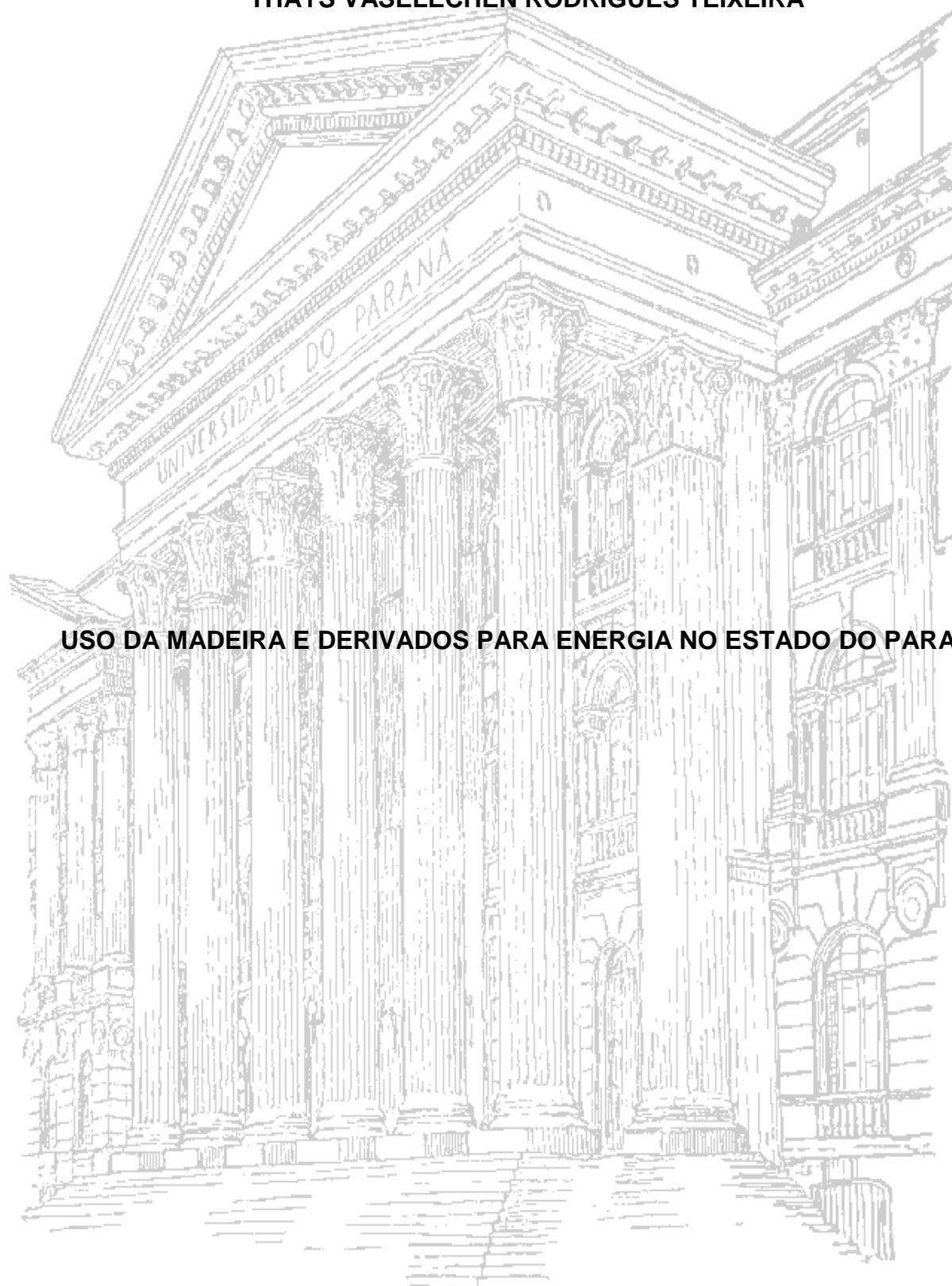


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**THAYS VASELECHEN RODRIGUES TEIXEIRA**



**USO DA MADEIRA E DERIVADOS PARA ENERGIA NO ESTADO DO PARANÁ**

**CURITIBA  
2009**

**Thays Vaselechen Rodrigues Teixeira**

**USO DA MADEIRA E DERIVADOS PARA ENERGIA NO ESTADO DO PARANÁ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de Energia de Biomassa. Como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva

**CURITIBA  
2009**

## **AGRADECIMENTO:**

Primeiramente a Deus que me deu a vida e por guiar meus passos.

