmetro imprescindível para o dimensionamento do sistema elétrico de suprimento, com impacto direto nos estudos de viabilidade econômica do projeto ou de comparação entre alternativas de investimento em projetos, conforme o caso[48].

Outro aspecto de similaridade que merece consideração refere-se à dificuldade de implantação de novas tecnologias. Na gênese de toda nova tecnologia, com novos equipamentos e filosofia de operação, em princípio, ela promete realizar novas atividades, realizar antigas atividades com mais qualidade e(ou) realizar antigas atividades com menores custos. Todavia, carece, ainda, de comprovação quanto: (a) à durabilidade dos seus componentes no ambiente de operação; (b) à confiabilidade da sua operação; (c) ao desempenho de cada componente e ao desempenho sistêmico durante a operação normal e durante a ocorrência de contingências; (d) à continuidade, com o passar do tempo, dos resultados obtidos nos ensaios de fábrica; (e) ao custo de manutenção do sistema, que dependente de vários fatores, incluindo os aspectos de avaliação não-consolidada listados anteriormente; e (f) ao impacto social subseqüente, que depende substancialmente da aceitação da nova tecnologia pela sociedade. Cabe ressaltar que esses fatores possuem fortes inter-relações.

Os primeiros sistemas elétricos passaram por essa dificuldade ao proporem a substituição de um sistema de iluminação pública e residencial consolidado há várias décadas pela novíssima iluminação incandescente associada a geradores elétricos recém-implementados. As pessoas e os governantes que tomaram as suas decisões de substituição e(ou) de implementação de solução tecnológica tiveram de acreditar na nova tecnologia sem a devida comprovação dos vários aspectos citados, o que, sem dúvida, trouxe dificuldades à aceitação da nova tecnologia.

[48] Deve ser ressaltada, aqui, a diferença entre estudos de viabilidade econômica de um projeto e estudos de comparação entre alternativas de investimentos em projetos. Os primeiros prestam-se a verificar se determinado projeto é ou não viável do ponto de vista econômico, considerando-se certas premissas. Por sua vez, os outros estudos têm como finalidade comparar diferentes alternativas de investimentos em certos projetos, indicando vantagens e desvantagens de cada um deles e, em alguns casos, definindo que projeto(s) deverá(ão) ser escolhido(s) em detrimento dos demais.

Digitized by Google

É claro que, do ponto de vista dos governantes, a avaliação do impacto social assume papel de muito destaque, pois influencia fortemente a atuação política. A atual GD enfrenta problema semelhante. Porém, neste caso, a avaliação do impacto social é de relevância bastante superior à que este assunto tinha no passado, e, adicionalmente, deve-se considerar a existência da necessidade da avaliação do impacto ambiental, que inexistia ou era inexpressiva nos primórdios dos sistemas elétricos. Fato corroborador desta afirmação é a diferença de complexidade, de abrangência e de poder coercivo entre as legislações ambientais daquela época e as atuais.

O quinto e último aspecto de similaridade a ser aqui destacado é a dificuldade de se quebrar um paradigma, que, no caso, é tecnológico. Essa dificuldade origina-se na tendência que as pessoas têm em se acostumarem às situações consolidadas, mesmo as não-ideais, criando, em função delas, hábitos pessoais. Expandindo-se a individualidade para a sociedade como um todo, os hábitos pessoais adquirem denotação de hábitos culturais e sociais. Sendo assim, a sociedade organizada possui hábitos, cultura própria, que foram criados no decorrer de muitos anos, não sendo fácil alterá-los de modo rápido. É importante ressaltar o fato de que as diversas tecnologias exercem papel fundamental nas culturas das diversas sociedades. Haja vista a estreita vinculação entre tecnologias e sociedade, não se pode menosprezar a influência desta naquelas, principalmente nos aspectos relacionados à disputa pelo poder político e à força do poder econômico: não é raro verificarem-se situações em que as soluções tecnológicas são definidas mais por motivações políticas e(ou) econômicas que por mérito técnico.

