



UNIVERSIDADE RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

**EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE LENHA E CARVÃO VEGETAL NA MATRIZ  
ENERGÉTICA BRASILEIRA**

Autor: Felipe Sunquim de Oliveira

Orientador: Tokitika Morokawa

Seropédica - RJ

Março, 2007

FELIPE SUNQUIM DE OLIVEIRA

**EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE LENHA E CARVÃO VEGETAL NA MATRIZ  
ENERGÉTICA BRASILEIRA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção de Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Sob orientação do professor

Tokitika Morokawa

Seropédica, Rio de Janeiro  
2007

**EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE LENHA E CARVÃO VEGETAL NA MATRIZ  
ENERGÉTICA BRASILEIRA**

FELIPE SUNQUIM DE OLIVEIRA

Aprovado em 21 de março de 2007

BANCA EXAMINADORA:

---

**Prof. Tokitika Morokawa**  
IF/DS - UFRRJ  
Orientador

---

**Prof. José de Arimatéa Silva**  
IF/DS - UFRRJ  
Membro Titular

---

**Prof. Azarias Machado de Andrade**  
IF/DS - UFRRJ  
Membro Titular

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Sebastião Lurzi de Oliveira e Neli Sunquim de Oliveira por sempre estarem presentes na minha vida e pela ajuda que me foi dada, sem a qual, seria impossível chegar onde estou. Sou eternamente grato pela educação que me propiciaram e que me tornaram a pessoa que sou hoje, dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida que tenho.

À minha família, em especial a meus pais Sebastião Lurzi de Oliveira e Neli Sunquim de oliveira por tudo que me ensinaram, e sou eternamente grato por isso.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelas condições de aprendizado oferecidas ao longo do curso e a qual tenho orgulho de ser estudante.

A todos os excelentes professores e funcionários da UFRRJ que contribuíram para minha formação acadêmica, principalmente para o professor Tokitika Morokawa pela orientação, sem a qual não seria possível a realização desse trabalho.

A todos os amigos, que nesse período em que estive na UFRRJ, ajudaram a tornar mais fácil a conclusão do curso.

A todos os estudantes de Engenharia Florestal, em especial aos estudantes do período 2002-I.

## **RESUMO**

Esse trabalho teve como principal objetivo avaliar a evolução do consumo do carvão vegetal e lenha na matriz energética brasileira, visto que em alguns países, 95% da energia consumida é oriunda da lenha. A lenha e o carvão vegetal colaboravam com 48,2% da energia total consumida em 1970 pela matriz energética brasileira e apesar de, gradativamente, serem substituídos por derivados de petróleo e outras fontes de energia, ainda são amplamente consumidas, colaborando com 11,4% do consumo total brasileiro em 2005. Atualmente, consumindo 42,8% da produção de lenha, o setor de produção de carvão vegetal é o que mais consome lenha, seguido do setor residencial com 29,0% do total. O setor industrial consome 88,5% da produção de carvão vegetal.

**Palavras-chaves:** carvão vegetal, lenha, Balanço Energético Brasileiro.

## **ABSTRACT**

This work has as main objective to evaluate the evolution of the consumption of the charcoal and firewood in the Brazilian energy matrix, since in some countries, 95% of the consumed energy are deriving of the firewood. The firewood and the charcoal collaborated with 48.2% of the consumed total energy in 1970 for the Brazilian energy matrix and although, gradual, to be substituted for derivatives of oil and other power plants, still widely they are consumed, collaborating with 11.4% of the Brazilian total consumption in 2005. Currently, consuming 42.8% of the firewood production, the sector of production of charcoal is what more it consumes firewood, followed of the residential sector with 29.0% of the total. The industrial sector consumes 88.5% of the production of charcoal.

**Keyword:** charcoal, firewood, Brazilian Energy Balance

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	
2.1 Lenha.....	2
2.2 Carvão vegetal.....	4
2.3 Objetivo.....	5
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>6</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	
4.1 Evolução do consumo da lenha e do carvão vegetal.....	7
4.2 Evolução do consumo da lenha.....	8
4.2.1 Setor residencial.....	8
4.2.2 Setor agropecuário.....	10
4.2.3 Setor industrial.....	12
4.2.3.1 Indústria de alimentos e bebidas.....	13
4.2.3.2 Indústria de cerâmica.....	14
4.2.3.3 Indústria de papel e celulose.....	15
4.2.4 Setor de produção do carvão vegetal.....	17
4.3 Evolução do consumo de carvão vegetal.....	17
4.3.1 Setor industrial.....	18
4.3.1.1 Indústria de ferro-gusa e aço.....	19
4.3.1.2 Indústria de ferro-liga.....	21
4.3.1.3 Indústria de cimento.....	22
4.3.2 Setor residencial.....	23
4.4 Preço das fontes de energia.....	23
4.5 Origem da matéria prima.....	24
4.5.1 Silvicultura.....	25
4.5.2 Exploração vegetal.....	26
4.6 Outras fontes de energia.....	27
4.6.1 Derivados de cana-de-açúcar.....	27
4.6.2 Gás natural.....	28
4.6.3 Petróleo.....	29
4.6.4 Carvão metalúrgico.....	31
4.6.5 Urânio.....	32
4.6.6 Hidrogênio.....	32
4.7 Projeções futuras para a Matriz Energética Brasileira....	34
4.8 Efeito estufa.....	34
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>40</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>42</b>



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Consumo energético total.....	7
<b>Figura 2.</b> Consumo energético do setor residencial.....	9
<b>Figura 3.</b> Consumo de lenha pela matriz energética brasileira.....	10
<b>Figura 4.</b> Consumo energético do setor agropecuário.....	11
<b>Figura 5.</b> Consumo energético do setor industrial.....	13
<b>Figura 6.</b> Consumo energético da indústria de alimentos e bebidas.....	14
<b>Figura 7.</b> Consumo de energia da indústria de cerâmica.....	15
<b>Figura 8.</b> Consumo energético da indústria de papel e celulose.....	16
<b>Figura 9.</b> Consumo de lenha pelo setor industrial .....	16
<b>Figura 10.</b> Consumo de carvão vegetal.....	18
<b>Figura 11.</b> Consumo energético da indústria de ferro-gusa.....	20
<b>Figura 12.</b> Consumo energético da indústria de ferro-liga.....	21
<b>Figura 13.</b> Consumo energético da indústria de cimento.....	22
<b>Figura 14.</b> Preço de algumas fontes de energia.....	24
<b>Figura 15.</b> Evolução do consumo de carvão vegetal conforme origem.....	25



## 1. INTRODUÇÃO

A Oferta Interna de Energia, em 2005, foi de 218,7 milhões de toneladas equivalentes de petróleo - tep, montante 226,9% superior ao de 1970 e próximo a 2,0% da demanda mundial. Desses 218,7 milhões de tep, 195,9 milhões foram consumidos pelo setor energético brasileiro. Importante setor da infra-estrutura econômica, a indústria de energia no Brasil responde pelo abastecimento de 89,8% do consumo nacional. Os 10,2% restantes são importados, principalmente, nas formas de carvão mineral, gás natural e energia elétrica (MME, 2007).

A lenha e o carvão vegetal participaram diretamente desses números com 20 milhões de toneladas equivalente petróleo. O Brasil sempre utilizou a madeira como fonte de energia, seja para o uso residencial, industrial, ou mesmo para transporte. Com a entrada dos derivados de petróleo como fonte de energia, a madeira teve sua utilização reduzida no Brasil. Mas como a madeira é uma fonte renovável de energia, sua utilização ainda é essencial para a Matriz Energética Brasileira (CENBIO, 2007).

A mata nativa sempre foi uma fonte de lenha, que parecia inesgotável, devido à quantidade gerada na ampliação da fronteira agrícola e a forma devastadora com que ela foi explorada deixou o país em situação crítica, em várias regiões onde existiam

abundantes coberturas florestais, no tocante à degradação do solo, alteração no regime de chuvas e conseqüente desertificação (ANEEL, 2005). A substituição da lenha de mata nativa por lenha de reflorestamento vem crescendo a cada ano, sendo o eucalipto a principal árvore cultivada para este fim. O eucalipto é de origem australiana e apresenta mais de 600 espécies, sendo que muitas delas foram desenvolvidas e adaptadas no Brasil, onde encontrou condições propícias para o seu rápido crescimento. As árvores de eucalipto podem ser cortadas a partir do sexto ano com produtividade extraordinária.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Lenha**

A lenha é provavelmente o energético mais antigo usado pelo homem e continua tendo grande importância na Matriz Energética Brasileira, participando com cerca de 8,2% da produção de energia (CERPCH, 2007).

A maior parte das pessoas das nações industrializadas não tem noção da importância que tem a lenha para os países em desenvolvimento. No começo da década de 80, na maioria dos países pobres, 90% das pessoas dependiam da lenha como principal combustível (FERNÁNDEZ, 1984). Atualmente chega a representar até

95% da fonte de energia em vários países. Nos países industrializados, a contribuição da lenha chega a um máximo de 4,0% (CERPCH, 2007).

A unidade primária da lenha é o estéreo (st). Para a lenha de uso residencial (vulgarmente identificada como "catada"), foi adotada densidade de 300 kg/st, e para a lenha comercial, foi utilizada a densidade de 390 kg/st. O poder calorífico inferior da lenha residencial e catada é de 3100 kcal/kg ou 12,98 gigajoule (MME, 2007).

Cerca de 43% da lenha produzida no Brasil é transformada em carvão vegetal. O setor residencial é o que mais consome lenha (29%), depois do carvoejamento. Geralmente ela é destinada a cocção dos alimentos nas regiões rurais (MME, 2007). Uma família de 8 pessoas necessita de aproximadamente 2 st de lenha por mês para preparar suas refeições. O setor industrial vem em seguida com cerca de 23,0% do consumo. As principais indústrias consumidoras de lenha no país são alimentos e bebidas, cerâmicas e papel e celulose (CERPCH, 2007).

A transformação da madeira em lenha, carvão vegetal ou toras, também gera uma grande quantidade de resíduos, que podem igualmente ser aproveitadas na geração de energia elétrica. Os Estados brasileiros com maior potencial de aproveitamento de

resíduos da madeira, oriunda de silvicultura, para a geração de energia elétrica são Paraná e São Paulo (ANEEL, 2005).