Ao Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva por permitir que eu estagiasse em seu laboratório de energia de biomassa contribuindo para o aumento de meus conhecimentos e minha formação acadêmica.

Minha sincera gratidão à minha tia-avó Edith de Almeida (Mada) e minha vó Odette de Almeida Teixeira, pela ajuda, sem a qual seria impossível chegar a onde estou.

Aos meus pais, minha mãe Jurema Vaselechen e meu pai Ricardo Luiz Rodrigues Teixeira por estarem presentes em todos os momentos de minha vida sempre prontos para dar uma palavra amiga e de encorajamento.

A esposa de meu pai Thais Rodrigues Teixeira por sua amizade.

Aos meus irmãos Heitor e Marya Luiza por serem tão amorosos e companheiros.

Ao meu priminho Lucas Vaselechen Engel por tudo que nos ensinou sendo um exemplo de força, coragem e amor, com quem tivemos o privilégio de conviver e aprender, o qual deixou muitas saudades.

A minha madrinha, Josiane Vaselechen Engel, minha segunda mãe.

Aos meus familiares pela compreensão por não poder estar presente em todas as datas comemorativas devido aos estudos e às correrias do dia-dia.

A todos os funcionários dessa instituição, em especial a Giovanna Bianchi Micoski Lucas, Newton Celso Gurak e Ivone Secretaria DETF, que nos atendem com carinho e dedicação.

A Uliane de Lima Rodrigues, Mário Sérgio Lopes Jr., Hudson Cordeiro Nogueira, Cláudia Chimelli Mazepa, Filipe de Oliveira Costa, Jaqueline Melo G. de Andrade, Riverson Tobias do Vale, Jesse Agostinho Xavier, Jean Santos, Clarice de Andrade, que foram minha família dentro da Universidade.

A todos os amigos que fiz e a todos os professores que transmitiram um pouco de seus conhecimentos.

**SUMARIO:**

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>08</b>
1.1 OBJETIVOS	10
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	
2.1 SETOR DE PRODUTOS FLORESTAIS	11
2.1.1 Madeira serrada	11
2.1.2 Painéis	11
2.1.3 Móveis	13
2.1.4 Polpa e papel	15
2.2 BIOMASSA E RESÍDUOS PARA ENERGIA	15
2.3 TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA MADEIRA	20
2.4 FONTES ENERGÉTICAS	21
2.5 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	22
2.6 BALANÇO ENERGÉTICO DO PARANÁ	25
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>28</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	
4.1 A MADEIRA COMO FONTE DE ENERGIA NO BRASIL	31
4.2 A MADEIRA COMO FONTE DE ENERGIA NO BALANÇO ENERGÉTICO DO PARANÁ	34
4.3 ANÁLISE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE	44
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>46</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>47</b>

**LISTA DE FIGURAS:**

FIGURA I: Produção de resíduos na cadeia produtiva dos serrados de Pinus spp.	19
FIGURA II: Estruturas de uso da madeira energética no Brasil (2006)	25
FIGURA III: Opções de energia da biomassa floresta na indústria	31
FIGURA IV: Evolução do consumo de madeira e derivados para energia em relação aos demais combustíveis do Brasil	33
FIGURA V: Participação histórica da madeira (lenha) para energia em relação a outras fontes no Brasil	34
FIGURA VI: Evolução do consumo da madeira e derivados em relação aos demais combustíveis no Paraná	36
FIGURA VII: Consumo global de energia primária no Paraná em %	37
FIGURA VIII: Energia renovável e não renovável do Paraná em relação ao Brasil, OCDE e mundo	39
FIGURA IX: Evolução da participação do Paraná em relação ao Brasil no da madeira e derivados para energia	41
FIGURA X: Evolução do consumo per capita da madeira e derivados para energia do Paraná pelo Brasil	42
FIGURA XI: Evolução do consumo per capita do Paraná em relação ao Brasil	43
FIGURA XII: Consumo residencial por energético no estado do Paraná	43
FIGURA XIII: Evolução do consumo da madeira (lenha) em relação aos demais combustíveis na indústria de papel e celulose no Brasil	45
FIGURA XIV: Consumo industrial por fonte energética no Paraná	45