Parece bastante claro, então, que a quebra de um paradigma exige a superação de forças muito poderosas. No final do século XIX, o novo paradigma, representado pelos primeiros sistemas elétricos — constituídos por iluminação e motores elétricos acionados por geração elétrica —, substituiu o antigo paradigma, representado pelos sistemas de iluminação a gás e força motriz exclusivamente mecânica. Isso ocorreu com a alteração de hábitos sociais e a confrontação com os poderes estabelecidos, incluindo o poder exercido pelas companhias de iluminação a gás, que foram vencidos. Na atualidade, para que o paradigma da geração centralizada seja substituído ou, pelo menos, coexista com um novo paradigma, será necessário, entre outras coisas, que as novas soluções sejam tecnicamente viáveis e economicamente competitivas e(ou) social ou ambientalmente necessárias e que (Romagnoli, 2005): (a) parcela expressiva dos agentes do setor elétrico reconheçam e explorem as vantagens da GD; (b) as autoridades políticas constituam bases regulatórias mais sólidas e de melhor qualidade; (c) os agentes e profissionais do setor elétrico sejam mais receptivos a novos modelos de sistemas elétricos para o entendimento correto dos conceitos afetos ao tema; (d) os agentes e profissionais do setor elétrico deixem de condenar algo por mera desconfiança.

Digitized by Google

Finalmente, os aspectos de similaridade destacados neste subitem, além de servirem de comparação entre situações históricas não-contemporâneas, apresentam características da atual GD que serão, em maior ou menor grau, utilizadas e(ou) aprofundadas em discussões que se seguem.

8.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos especialistas da área consideram que os atuais sistemas elétricos não conseguirão garantir o suprimento sustentável de energia elétrica com a abrangência e a qualidade exigidas pela sociedade do século XXI. Esse fato, associado ao enorme avanço tecnológico dos últimos anos, abriu razoável espaço para que a geração distribuída (GD) fosse retomada, com a devida atualização, a partir das idéias já existentes na época da origem da indústria da eletricidade.

No Brasil, país que possui enorme potencial a ser explorado nessa área e que ainda tem a necessidade de suprir energia elétrica a expressiva parcela de sua população, a discussão acerca desse tema é imprescindível. Dessa forma, com a consideração de que o tema GD é muito relevante, especialmente para o Brasil, controverso, não-consolidado, atual e, paradoxalmente, muito antigo, que remonta à origem dos sistemas elétricos de potência, torna-se necessário que o tema seja discutido com profundidade, a começar pela consolidação da terminologia técnica e pelas origens históricas. Este capítulo, reconhecendo essa necessidade, discutiu, com ineditismo, o termo **geração distribuída** e, também de modo inovador, relacionou a história da indústria da energia elétrica à atual GD por meio de diversos aspectos de similaridade detectados entre ambas, contribuindo para a consolidação da terminologia da área, para a difusão do tema entre os profissionais de engenharia elétrica e para a construção de conhecimento relevante e possibilitando o aprofundamento de discussões conceituais acerca da GD e a construção futura de um conceito e de uma definição de GD mais aceitos por todos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5th RESEARCH FRAMEWORK PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION: Energy, environment and sustainable development, Part B Energy. *Decentralized generation technologies*: potencials, success factors and impacts in the liberalized EU energy markets (DECENT): Final Report. [S.l.: s.n.]: 2002.

Digitized by Google

ACKERMANN, Thomas; ANDERSSON, Göran; SÖDER, Lennart. Distributed generation: a definition. In: *Electric Power Systems Research*, Elsevier Science, Oxford, UK, v. 57, n. 3, p. 195–204, 2001.

ALDABÓ, Ricardo. *Célula combustível a hidrogênio*: fonte de energia da nova era. São Paulo: Artliber, 2004.

BIBLIOTECA DIGITAL WWI-UMA. *Energia*: a era da microgeração. [S.l.]: Worldwatch Institute; Universidade Livre da Mata Atlântica, 2001. Disponível em: <www.wwiuma.org.br/alertas.html>. Acesso em: 3 maio 2007a.

_____. *Sistema energético do século XX é incompatível com a economia digital*. [S.l.]: Worldwatch Institute; Universidade Livre da Mata Atlântica, 2001. Disponível em: <www.wwiuma.org.br/alertas.html>. Acesso em: 3 maio 2007b.

BODANIS, David. *Universo elétrico*. Rio de Janeiro: Record, 2008.

CAMBRIDE ADVANCED LEARNER'S DICTIONARY. Version 1.0. [S.l.]: Cambridge University, 2003. 1 CD-ROM.