## **2.2 Carvão vegetal**

Segundo THIBAU (2000), o carvão vegetal assistiu os primeiros passos da siderurgia no Brasil, pois foi o primeiro redutor empregado nos altos-fornos.

ORMOND (2006), define carvão vegetal como: substância combustível formada de carbono, em forma definida, proveniente da combustão parcial de vegetais lenhosos. Essa combustão parcial, também chamada de pirólise ou carbonização, é o mais simples e mais antigo processo de conversão de um combustível (normalmente lenha) em outro de melhor qualidade e conteúdo energético (carvão, essencialmente). O processo consiste em aquecer o material original (normalmente entre 300°C e 500°C), na quase-ausência de ar, até que o material volátil seja retirado. O principal produto final (carvão vegetal) tem uma capacidade energética duas vezes maior que aquela do material de origem e, durante a queima, gera temperaturas muito mais elevadas. Além de gás combustível, a pirólise produz alcatrão e ácido piro-lenhoso (ANEEL, 2005).

Segundo MOROKAWA (1988), o carvão vegetal deve apresentar as seguintes características: elevado poder calorífico, alto

conteúdo de carbono fixo, baixo conteúdo de cinza, baixo conteúdo de umidade, elevada resistência mecânica, ausência de madeira parcialmente carbonizada (tiço) e de impurezas.

O carvão vegetal tem densidade de 250 kg/mdc e poder calorífico inferior de 6460 kcal/kg ou 27,05 giga-joule (MME, 2007).

Ao contrário do que ocorre nos países industrializados, no Brasil, o uso industrial do carvão vegetal continua sendo amplamente praticado e o Brasil é o maior produtor mundial desse insumo energético. O carvão vegetal funciona como redutor (coque vegetal) e energético ao mesmo tempo (CERPCH, 2007) e também é consumido pelos setores residencial e comercial, o segundo representado por pizzarias, padarias e churrascarias.

### **2.3 Objetivos**

Avaliar a evolução do consumo do carvão vegetal e lenha na Matriz Energética Brasileira.

Verificar quais setores consomem mais carvão vegetal e/ou lenha.

Avaliar a evolução da exploração da madeira de mata nativa e do reflorestamento para fins energéticos.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de consumo de lenha e carvão vegetal, bem como os dados da quantidade de energia fornecida pelo carvão vegetal e lenha foram obtidos do Balanço Nacional Energético Brasileiro de 2006 (ano base 2005). Os dados referentes à origem da matéria prima foram obtidos do IBGE e da AMS (Associação Mineira de Silvicultura, antiga ABRACAVE).

A revisão bibliográfica foi utilizada como auxílio para se determinar a evolução do uso do carvão vegetal e lenha na Matriz Energética Brasileira.

A unidade básica adotada na composição do Balanço Energético Nacional - BEN é a "tonelada equivalente de petróleo - tep" (petróleo base = 10000kcal/kg).

Foi utilizado o "tep" para os dados referentes ao consumo de energia e toneladas para os valores referentes à produção. Os valores foram arredondados para uma casa decimal, para efeito de simplificação e melhor compreensão dos dados.

A densidade utilizada da lenha é de 300 kg/st (lenha catada) e 390 kg/st (lenha comercial), com poder calorífico de 3100 kcal/kg. Para o carvão vegetal utilizou-se densidade 250 kg/mdc e poder calorífico de 6460 kcal/kg.

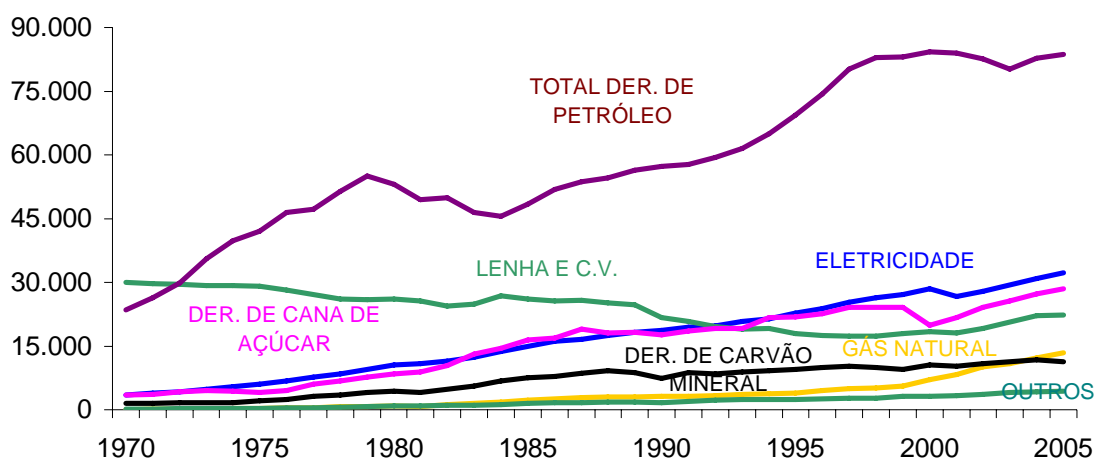


## 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

### 4.1 Evolução do consumo da lenha e do carvão vegetal

Em 1970, a lenha e o carvão vegetal contribuíam, juntamente, com 30,0 milhões de tep para a Matriz Energética Brasileira (Tabela 2), isso corresponde a 48,2% da oferta interna bruta de energia. Eram utilizados 102,9 milhões de toneladas de lenha, dentre os quais 11,3 milhões (11,0%) de toneladas eram utilizadas na fabricação de carvão vegetal (MME, 2007).

Em 2005 a lenha e o carvão vegetal representam 11,4% da Matriz Energética Brasileira, o equivalente a 22,4 milhões de tep.



**FIGURA 1.** Consumo energético total, com as respectivas fontes, em  $10^3$  tep (MME, 2007).

## **4.2 Evolução do consumo da lenha**

Em 1970, 86,5% da energia proveniente da lenha foram utilizados pelo setor residencial. Na década de 80 a lenha passou a ser mais consumida na produção de carvão vegetal, deixando o setor residencial como o segundo maior consumidor de lenha (Figura 3).

No Brasil, a década de 70 foi especialmente marcada por grande substituição da lenha por derivados de petróleo, o que reduziu significativamente a sua participação na Oferta Interna de Energia. No início da década de 80 o processo de substituição na indústria é atenuado, com a elevação dos preços internos do óleo combustível e do gás natural, favorecendo um maior uso da lenha e do carvão vegetal.

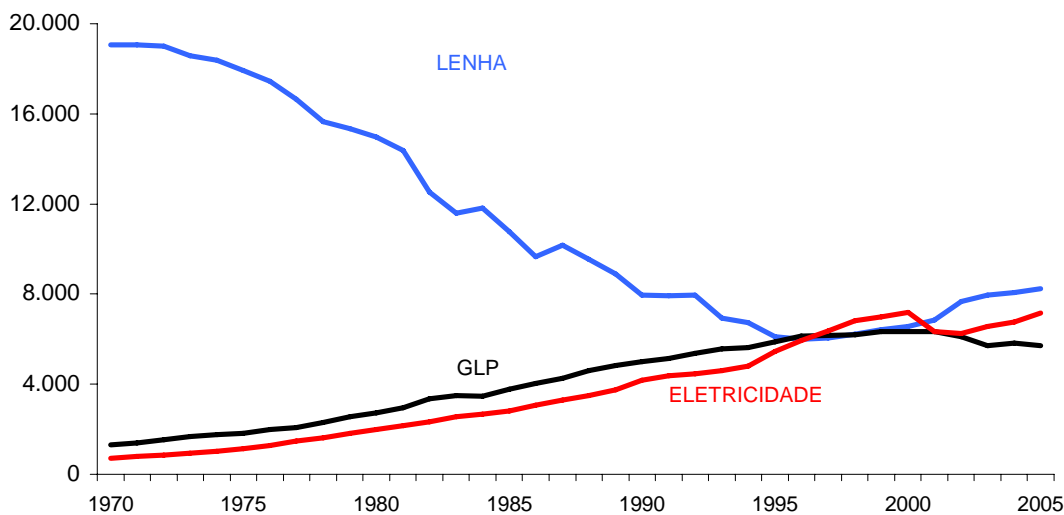
A utilização da lenha no Brasil é ainda significativa, e cresceu em 2005. Este insumo é utilizado, principalmente, nas carvoarias para produzir carvão vegetal e na cocção de alimentos nas residências.

### **4.2.1 Setor residencial**

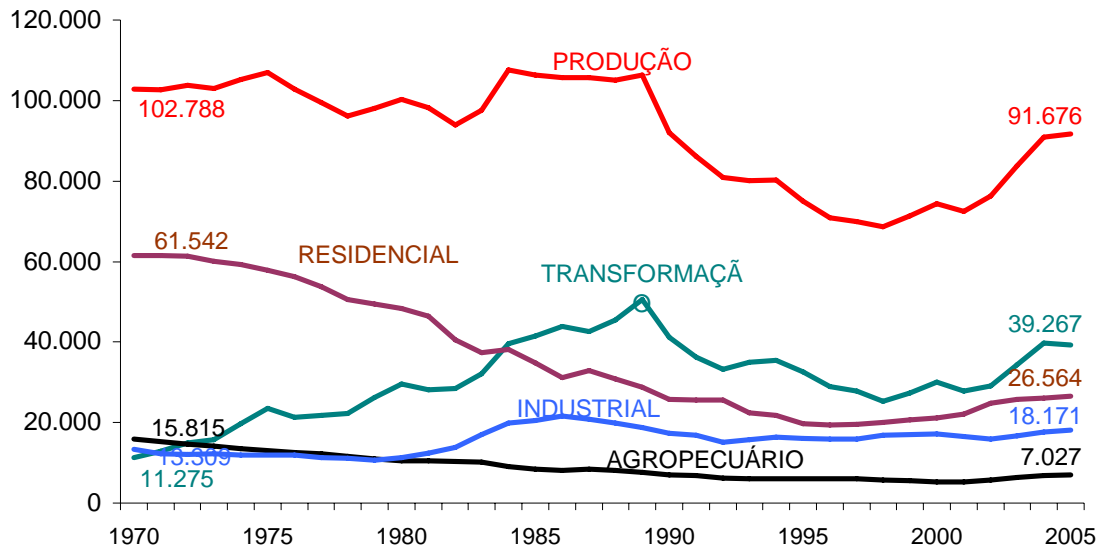
Em 1970, 19,0 milhões de tep oriundos de 61,5 milhões de toneladas de lenha, o correspondente a 60,0% da produção, era utilizado pelo setor residencial, principalmente na cocção de alimentos. Com o aumento da utilização de derivados de petróleo

(GLP - gás liquefeito de petróleo) esses números foram diminuindo com o passar dos anos. Em 1980, a produção de lenha foi de 48,3 milhões de toneladas (48,0% da produção) e em 1990 já estava em 25,7 milhões de toneladas (28,0% da produção).