**LISTA DE TABELAS:**

Tabela 1: Classificação dos biocombustíveis	16
Tabela 2: Produção e consumo de madeira para energia no Brasil 2005 e 2006	24
Tabela 3: Produção de energia por fontes primárias no Paraná	27
Tabela 4: Consumo global de energia primária no Brasil em unidade física	32
Tabela 5: Consumo global de energia primária no Brasil em unidade relativa	34
Tabela 6: Consumo global de energia primária no Paraná em unidade física	35
Tabela 7: Consumo global de energia primária no Paraná em unidade relativa	36
Tabela 8: Energia renovável e não renovável no Paraná e no Brasil	38
Tabela 9: Série histórica do uso da madeira e derivados para energia no Brasil e Paraná	40
Tabela 10: Consumo <i>per capita</i> de madeira e derivados para energia no Paraná e no Brasil	41
Tabela 11: Consumo nacional de combustíveis na indústria de papel e celulose	44

## **RESUMO:**

Os derivados de petróleo e a energia hidráulica conquistaram continuamente participações relativas crescentes, mas a madeira e derivados, ao longo do tempo, vêm sempre sendo uma fonte de energia de destaque. O objetivo principal deste trabalho é o de verificar o uso de energia no estado do Paraná e tem como objetivos específicos comparar o uso da madeira para energia em relação às outras fontes energéticas, verificar o uso de madeira no Estado do Paraná e analisar a contribuição energética nas indústrias. Os dados levantados foram pesquisados junto às seguintes entidades como, COPEL, IBGE, IPARDES, Revista da madeira e Balanço energético nacional. Foi possível observar que, no Brasil desde a década de 80 até os dias atuais, o petróleo é o combustível mais consumido, a madeira foi o segundo combustível mais utilizado até o início da década de 90 onde perde sua posição para energia hidráulica. No Estado do Paraná, o petróleo em semelhança com o Brasil é o combustível mais usado, porém a madeira para energia assume posição de destaque sendo a segunda fonte mais consumida no Estado.

**Palavra chaves: energia, biomassa, combustíveis.**

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira, tradicionalmente chamada de lenha quando usada para energia, constituiu a base energética da civilização antiga, seu uso teve início há cerca de 1,4 milhões de anos surgindo nas fogueiras da África e Ásia, sendo a primeira fonte energética utilizada pelo homem.

A Revolução Industrial na Europa e posteriormente nos Estados Unidos da América, especialmente durante o século XIX, fez com que a demanda de combustíveis não fosse satisfeita apenas com a madeira, justificando assim a utilização de combustíveis fósseis como o carvão mineral e o petróleo. A procura por essas fontes fósseis de energia deve-se à exploração irracional e intensa das florestas, por vários séculos, e, ainda, devido à expansão industrial em muitos países, principalmente na Europa, ocorrendo uma demanda crescente de madeira para fins industriais.

A industrialização, no geral, processou-se em países com grandes reservas de carvão mineral, e tem demandado grandes quantidades de energia ao longo do tempo, desde a revolução industrial.

O desenvolvimento industrial do século XIX esteve intimamente relacionado ao progresso tecnológico e às invenções no domínio da transformação e da utilização de energia, como as fornalhas e caldeiras para a produção de vapor.

No Brasil não houve a fase do carvão mineral e a industrialização foi tardia. Pelo fato das reservas de carvão terem se mostrado limitadas, de baixa qualidade e de difícil extração, fez com que praticamente todo o carvão mineral utilizado fosse importado. É natural, portanto, que a lenha se mantivesse por muito tempo, na posição predominante no cenário energético nacional e que em 1940 ainda representasse 3/4 da energia total do país.

Os derivados de petróleo e a energia hidráulica conquistaram continuamente participações relativas crescentes, mas a madeira e derivados, ao longo do tempo, vêm sempre sendo uma fonte de energia de destaque.