COSTA, Fernanda Damiani. *Metáfora e formativos terminológicos*: uma aplicação na linguagem de especialidade da engenharia elétrica. 2005. 186 f. Dissertação (Mestrado em Lingüística)–Departamento de Lingüística, Línguas Clássicas e Vernácula, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

DUNN, Seth. *Micropower*: the next electrical era. Worldwatch paper 151. Washington: Worldwatch Institute, 2000. Disponível em: <www.worldwatch.org>. Acesso em: 2 maio 2007.

DUNN, Seth; FLAVIN, Christopher. Sizing up micropower. In: BROWN, Lester R.; FLAVIN, Christopher; FRENCH, Hilary F. (Org.). *State of the world 2000*. Washington: Worldwatch Institute, cap. 8, 2000.

EL-KHATTAM, W; SALAMA, M.M.A. Distributed generation technologies, definitions and benefits. In: *Electric Power Systems Research*, Elsevier Science, Oxford, UK, v. 71, n. 2, p. 119–128, 2004.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Novo dicionário eletrônico Aurélio versão 5.0*. Coordenação e edição de Margarida dos Anjos e Marina Baird Ferreira. [S.l.]: Positivo Informática, 2004. 1 CD-ROM.

GROSS, Charles A. *Power system analysis*. 2nd ed. New York: John Wiley, 1986.

HOUAISS, Antônio. *Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa*. Versão 1.0. [S.l.]: Objetiva, 2001. 1 CD-ROM.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 30 abr. 2008.

Digitized by Google

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. *O que é geração distribuída?*. Disponível em: <www.inee.org.br>. Acesso em: 2 maio 2007.

LORA, Electo Eduardo Silva; HADDAD, Jamil (Coord.). *Geração distribuída*: aspectos tecnológicos, ambientais e institucionais. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

MARTINS, Jader Benuzzi. *A história da eletricidade*. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.

MICHAELIS: moderno dicionário inglês-português, português-inglês. São Paulo: Melhoramentos, 2000. (Dicionário Michaelis).

MME – Ministério de Minas e Energia. Brasília: MME, 2008. Disponível em: <www.mme.gov.br>. Acesso em: 20 maio 2008.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Disponível em: <www.pnud.org.br>. Acesso em: 23 abr. 2008.

RIFKIN, Jeremy. *A economia do hidrogênio*. São Paulo: M.Books do Brasil, 2003.

RODITI, Itzhak. *Dicionário Houaiss de Física*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005.

RODRIGUES, Flávia Francesca Capano. *Programação da contratação de energia considerando geração distribuída no novo modelo do setor elétrico brasileiro*. 2006. 171 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Elétrica)–Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

RODRÍGUEZ, Carlos Roberto Cervantes. *Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída*: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. 2002. 118 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos)–Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

ROMAGNOLI, Henrique Cesar. *Identificação de barreiras à geração distribuída no marco regulatório atual do setor elétrico brasileiro*. 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)–Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Desafio do Luz para Todos é garantir acesso à energia elétrica na região amazônica*. N.° 64. Brasília, 12 jun. 2008.

SEVERINO, Mauro Moura. *Avaliação técnico-econômica de um sistema híbrido de geração distribuída para atendimento a comunidades isoladas da Amazônia*. 2008. 335 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica)–Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

WALTER, Arnaldo. Fomento à geração elétrica com fontes renováveis de energia no meio rural brasileiro: barreiras, ações e perpectivas. In: *Encontro de energia no meio*

Digitized by Google

rural (AGRENER), An. 3, [S.l], 2000. Disponível em: <www.proceedings.scielo.br/scielo.php>. Acesso em: 2 maio 2007.

WEA – World Energy Assessment. *Overview*. [S.l]: 2000.

WEBSTER'S NEW TWENTIETH CENTURY DICTIONARY. 2nd ed. New York: Prentice Hall, 1983.

WIKIPEDIA: the free encyclopedia. Disponível em: <www.en.wikipedia.org>. Acesso em: 6 abr. 2007.

WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Disponível em: <www.pt.wikipedia.org>. Acesso em: 6 abr. 2007.

WILLIS, H. Lee; SCOTT, Walter G. *Distributed power generation*: planning and evaluation. New York: Marcel Dekker, 2000.

Digitized by Google