Em 2005, o setor residencial consumiu cerca de 26 milhões de toneladas de lenha, equivalentes a 29,0% da produção (8,2 milhões de tep) e 2,0% superior ao consumo de 2004. Este acréscimo repete o comportamento dos últimos anos, complementando o baixo desempenho do consumo residencial de GLP na cocção.



**Figura 2.** Consumo energético residencial, com as respectivas fontes, em  $10^3$  tep (MME, 2007).



**Figura 3.** Consumo de lenha pela Matriz Energética Brasileira, em  $10^3$  t (MME, 2007).

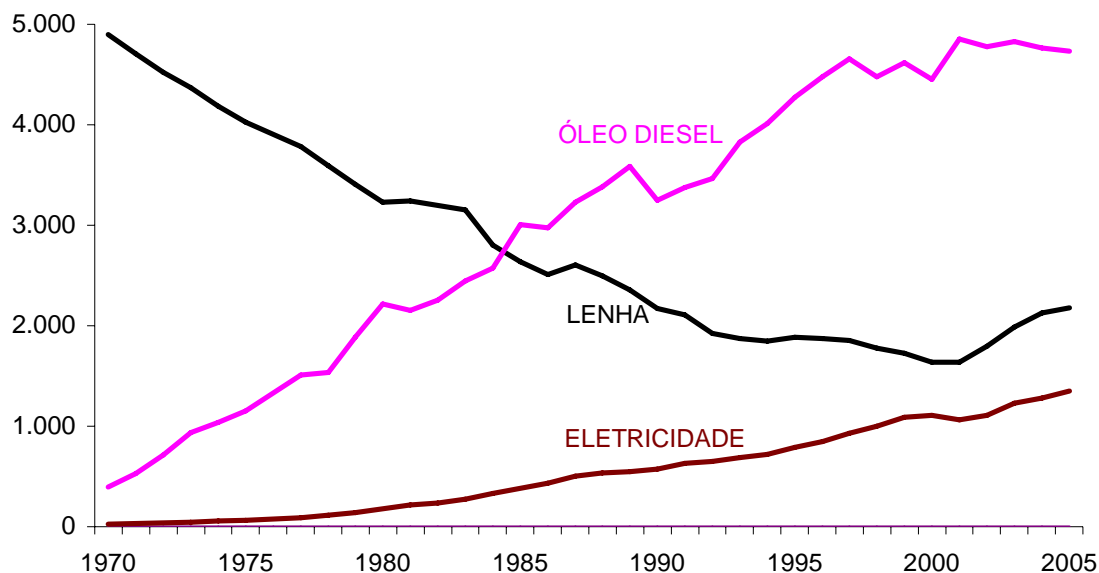
#### 4.2.2 Setor agropecuário

Na década de 70 o setor agropecuário era o segundo setor que mais consumia lenha, ficando atrás somente do setor residencial. O setor agropecuário consumia 15,8 milhões de toneladas de lenha de um total de 102,8 milhões de toneladas no ano de 1970, a lenha fornecia 4,9 milhões de tep, que representavam 91,6% do consumo do setor.

No setor agropecuário, os usos rudimentares da lenha em casas de farinha, em secagem de grãos e folhas, em olarias, em caieiras, na produção de doces caseiros, perdem gradativamente a importância em razão da urbanização e da industrialização, consequência disso é que em 1980, o setor agropecuário já

consumia 34,0% a menos de lenha em relação a 1970, perdendo assim, a segunda posição para o setor industrial. Essa queda no consumo de lenha por parte do setor agropecuário se dá ao fato da crescente urbanização e ao êxodo rural.

O uso da lenha no setor agropecuário continuou caindo até o ano de 2000, quando apresentou um pequeno aumento de seu uso, até que no ano de 2005 o uso de lenha foi de 7,0 milhões de toneladas, significando 7,7% da produção de lenha no Brasil. A lenha, no ano de 2005, participa com 26,1% do consumo de energia do setor ou 2,2 milhões de tep.



**Figura 4.** Consumo de energia pelo setor agropecuário, em 10<sup>3</sup> tep (MME, 2007).

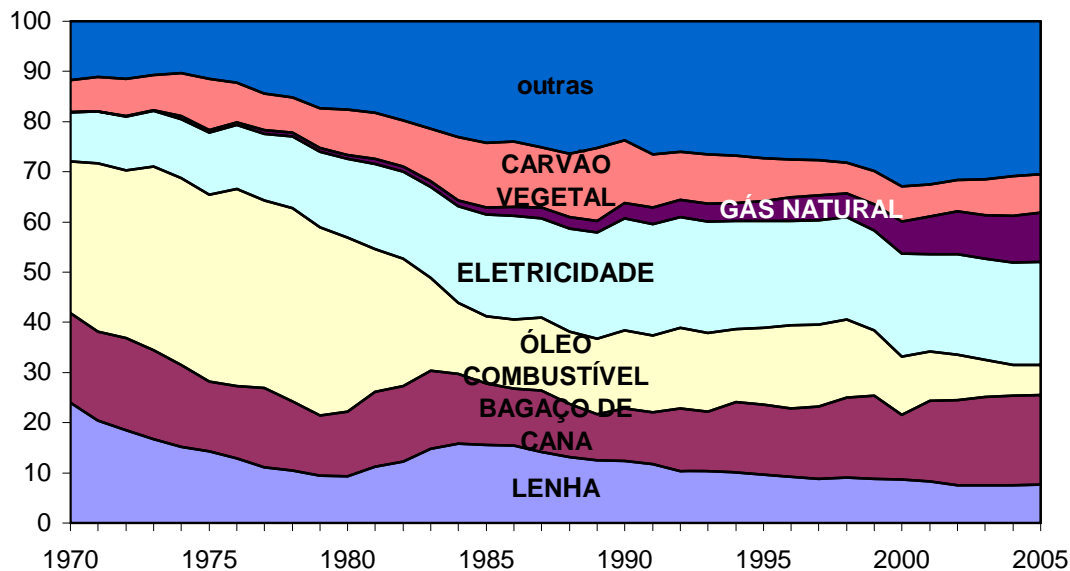
### **4.2.3 Setor industrial**

O setor industrial era o terceiro setor que mais consumia lenha em 1970, consumindo 13,3 milhões de toneladas de lenha, representando 13,0% da produção total.

A lenha era a segunda fonte de energia mais consumida pelo setor industrial com 4,1 milhões de tep (24,0%) perdendo apenas para o óleo combustível, que fornecia 5,2 milhões de tep (30,3%). Entre 1980 e 1985 houve uma grande expansão da indústria energointensiva, voltada para a exportação (aço, alumínio e ferroligas), como forma de aproveitar o excesso de capacidade instalada de geração elétrica e de amenizar o déficit comercial e implementação de medidas de contenção do consumo de derivados de petróleo, o consumo de lenha no setor industrial em 1980 aumentou de 10,7 milhões de toneladas para 21,6 milhões de toneladas em 1986, totalizando um aumento de 100,0% no consumo de lenha.

A partir de 1985, com a queda nos preços internacionais do petróleo, passando de mais de 40 dólares o barril para cerca de 15 dólares, as vantagens comparativas das fontes nacionais de energia foram perdendo força, havendo o retorno parcial dos derivados de petróleo, diminuindo assim o consumo de lenha por parte do setor industrial. Em 1995 o consumo era de 16,0 milhões de toneladas de lenha mantendo um pequeno crescimento até o ano de 2005, onde o consumo foi de 18,2 milhões de toneladas.

A lenha no ano de 2005 se encontra na 5ª posição como fonte de energia mais consumida pelo setor industrial, empatada com o carvão vegetal, suprimindo o setor com 5,6 milhões de tep ou 7,7% do consumo de energia por parte do setor industrial.

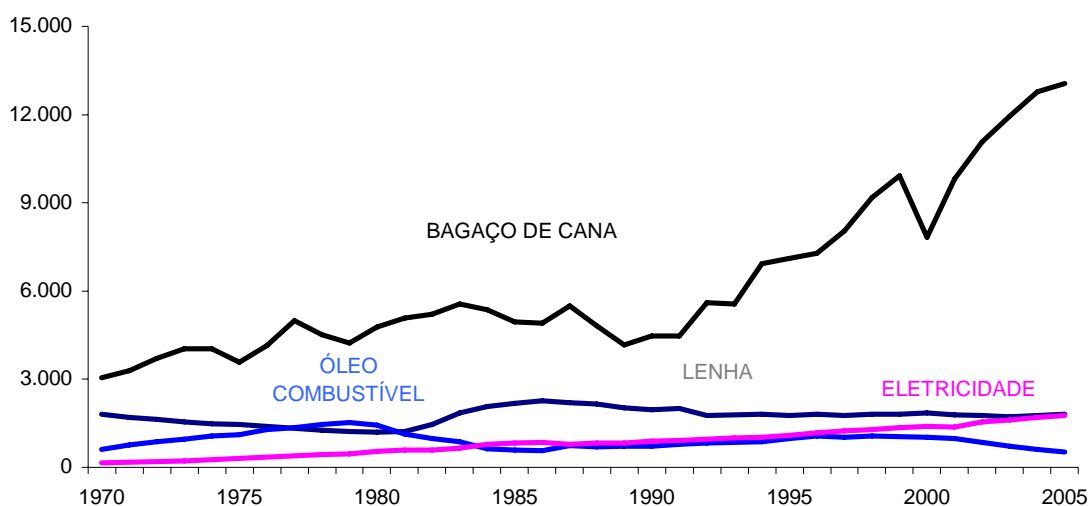


**Figura 5.** Consumo de energia pelo setor industrial, com as respectivas fontes, em % (MME, 2007).

#### 4.2.3.1 Indústria de alimentos e bebidas

A indústria de alimentos e bebidas era a que mais consumia lenha no ano de 1970, com 5,8 milhões de toneladas, o que representava 44,0% do consumo de lenha de todo setor industrial. A lenha era responsável por fornecer 1,8 milhões de tep de um total de 5,7 milhões de tep necessários à indústria de alimentos e bebidas naquele ano.