A escolha histórica pelo modelo hidroelétrico é devido ao fato do Brasil abrigar uma das maiores bacias hidrográficas do planeta. Nos anos 70-80, parecia desnecessário propor fontes complementares e diferenciadas de energia.

Porém com a crise de suprimento elétrico de 2001, conhecido como apagão do setor energético, que ocorreu no governo do presidente Fernando Henrique

Cardoso, devido ao baixo investimento que se arrastou desde o final dos anos 80 e, devido aos problemas ambientais, a energia de biomassa vem ganhando destaque nos últimos.

A energia passou então a ser uma mercadoria como outra qualquer, sujeita as oscilações de oferta e demanda, e o sistema estatal corporativo dando lugar ao sistema privado concorrencial.

Os setores de madeira, móveis e celulose precisavam ter uma economia de 20%. Levando em consideração essa situação empresas como a Klabin, que já gerava parte da energia consumida, teria que substituir cerca de 4% da energia elétrica por outras fontes, com a finalidade de manter a produção (Revista da Madeira, 2002).

Devido ao processo de modernização da indústria de madeira, torna-se necessário a inclusão de novas tecnologias o que vem resultando num elevado consumo de energia elétrica nas unidades industriais.

Pelo fato dos recursos energéticos estarem geograficamente dispersos de forma irregular e devido às dúvidas quanto à disponibilidade e aos efeitos benéficos e nocivos da energia, inicia-se a busca por fontes energéticas mais limpas e sustentáveis.

Tanto a lenha, como rejeitos de animais e dejetos humanos, resíduos agrícolas e urbanos de origem orgânica podem ser usados como combustíveis através da biodigestão ou outros processos como, pirólise, hidrólise, gaseificação ou queima direta.

De forma global, hoje, a biomassa tem a capacidade de suprir uma significativa proporção das necessidades energéticas do homem.

Sendo observado o emprego de subprodutos do cultivo de lavouras nas caldeiras compactas em fazendas e fábricas, produzindo energia e alimentando o processo industrial.

É sabido que o Estado do Paraná tem uma indústria forte com base no uso de madeira como matéria-prima. Há a expectativa que a demanda de madeira e derivados para o uso energético seja crescente devido às atividades do setor primário e secundário, além do uso intensivo no setor residencial devido ao aumento da população na região metropolitana de Curitiba e em outras cidades pólos do Estado.

Segundo RODRIGUES (1975), o consumo de energia reflete o grau de desenvolvimento de um país e o consumo, por habitante, o padrão de vida de seu povo. À medida que o país vai se desenvolvendo, o crescimento do consumo per capita vai sendo feito a taxas menores.

## 1.1 OBJETIVOS

Esse trabalho tem como principal objetivo verificar o uso da madeira para energia no estado do Paraná.

Os objetivos específicos são:

- a) Comparar o uso da madeira para energia em relação a outras fontes energéticas.
- b) Verificar o consumo de madeira e derivados no estado do Paraná em relação ao Brasil.
- c) Analisar a contribuição da madeira para energia nas indústrias do Paraná.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. SETOR DE PRODUTOS FLORESTAIS

O Brasil, devido a sua característica climática e estrutura de solo, apresenta grande vocação para desenvolvimento de florestas e de produtos de base florestal. A atividade florestal é de grande valia, não só pela extensa cobertura de florestas que existe no País, mas também pela capacidade de geração de emprego e renda do setor. Sendo que, o setor de produtos florestais, compreende basicamente, os segmentos de madeira em tora, madeira serrada, painéis de madeira, móveis, pasta de madeira e papel e madeira para energia. (BNDES, 2002).

#### 2.1.1 Madeira serrada

A indústria de madeira serrada tem características adequadas às condições econômicas e sociais do Brasil: necessita investimentos relativamente baixos, mão de obra com pouco treinamento, e pode alimentar a indústria moveleira com grande potencial exportador e absorvedor de mão de obra (PONCE, R.H. 1995).

Seu uso se dá basicamente para confecção de: tampos de mesas, frontal e lateral de balcões, assento e estrutura de cadeiras, estruturas de camas, molduras, pés de mesa, estrutura de sofás, laterais de gavetas, embalagem, pés de cama, pés de *racks*, estrados, acabamento de móveis (JUVENAL, *et al*, 2003).