Em 2005 tal indústria ainda era a que mais consumia lenha como fonte de energia (dentro do setor industrial), com os mesmos 5,8 milhões de toneladas de 1970, porém, participando com apenas 32,2% do consumo total por parte da indústria de alimentos e bebidas e a lenha é responsável por 10,1% da energia consumida pela mesma indústria.



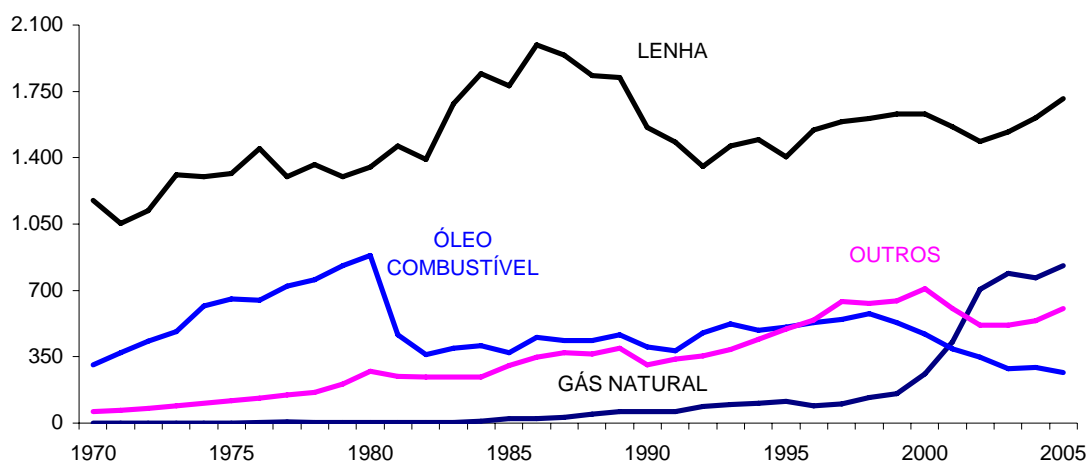
**Figura 6.** Consumo de energia pela indústria de alimentos e bebidas, em  $10^3$  tep (MME, 2007).

#### 4.2.3.2 Indústria de cerâmica

Consumindo 3,8 milhões de toneladas de lenha ou 28,0% do total consumido pelo setor industrial, a indústria de cerâmica se encontrava como a segunda indústria que mais consumia lenha no ano de 1970. A participação da lenha era de 1,2 milhões de tep, que equivalia a 76,2% do consumo total da indústria de cerâmica em 1970.



Em 2005 o consumo de lenha foi de 5,5 milhões de toneladas o que correspondia a 30,2% do total de lenha consumido pelo setor industrial. Tal quantidade foi responsável por 1,7 milhões de tep consumidos pela indústria de cerâmica ou 50,1% da energia necessária.



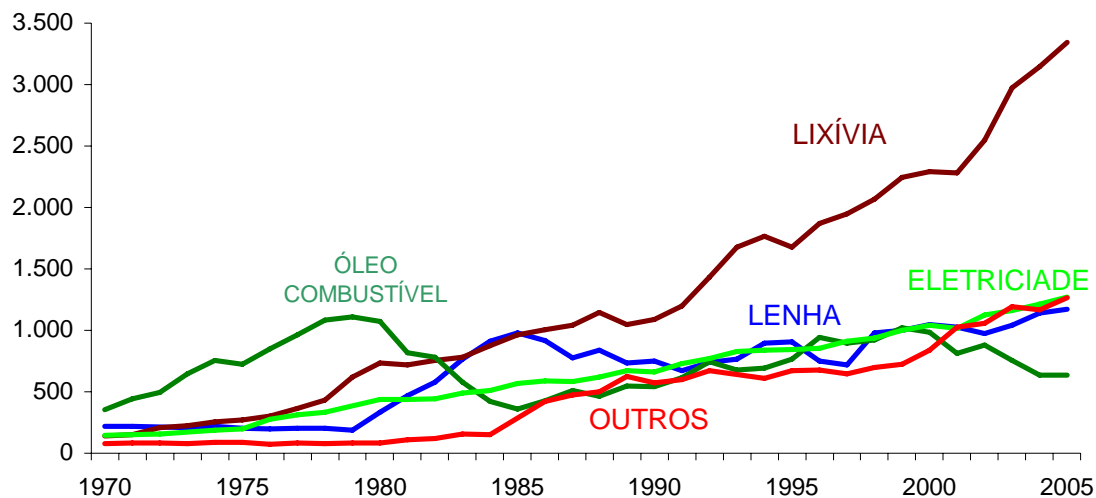
**Figura 7.** Consumo energético da indústria de cerâmica, em  $10^3$  tep (MME, 2007).

#### 4.2.3.3 Indústria de papel e celulose

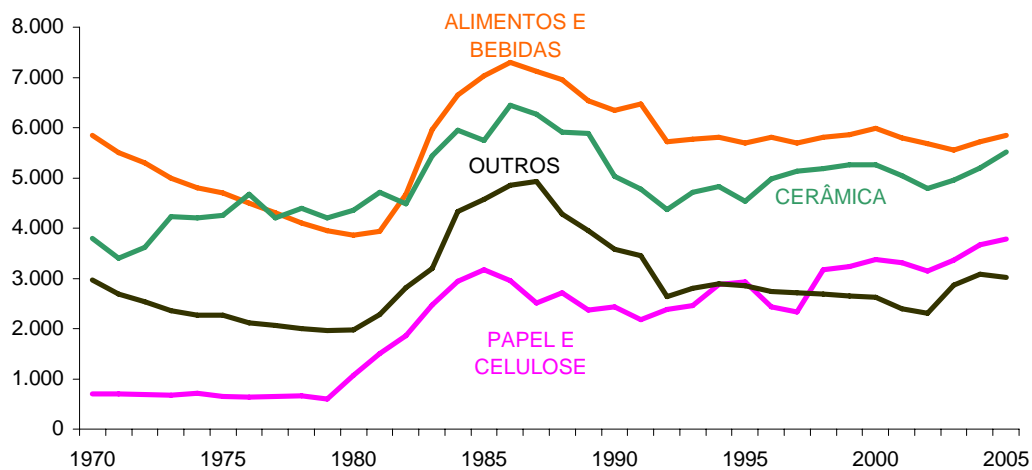
A indústria de papel e celulose consumia apenas 703 mil toneladas de lenha no ano de 1970 o que representava um consumo de 218 mil tep ou 23,3% do total de energia consumida, colocando assim a lenha como segunda fonte de energia mais consumida no mesmo ano, depois de lixívia que é o licor negro recuperado.

Com um consumo de 3,8 milhões de toneladas no ano de 2005, passou a ser a terceira indústria que mais consome lenha. A lenha

é a segunda fonte de energia mais consumida pela indústria de papel e celulose, fornecendo 1,2 milhões de tep o que representa 15,3% do consumo de energia de tal indústria.



**Figura 8.** Consumo energético da indústria de papel e celulose em  $10^3$  tep (MME, 2007).



**Figura 9.** Consumo de lenha pelo setor industrial, em  $10^3$  t (MME, 2007).

#### **4.2.4 Setor de produção do carvão vegetal**

Apenas 11,0% da produção total de lenha era utilizada na produção de carvão vegetal, em 1970. Durante a década de 70 o uso de lenha na produção de carvão vegetal passou de 11,3 milhões de toneladas para 26,2 milhões de toneladas, totalizando um aumento de 132,0%. Esse aumento continuou na década de 80 devido, principalmente, a crise do petróleo. O uso da lenha para produção de carvão vegetal em 1989 era de 50,5 milhões de toneladas ou 47,5% da produção de lenha naquele ano.

Em 1984 a quantidade de lenha destinada à produção do carvão vegetal (39,6 milhões de toneladas) superou a quantidade destinada ao setor residencial (38,0 milhões de toneladas), colocando assim a produção do carvão vegetal como a atividade que mais consome lenha na Matriz Energética Brasileira, fato que se observa até os dias de hoje.

Em 2005 a quantidade de lenha usada para produção de carvão vegetal foi de 39,3 milhões de toneladas, o que representa 42,8% do total produzido (Figura 3).

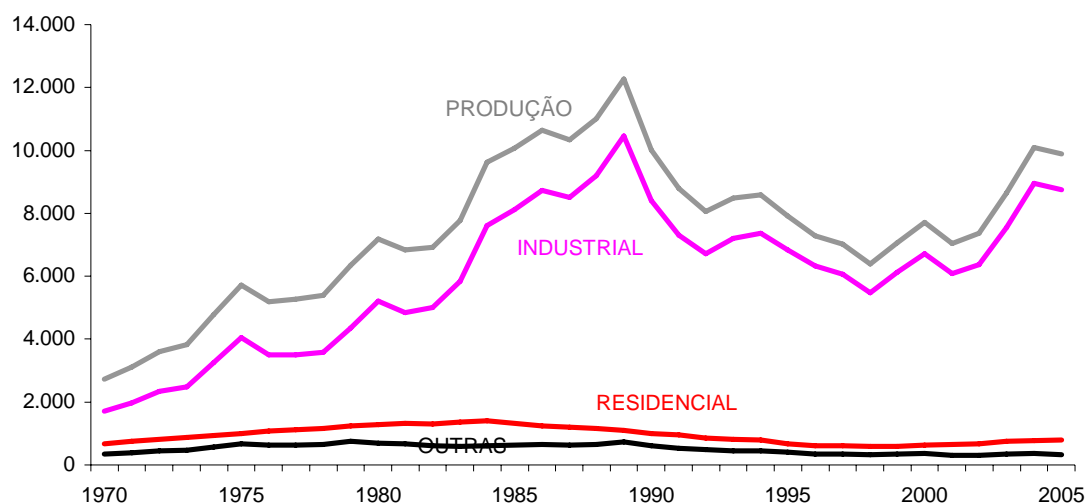
#### **4.3 Evolução do consumo de carvão vegetal**

O carvão vegetal tem, praticamente, toda a sua produção consumida pelo setor industrial e uma pequena parte consumida pelo setor residencial. Outros setores como agropecuário, público

e comercial consomem uma ínfima parte da produção de carvão vegetal. Em 1970 o carvão vegetal contribuía com 2,6% da energia consumida pelo setor energético brasileiro.

Em 1980 o carvão vegetal fornecia 4,2 milhões de tep (4,1% do total) passando para 6,2 milhões de tep (4,8%) em 1990 (Tabela 2).

Em 2005, o consumo de carvão vegetal foi de 6,3 milhões e tep, um decréscimo de 1,7%, comparado com 2004, sendo seu uso principal na produção de ferro gusa e na produção de silício metálico.



**Figura 10.** Consumo de carvão vegetal em 10<sup>3</sup> t (MME, 2007).

#### 4.3.1 Setor industrial

O setor industrial sempre foi um grande consumidor de carvão vegetal. E em 1970 o consumo era de 1,7 milhões de toneladas de

carvão vegetal, de um total de 2,7 milhões de toneladas (Figura 10). Apesar da grande porcentagem consumida pelo setor, o carvão vegetal supria apenas 6,4% da necessidade de consumo de energia, que equivalia a 1,1 milhões de tep (Figura 5). Com a crise do petróleo a demanda de carvão vegetal para suprir as indústrias foi crescendo, fazendo com que a utilização do carvão vegetal fosse cada vez maior. E em 1980 o consumo de carvão vegetal era três vezes maior do que em 1970 e já no final da década de 80 o consumo era o dobro do ano de 1980, com um consumo de 10,0 milhões de toneladas de carvão vegetal, o equivalente a 6,8 milhões de tep. Com o fim da crise e a redução do preço do barril de petróleo a competitividade do carvão vegetal frente ao petróleo diminuiu, reduzindo assim, a demanda de carvão vegetal nas indústrias.

Em 2005 o consumo de carvão vegetal, por parte da indústria, foi de 8,8 milhões de toneladas (88,5% da produção total de carvão vegetal), no mesmo ano o carvão vegetal forneceu 5,7 milhões de tep, totalizando 7,7% do consumo do setor industrial.

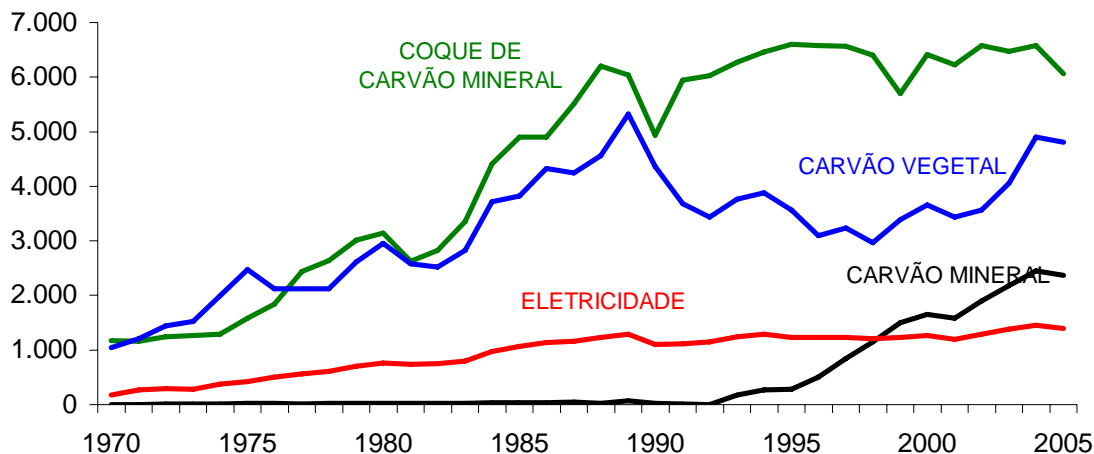
#### **4.3.1.1 Indústria de ferro-gusa e aço**

Em 1970 as indústrias de ferro-gusa e aço consumiam um total de 3,3 milhões de tep dos quais 1,0 milhão era fornecido pelo carvão vegetal (31,7%). Entre os anos de 1971 e 1975 o carvão

vegetal foi a principal fonte fornecedora de energia para a indústria de ferro-gusa e aço, chegando a fornecer 42,4% da energia consumida por tais indústrias.

Em 1980 o carvão vegetal forneceu 3,0 milhões de tep, passando para 5,3 milhões em 1989, diminuindo sua participação a partir de tal ano, chegando a 3,0 milhões de tep em 1998.

As indústrias de ferro-gusa e aço foram as que mais usaram carvão vegetal em 2005. Foram 7,4 milhões de toneladas ou 85,0% do total de carvão vegetal consumido pelo setor industrial. O carvão vegetal contribuiu com 27,5% da energia consumida por tal indústria, o equivalente a 4,8 milhões de tep.

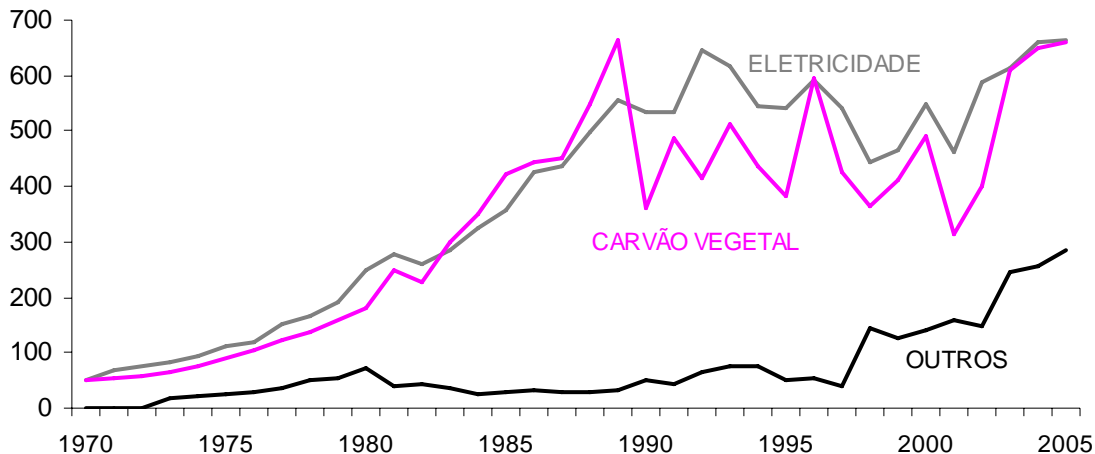


**Figura 11.** Consumo energético da indústria de ferro-gusa, em  $10^3$  tep (MME, 2007).

#### 4.3.1.2 Indústria de ferro-liga

A indústria de ferro-liga em 1970 era a segunda indústria que mais consumia carvão vegetal, com um consumo de 77 mil toneladas. Apenas duas fontes de energia eram utilizadas: a elétrica e o carvão vegetal, ambas participavam com 50% do consumo de um total de 99 mil tep.

A atual situação da indústria de ferro-liga ainda é bem parecida com a do ano de 1970 onde a energia elétrica e o carvão vegetal são as principais fontes de energia com 41,1% de participação de cada fonte, mas com cada uma fornecendo 665 mil tep.

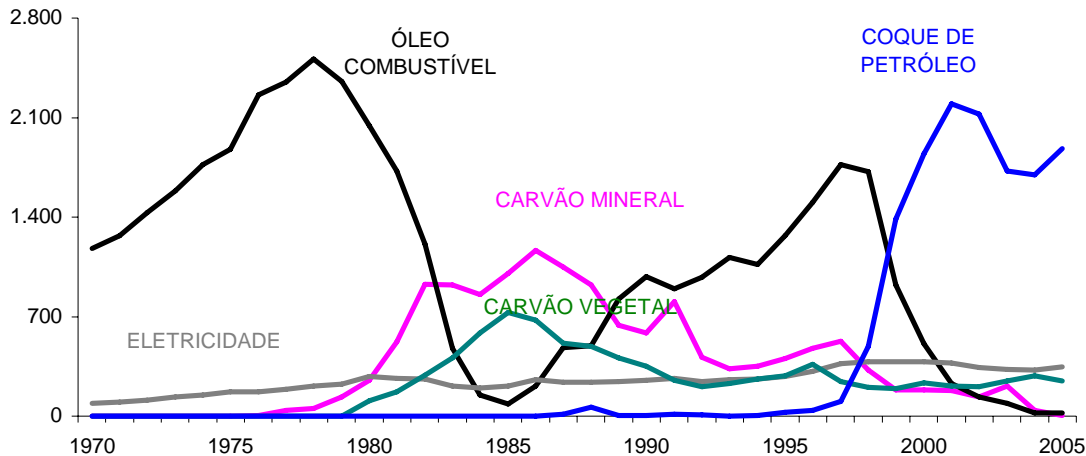


**Figura 12.** Consumo energético da indústria de ferro-ligas, em 10<sup>3</sup> tep (MME, 2007).

#### 4.3.1.3 Indústria de cimento

A participação do carvão vegetal na indústria de cimento só teve início em 1980, em consequência da crise do petróleo, contribuindo com 164 mil toneladas, deixando a indústria de cimento como a terceira consumidora de carvão vegetal que contribuía com 106 mil tep (3,8%).

No final da crise do petróleo em 1985, o carvão vegetal era responsável por 34,6% do fornecimento de energia para a indústria de cimento. Ao findar desse período, a participação do carvão vegetal diminuiu ao longo dos anos e, em 2005, participou com 385 mil toneladas de carvão vegetal e 249 mil tep (8,8%).



**Figura 13.** Consumo energético da indústria de cimento, em  $10^3$  tep (MME, 2007).



#### **4.3.2 Setor residencial**

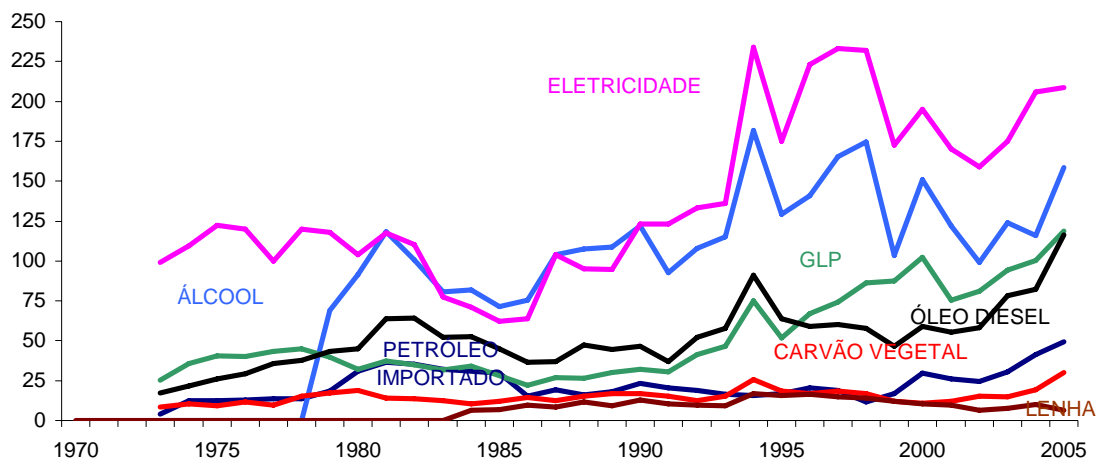
O setor residencial sempre consumiu pouco carvão vegetal. Em 1970 o consumo era 25,0% da produção de carvão vegetal e representava 437 mil tep ou 2,0% do consumo total. Com a crise do petróleo a contribuição de tep do carvão vegetal passou de 3,8% em 1980 para 4,7% em 1984, diminuindo sua participação até 1,9% em 1999.

Em 2005 o consumo de carvão vegetal chegou a 801 mil toneladas que contribuíram com 517 mil tep o equivalente a 2,4% do consumo total do setor (Figura 10).

#### **4.4 Preço das fontes de energia**

A lenha e o carvão vegetal são fontes de energia bem mais baratas quando comparadas com outras fontes de energia como os derivados de petróleo, álcool e eletricidade.

Para efeito de comparação, uma indústria que tenha como fonte de energia uma caldeira acionada a lenha apresentaria despesas, aproximadamente, 30 vezes menor que uma indústria que use eletricidade como fonte de energia, isso sem levarmos em consideração alguns fatores como: preço de instalação da caldeira a lenha, gastos com transporte de lenha, disponibilidade de lenha, etc.



1- Como forma de manter a série histórica, é adotado bep baseado no poder calorífico superior da fonte.

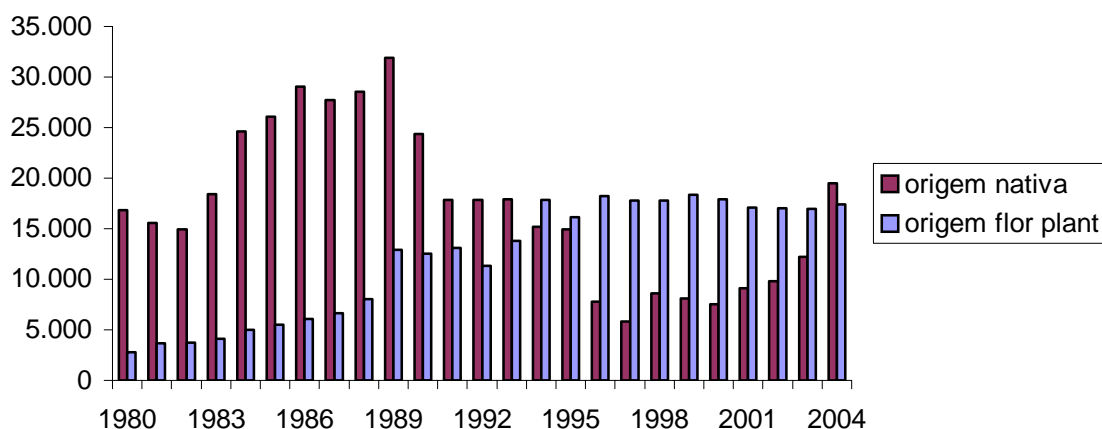
**Figura 14.** Preço de algumas fontes de energia, em US\$/bep<sup>1</sup> (MME, 2007).

#### 4.5 Origem da matéria prima

Segundo o IBGE (2005), atualmente, da silvicultura provêm 45,9% da produção total de carvão vegetal e 43,9% do total da lenha produzida no País. Tal resultado se deve ao fato de o setor industrial madeireiro, junto com a legislação ambiental, estar atuando no sentido de diminuir a pressão sobre os recursos naturais em geral. A demanda por matéria-prima tem sido atendida mediante a expansão do cultivo de florestas homogêneas, redução dos desperdícios e adoção da reciclagem de materiais.

Na Figura 15, observa-se que a produção de carvão vegetal proveniente da silvicultura apresentou uma tendência de crescimento até 1994, com uma produção de 17,8 milhões de mdc,

mesmo ano em que a produção de carvão oriunda de silvicultura superou a quantidade de carvão vegetal produzido de florestas nativas, que foi de 15,2 milhões de mdc. Em 2000 houve um crescimento na produção de carvão de florestas nativas e em 2004 tal produção, com 19,5 milhões de mdc, supera a quantidade de carvão vegetal de origem da silvicultura que foi de 17,5 milhões de mdc (AMS, 2005).



**Figura 15.** Evolução do consumo de carvão vegetal segundo a origem, em mdc - metro de carvão (AMS, 2005).

#### 4.5.1 Silvicultura

De florestas plantadas, em 2005, obteve-se 45,9% do total de carvão vegetal, um decréscimo de 3,8 pontos percentuais quando comparado com os números de 2004 que foram de 49,7%. Em 2005, 43,9% da lenha originaram de florestas plantadas, evidenciando um aumento, visto que em 2004 foram extraídos 41,4% de carvão vegetal de florestas plantadas. Tal resultado se deve ao fato da

legislação ambiental estar atuando para diminuir a pressão sobre os recursos naturais em geral.

A produção de lenha na silvicultura alcançou 35,5 milhões de st e o Rio Grande do Sul, maior produtor do país, respondeu por 36,3% desse total. O segundo estado maior produtor foi São Paulo, com uma participação de 19,2% no total da produção nacional de lenha proveniente da silvicultura. Quanto ao carvão oriundo de silvicultura (reflorestamento), o principal produtor do país é o estado de Minas Gerais com 69,0% do total (IBGE, 2005).

#### **4.5.2 Exploração vegetal**

Com relação à lenha originária da extração vegetal, os cinco principais estados produtores, em 2005, foram a Bahia, que respondeu por 26,1% do total nacional, o Ceará (10,0%), o Pará (8,2%), o Maranhão (6,7%) e o Paraná (6,2%).

Com relação à produção de carvão do extrativismo vegetal, destacaram-se os Estados da Bahia, com 26,9% das 2,97 milhões de toneladas produzidas no País em 2005; Mato Grosso do Sul, com 18,8%; Maranhão, com 16,9%; Goiás, com 10,8%; e Minas Gerais, com 10,4% (IBGE, 2005).

## **4.6 Outras fontes de energia**

### **4.6.1 Derivados de cana-de-açúcar**

O álcool e a cana-de-açúcar desempenham importante papel na economia brasileira, com relevante participação na matriz energética do país. A cana e seus derivados respondem por 13,8% do consumo interno de energia, colocando o Brasil como líder mundial na produção de álcool (ANP, 2005).

O bagaço de cana é utilizado para a co-geração de eletricidade na indústria sucroalcooleira.

O álcool, é composto por etanol e, em menor proporção, metanol, e pode ser usado como combustível (puro ou adicionado à gasolina - cerca de 20%) em motores de combustão interna (ANEEL, 2005).

O Brasil não importa derivados de cana-de-açúcar e as exportações de álcool etílicas somaram 1,3 milhões de tep em 2005 (MME, 2007).

As estimativas são de que em 2022 a produção de álcool chega a 23,7 milhões m<sup>3</sup>. O bagaço de cana apresenta crescimento na indústria de alimentos e forte participação na geração de eletricidade pública, em razão do PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (MME, 2002).

Em 2022, são previstos 5,8 GW de potência instalada, gerando 30,0 TWh de eletricidade para o mercado, com consumo de 29 milhões de t de bagaço. Além disso, cerca de 160,0 milhões de t estarão sendo consumidas no setor sucroalcooleiro para fins térmicos. Com estes números, os produtos da cana seguem mantendo significativa participação na matriz energética brasileira, em torno de 12,0% (MME, 2002).

#### **4.6.2 Gás natural**

O gás natural surge como uma das principais alternativas de expansão da capacidade de geração de energia elétrica em vários países, inclusive no Brasil (ANEEL, 2005).

Segundo ANP (2005), em 2005 foram produzidos no Brasil 17,7 bilhões de m<sup>3</sup>, um aumento de 4,3% comparado com 2004 e foram importados 9,0 bilhões de m<sup>3</sup> dos quais 96,1% importado da Bolívia, representando um aumento de 11,3% comparado ao ano anterior.

As reservas brasileiras provadas de gás natural remontam a 306 bilhões de m<sup>3</sup> (Tabela 1, em anexo). A oferta de gás natural no país aumentará significativamente nos próximos anos, quando da entrada em produção das descobertas recentes nas Bacias de

Camamu-Almada, do Espírito Santo, de Sergipe-Alagoas e, principalmente, Santos (MME, 2007).

A julgar pelo crescimento econômico projetado para os próximos anos, em 2010 o mercado de gás natural no Brasil alcançará o patamar de 127 milhões de m<sup>3</sup>/dia, com base em estudo de mercado desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia, sendo mais da metade desse volume destinado ao segmento industrial. Estima-se ainda que em 2020 o consumo potencial possa atingir valores em torno de 180 milhões de m<sup>3</sup>/dia (ANP, 2005).

Em 2005, o gás atingiu 6,8% da oferta total de energia primária no Brasil, em forte tendência de aumento, o qual é predominantemente relacionado com a geração de energia elétrica.

Estima-se que em 2030 o gás natural cubra 35% da demanda por geração de energia elétrica brasileira. Parte significativa da oferta de gás natural corresponde a importação. Em 2005, as importações líquidas foram de 8,9 bilhões de m<sup>3</sup> anuais e devem crescer até o máximo de 11,0 bilhões entre 2010 e 2020. Em 2030, projeta-se que caiam para 4 bilhões de m<sup>3</sup> por ano devido a maior participação do gás produzido no Brasil (MME, 2007).

#### **4.6.3 Petróleo**

Além de predominante no setor de transportes, o petróleo ainda é o principal responsável pela geração de energia elétrica

em diversos países do mundo. Apesar da expansão recente da hidroeletricidade e da diversificação das fontes de geração de energia elétrica verificadas nas últimas décadas, o petróleo participou com 38,7% da oferta interna de energia em 2005 (ANEEL, 2005).

O GLP vem, ao longo dos anos, substituindo, gradativamente, o consumo de lenha pelo setor residencial, o mesmo acontece com o óleo combustível que substituiu a lenha no setor agropecuário.

Parte significativa da produção de petróleo brasileira depende do desenvolvimento de campos em águas profundas e ultraprofundas. Segundo o Ministério de Minas e Energia (2007), a exportação de petróleo foi de 14,1 milhões de tep em 2005, aumento de 15,8% comparado a 2004 e a importação de petróleo foi de 17,7 milhões de tep em 2005, redução de 24,0% comparado com 2004. O petróleo brasileiro é tipicamente um óleo pesado que, quando fracionado na refinaria, produz uma quantidade muito grande de nafta, gasolina, óleo combustível e, em quantidade menor, o óleo diesel. Já o petróleo importado é um óleo leve, cujas características são essenciais para a produção de diesel (MME, 2002).

A reserva natural de petróleo brasileira em 2005 era de 1,9 bilhões de m<sup>3</sup>, somados as reservas inferidas e estimadas esse valor chega a 2,6 bilhões de m<sup>3</sup> (Tabela 1).



Estima-se que a produção anual de petróleo de 2,3 milhões de barris por dia em 2010, num crescimento no período à taxa de 5,8% ao ano. Para 2030, o estudo estima a produção de 3,9 milhões de barris por dia.

#### **4.6.4 Carvão metalúrgico**

O carvão metalúrgico substitui o carvão vegetal na siderurgia brasileira por se tratar de um combustível mais barato, apesar de expelir enxofre e dióxido de carbono na sua combustão.

O carvão metalúrgico consumido pela siderurgia brasileira é, praticamente, todo ele importado, em 2005 foram importados 10,1 milhões de tep (MME, 2007).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2007), A reserva brasileira de carvão mineral em 2005 era de 32,3 bilhões de toneladas no ano de 2005 (Tabela 1, em anexo). Porém com o baixo poder calorífico do carvão mineral brasileiro (3900 kcal/kg) e o baixo custo de importação desse insumo, torna a importação mais vantajosa para a siderurgia brasileira.

Previsões futuras mostram que o carvão utilizado continua a ter maior utilização na indústria siderúrgica, com a particularidade de ser todo importado (MME, 2002).

#### **4.6.5 Urânio**

Embora seja a terceira maior fonte geradora de eletricidade no mundo e evite a emissão de consideráveis quantidades de dióxido de carbono e outros poluentes, a energia nuclear tem sido vista mais como um perigo de autodestruição do que uma fonte ilimitada de energia, como esperado no início do seu desenvolvimento tecnológico (ANEEL, 2005).

O urânio ( $U_8O_3$ ) foi responsável por 1,2% do consumo energético brasileiro em 2005 (MME, 2007).

O futuro da energia nuclear não parece promissor, em razão dos problemas de segurança e dos altos custos de disposição dos rejeitos nucleares. Com exceção de poucos países, dentre os quais a França e o Japão, a opinião pública internacional tem sido sistematicamente contrária à geração termonuclear de energia elétrica (MME, 2007). Apesar da impopularidade da energia nuclear, o Brasil pode aproveitar a reserva de urânio nacional, que é de 309,4 mil toneladas (Tabela 1), para fornecer energia limpa e barata para a Matriz Energética Brasileira a médio prazo.

#### **4.6.6 Hidrogênio**

Apesar da energia cedida pelo hidrogênio ser menor do que a energia total utilizada na sua obtenção, ele apresenta vantagens

importantes que o qualificam como um dos combustíveis que irão, certamente, substituir os derivados do petróleo.

Não há hoje no Brasil infra-estrutura para distribuição do hidrogênio como vetor energético, ainda que o uso do hidrogênio energético seja inexpressivo no Brasil, de modo geral, o ambiente no país é favorável à introdução gradual deste na matriz energética.

O hidrogênio não é encontrado como gás em estado puro na natureza em quantidades expressivas, necessitando assim, ser produzido.

O hidrogênio pode ser produzido através da hidrólise da água, tal processo consiste em aproveitar o excesso de energia produzido fora do horário de pico para produção de hidrogênio e posteriormente reconverter o hidrogênio em energia elétrica nos horários de pico de consumo de eletricidade.

Outras formas de produzir o hidrogênio podem ser através da reforma do gás natural, reforma do etanol, gaseificação de biomassa e processos alternativos.

Previsões do Ministério de Minas e Energia indicam que o hidrogênio esteja, até 2025, inserido na Matriz Energética Nacional, sendo utilizado como vetor energético tanto no fornecimento de energia elétrica quanto no mercado de

combustíveis, obtido, preferencialmente, a partir de fontes renováveis, fornecendo energia livre de gases tóxicos.

#### **4.7 Projeções futuras para a Matriz Energética Brasileira**

Segundo previsões do Ministério de Minas e Energia (2007), o Consumo Final de Energia (CFE), em 2022, atingirá o montante de 358,3 milhões tep, valor 82,9% superior ao de 2005, de 195,9 milhões tep . Com taxa de crescimento de 3,5% aa no período 2000 a 2022. Acima desta taxa, crescem o gás natural (7,1% aa), a Energia hidráulica (4,7% aa) e álcool/bagaço e outras fontes renováveis (3,7% aa). Abaixo, crescem os derivados de petróleo (3,2% aa), o carvão mineral (2,8% aa) e a lenha/carvão vegetal (0,7% aa).

Os aumentos mais significativos na participação do CFE são do gás natural, de 6,8% em 2005 para 8,7% em 2022 e da Energia hidráulica, de 16,5% para 20,2%. Os derivados de petróleo perdem participação, bem como a lenha/carvão vegetal, de 11,4% para 5,9%.

#### **4.8 Efeito estufa**

Foi realizado em dezembro de 1997, em Kyoto, no Japão, a terceira conferência das Nações Unidas sobre mudança do clima, com a presença de representantes de mais de 160 países. Teve os

seguintes objetivos: a) fixar compromissos de redução e limitação da emissão de dióxido de carbono e outros gases responsáveis pelo efeito estufa, para os países desenvolvidos; b) trazer a possibilidade de utilização de mecanismos de flexibilidade para que os países em desenvolvimento possam atingir os objetivos de redução de gases do efeito estufa.

Os combustíveis fósseis devem continuar tendo papel energético importante para países em desenvolvimento como a China e Índia, precisando cada vez mais de energia para manter seu desenvolvimento, aumentando assim a emissão de gases poluentes na atmosfera.

Algumas alternativas para a redução de CO<sub>2</sub> e outros gases poluentes são: captura de carbono, energia nuclear, fontes renováveis, aumento de eficiência, captura e uso de metano e idéias inteligentes baseadas em uso de gás natural.

A captura de carbono consiste no processo de fotossíntese das plantas e árvores. Na presença da luz, elas retiram o dióxido de carbono, usam o carbono para crescer e retornam o oxigênio para atmosfera.

A captura de carbono pode ser uma atividade lucrativa para o Brasil tendo em vista a quantidade de áreas potencialmente disponíveis para o plantio de cultura com grande potencial para a captura de carbono.

## 5. CONCLUSÃO

Até o ano de 1972, a lenha era o combustível mais consumido na Matriz Energética Brasileira. Somente em 1973 a situação foi revertida com a energia derivada do petróleo.

Em 1970 o setor que mais consumia lenha era o residencial, tal quadro se reverteu em 1984 com um maior consumo de lenha por parte do setor carvoeiro, deixando o setor residencial como segundo maior consumidor de lenha. A utilização da lenha no Brasil é ainda significativa, e cresceu em 2005. Este insumo é utilizado, principalmente, nas carvoarias para produzir carvão vegetal e na cocção de alimentos nas residências. O processo de desenvolvimento das nações induz à redução natural do uso da lenha como fonte de energia.

Já com o carvão vegetal o setor que mais consumiu, e ainda consome tal fonte de energia é o industrial, em especial as indústrias de ferro-gusa e aço e indústrias de ferro-liga, sendo que o setor industrial passou de um consumo de 62,0% do total da produção de carvão vegetal para 89,0% no período entre 1970 e 2005.

A participação da lenha e do carvão vegetal na Matriz Energética Brasileira era de 30,0 milhões de tep (48,2%) da oferta interna de energia em 1970 reduzindo gradativamente para

22,4 milhões de tep em 2005. A tendência histórica do rápido declínio da participação da madeira no Balanço Energético Nacional sofreu uma grande redução entre as décadas de 70 e 80, principalmente em função da crise do petróleo. Apesar de previsões passadas de que a madeira tenderia a desaparecer do cenário energético em nosso País, hoje ela ainda é importante para o Brasil, fornecendo 11,4% da energia consumida.

Ao se tratar da origem da matéria prima, apesar de um ligeiro aumento na participação do reflorestamento para suprir o consumo de lenha para a produção do carvão vegetal, ainda é preocupante o fato que mais da metade da lenha consumida desta maneira seja oriunda de extrativismo, o que colabora com o desmatamento das florestas nativas brasileira.

Visto que a madeira ainda é essencial para a Matriz Energética Brasileira, e o petróleo é uma fonte de energia não renovável, é de suma importância medidas que venham a aumentar a participação da silvicultura como fonte de matéria prima, diminuindo assim, a extração de madeira das florestas nativas. É necessário também melhorar a produção do carvão vegetal, pois, ainda é produzido da mesma forma como o era há um século, descartando, através da emissão de gases, milhares de toneladas de componentes químicos que poderiam ser reaproveitados.

O petróleo vem sendo substituído, gradativamente, por fontes de energia mais baratas e menos poluentes, como o gás natural, a hidroeletricidade e fontes provenientes de biomassa.

O consumo de lenha continua decrescendo em razão da substituição por GLP no setor residencial e, também, em razão de uma menor participação relativa do carvão vegetal na siderurgia, este substituído pelo carvão mineral. A médio prazo, com a recente política de captura de carbono, a lenha passa a ter um crescimento gradual, embora pequeno.

A pressão internacional, principalmente a comunidade européia, buscam formas de reduzir as emissões de gases do efeito estufa decorrentes da combustão de derivados de petróleo e do carvão mineral, favorecendo assim, fontes de energia com pouca ou nenhuma emissão de gases tóxicos ao meio ambiente como: a hidroeletricidade, que apresentará uma participação maior ao longo dos anos na Matriz Energética Brasileira; o gás natural também aumentará sua participação no setor energético nacional bem como os derivados de cana-de-açúcar.

A energia nuclear pode ter uma maior participação na Matriz Energética Brasileira por se tratar de uma fonte de energia segura e eficaz, apesar de seus pontos negativos, como os dejetos radioativos e falta de apoio da opinião pública.



A longo prazo estima-se que a energia proveniente de hidrogênio venha a substituir outras fontes de energia, principalmente as poluentes, por tratar-se de uma fonte de energia não poluente, diminuindo dessa forma, a emissão de gases poluentes, causadores do efeito estufa.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMS. **Anuário Estatístico - Ano 2005**, ano base 2004. Associação Mineira de Silvicultura. Belo Horizonte, setembro de 2004. Disponível em: <<http://www.ams.gov.br/>>. Acesso em: 07.mar.2007.
- ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2. ed.- Brasília: ANEEL, 2005. 243 p. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 07.mar.2007.
- ANP. Agência Nacional de Petróleo. 2005. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 02.abr.2007.
- CENBIO. Centro Nacional de Referência em Biomassa. Disponível em: <<http://www.cenbio.org.br/pt/index.html>>. Acesso em: 07.mar.2007.
- CERPCH. Centro Nacional de Referência em Pequenas Hidrelétricas. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/>>. Acesso em: 07.mar.2007.
- FERNÁNDEZ , Vera Argüello. **Especies para leña: arbustos y árboles para la producción de energía**.- - Trad. de la edición inglesa por Vera Argüello de Fernández y TRADINSA. - - Turialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía, 1984. XVI - 344 p.
- IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2005**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 06.mar.2007.
- MME. **Balanco Energético Nacional, BEN - Ano 2006**, ano base 2005. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 07.mar.2007.
- MME, 2002, **Plano de Longo Prazo - Projeção da Matriz 2022** (sumário executivo). Brasília: Ministério de Minas e Energia.
- MOROKAWA, Tokitika. **Alternativas para la Producción de Carbón Vegetal para las Industrias Siderúrgicas del Proyecto "Ferro Carajas", Brasil**. 1988. 316 f. Tese (Mestrado em Manejo

Florestal). Universidad de Los Andes - - Mérida, Venezuela, 1988.

ORMOND, José Geraldo Pacheco. **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais** / José Geraldo Pacheco. Ormond. - Rio de Janeiro : BNDES, 2006.

THIBAU, Carlos Eugênio. **Produção sustentada em florestas: conceitos e tecnologias, biomassa energética, pesquisas e constatações** / Carlos Eugênio Thibau, - Belo Horizonte.: o autor. 2000. 512 p.

## 7. ANEXOS

**Tabela 1.** Recursos e reservas energéticas brasileira

**RECURSOS E RESERVAS ENERGÉTICAS BRASILEIRAS EM 31/12/2005 (1)**

ESPECIFICAÇÃO	UNIDADES	MEDIDAS/ INDICADAS/ INVENTARIADAS	INFERIDAS/ ESTIMADAS	TOTAL	EQUIVALÊNCIA ENERGÉTICA 10 <sup>3</sup> tep (5)
PETRÓLEO	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	1.871.640	693.110	2.564.750	1.667.631
GÁS NATURAL	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	306.395	148.059	454.454	304.250
CARVÃO MINERAL - in situ	10 <sup>6</sup> t	10.096	22.240	32.336	2.756.208 (2)
HIDRÁULICA	GW (3)	93	51	144	236.000 <sup>/ano</sup>
ENERGIA NUCLEAR	t U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	177.500	131.870	309.370	1.236.287 (4)

(1) Não inclui demais recursos energéticos renováveis.

(2) Coeficientes de conversão variáveis e admitindo recuperação média de 70% e poder calorífico médio de 3900 kcal/kg.

(3) Energia firme.

(4) Consideradas as perdas de mineração e beneficiamento e sem considerar a reciclagem de plutônio e urânio residual.

(5) Calculado sobre as reservas medidas/indicadas/inventariadas

Nota: 1 tep = 10.000 kcal

Fonte: MME, 2007

**Tabela 2.** Evolução do consumo por fonte (10<sup>3</sup> tep)

IDENTIFICAÇÃO	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
GÁS NATURAL	70	111	152	174	335	364	420	523	689	755	882	792	1.131	1.530	1.780	2.233	2.602
CARVÃO MINERAL	88	93	94	75	106	125	92	173	212	312	512	864	1.302	1.486	1.413	1.521	1.712
<b>LENHA</b>	<b>28.345</b>	<b>27.815</b>	<b>27.517</b>	<b>26.988</b>	<b>26.479</b>	<b>25.839</b>	<b>25.240</b>	<b>24.070</b>	<b>22.879</b>	<b>22.236</b>	<b>21.862</b>	<b>21.645</b>	<b>20.210</b>	<b>20.209</b>	<b>20.946</b>	<b>19.922</b>	<b>19.032</b>
BAGAÇO DE CANA	3.149	3.373	3.790	4.160	4.150	3.720	4.260	5.548	5.756	6.264	6.812	7.348	8.323	10.022	10.744	11.725	10.850
OUTRAS FONTES 1ª RENOVÁVEIS	142	153	207	222	254	269	304	363	434	623	738	765	810	844	943	1.168	1.319
GÁS DE COQUERIA	250	262	279	315	303	376	474	559	589	648	668	566	643	767	1.004	1.140	1.172
COQUE DE CARVÃO MINERAL	1.182	1.164	1.255	1.283	1.309	1.602	1.873	2.475	2.675	3.060	3.197	2.662	2.860	3.378	4.440	4.941	4.946
ELETRICIDADE	3.410	3.855	4.284	4.876	5.445	6.005	6.815	7.637	8.514	9.543	10.548	10.852	11.483	12.372	13.754	14.921	16.081
<b>CARVÃO VEGETAL</b>	<b>1.590</b>	<b>1.811</b>	<b>2.099</b>	<b>2.227</b>	<b>2.777</b>	<b>3.321</b>	<b>3.013</b>	<b>3.063</b>	<b>3.135</b>	<b>3.691</b>	<b>4.272</b>	<b>4.057</b>	<b>4.156</b>	<b>4.724</b>	<b>5.902</b>	<b>6.182</b>	<b>6.524</b>
ÁLCOOL ETÍLICO	310	300	370	308	288	276	254	553	994	1.367	1.673	1.532	2.133	3.064	3.795	4.651	5.973
OUTRAS SEC. - ALCATRÃO	60	65	68	74	70	87	101	113	134	146	178	162	179	219	275	272	291
SUBTOTAL DER. DE PETRÓLEO	23.510	26.368	29.887	35.609	39.805	42.107	46.445	47.123	51.339	55.000	53.038	49.411	49.959	46.507	45.467	48.406	51.803
<b>TOTAL</b>	<b>62.106</b>	<b>65.370</b>	<b>70.003</b>	<b>76.310</b>	<b>81.322</b>	<b>84.092</b>	<b>89.290</b>	<b>92.200</b>	<b>97.349</b>	<b>103.644</b>	<b>104.382</b>	<b>100.656</b>	<b>103.189</b>	<b>105.121</b>	<b>110.464</b>	<b>117.082</b>	<b>122.304</b>

1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2.905	2.996	3.073	3.094	3.107	3.297	3.632	3.757	3.930	4.540	4.928	5.096	5.603	7.115	8.254	10.066	10.880	12.185	13.410
1.712	1.484	1.174	992	1.295	929	964	1.118	1.273	1.752	2.101	2.084	2.525	2.841	2.759	3.016	3.294	3.594	3.519
<b>19.391</b>	<b>18.349</b>	<b>17.187</b>	<b>15.636</b>	<b>15.375</b>	<b>14.650</b>	<b>13.802</b>	<b>13.764</b>	<b>13.045</b>	<b>12.895</b>	<b>12.919</b>	<b>13.296</b>	<b>13.500</b>	<b>13.627</b>	<b>13.699</b>	<b>14.471</b>	<b>15.218</b>	<b>15.752</b>	<b>16.119</b>
12.920	11.794	11.384	11.266	12.093	12.779	12.483	14.546	14.345	14.943	16.674	16.684	16.687	13.381	15.676	17.495	19.355	20.273	21.147
1.355	1.494	1.509	1.494	1.618	1.942	2.143	2.209	2.136	2.290	2.382	2.529	2.887	3.000	3.055	3.352	3.880	4.018	4.249
1.402	1.498	1.454	1.229	1.299	1.291	1.342	1.379	1.410	1.410	1.382	1.320	1.155	1.247	1.219	1.178	1.259	1.342	1.328
5.545	6.255	6.169	5.132	6.152	6.239	6.597	6.725	6.808	6.807	6.695	6.538	5.829	6.506	6.327	6.673	6.688	6.817	6.420
16.570	17.529	18.257	18.711	19.374	19.813	20.732	21.474	22.764	23.871	25.333	26.394	27.144	28.509	26.626	27.884	29.430	30.955	32.267
<b>6.347</b>	<b>6.759</b>	<b>7.526</b>	<b>6.137</b>	<b>5.402</b>	<b>4.961</b>	<b>5.256</b>	<b>5.333</b>	<b>4.915</b>	<b>4.554</b>	<b>4.379</b>	<b>3.986</b>	<b>4.401</b>	<b>4.814</b>	<b>4.409</b>	<b>4.615</b>	<b>5.432</b>	<b>6.353</b>	<b>6.248</b>
6.047	6.368	6.884	6.346	6.455	6.329	6.685	7.182	7.481	7.729	7.436	7.389	7.410	6.457	6.052	6.557	6.253	6.961	7.321
264	265	257	225	275	263	275	276	253	241	318	248	215	219	212	199	212	224	197
53.710	54.581	56.406	57.334	57.759	59.352	61.564	64.926	69.338	74.328	80.227	82.872	83.127	84.234	83.899	82.653	80.212	82.725	83.683
<b>128.170</b>	<b>129.370</b>	<b>131.280</b>	<b>127.596</b>	<b>130.204</b>	<b>131.843</b>	<b>135.474</b>	<b>142.688</b>	<b>147.698</b>	<b>155.361</b>	<b>164.775</b>	<b>168.436</b>	<b>170.482</b>	<b>171.949</b>	<b>172.186</b>	<b>178.160</b>	<b>182.114</b>	<b>191.197</b>	<b>195.909</b>

Fonte: MME, 2007