#### 2.1.2 Painéis

Os painéis de madeira têm como principal intuito a substituição da madeira maciça, atendendo assim, a uma necessidade gerada por sua escassez e devido a seu encarecimento, além de melhorar o aproveitamento de madeiras menos nobres e seus resíduos (BNDES, 2008).

IWAKIRI (2005) os define como produtos obtidos a partir da redução da madeira sendo compostos por elementos como lâminas, sarrafos, partículas e fibras em que são reconstituídos através da ligação adesiva.

Os painéis de madeira abrangem quatro grandes grupos: compensados, aglomerados/MDP, MDF e chapas de fibras, podendo ter diferentes usos, como na fabricação de móveis e de pisos.

### Compensado

De acordo com Iwakiri (2005), compensado é um painel fabricado através da colagem de lâminas em número ímpar de camadas, com a direção da grã perpendicular entre as camadas adjacentes.

Sua produção e utilização, em escala industrial, tiveram início no século XX nos Estados Unidos da América.

O compensado tem múltiplas aplicações, destacando-se seu emprego na construção civil, na indústria moveleira e como embalagem. Os compensados podem ser sarrafeados (constituído por sarrafos e revestidos com lâminas coladas perpendicularmente) e multilaminados (compostos exclusivamente de lâminas de madeira) (ABIMCI, estudo setorial 2007).

### Aglomerado

Segundo Iwakiri (2005), o painel de madeira aglomerada, comercialmente denominado de “aglomerado”, é um painel produzido com partículas de madeira, com a incorporação de um adesivo sintético e reconstituído numa matriz randômica e consolidado através de aplicação de calor e pressão numa prensa quente.

Como matérias-primas no mundo, são empregadas: resíduos industriais de madeira; resíduos da exploração florestal; madeiras de qualidade inferior, não-industrializáveis de outra forma; madeiras provenientes de florestas plantadas; e reciclagem de madeira sem serventia. No Brasil, a madeira de florestas plantadas – em especial, de eucalipto e de pinus – constitui a principal fonte de matéria-prima (Mattos *et al*, 2008).

Esse tipo de painel surgiu na Alemanha no início da década de 40, como forma de viabilizar a utilização de resíduos de madeira, devido à dificuldade de encontrar madeira de boa qualidade para a produção de painéis compensados, devido ao isolamento da Alemanha durante a 2ª Guerra Mundial (Iwakiri, 2005).

Em 1946, após a guerra, o processo de desenvolvimento de painéis aglomerados foi retomado nos Estados Unidos, com aperfeiçoamento de

equipamentos e processo produtivo. O início de sua confecção no Brasil só foi ter início no ano de 1966 (REVISTA DA MADEIRA, 2003).

### MDF

O MDF (*Medium Density Fiberboard*) é um produto homogêneo, uniforme, estável, de superfície plana e lisa que oferece boa trabalhabilidade, alta usinabilidade para encaixar, entalhar, cortar, parafusar, moldurar e perfurar, além de apresentar ótima aceitação para receber revestimentos com diversos acabamentos (Campos, 2003).

O MDF começou a ser produzido em setembro de 1997. (REVISTA DA MADEIRA, 2003).

### Chapas de fibra

Também conhecida como chapa dura (*hardboard*), a chapa de fibra é uma chapa de espessura fina, que resulta da prensagem a quente de fibras de madeira por meio de um processo úmido, que reativa os aglutinantes naturais da própria madeira (sem a adição de resinas) e confere ao produto alta densidade. No Brasil, utiliza-se como matéria-prima a madeira de eucalipto de florestas plantadas (Mattos et al, 2008).

Sua produção no Brasil teve início em 1955. (REVISTA DA MADEIRA, 2003).

### OSB

Os painéis de partículas orientadas ou “OSB- *oriented strand board*”, é um aglomerado estrutural de partículas do tipo “*strand*” orientadas, utilizada na aplicação de paredes, forros, pisos, componentes de vigas estruturais, embalagens, etc., que foi desenvolvido na década de 70 nos Estados Unidos e sua produção teve início no Brasil no ano de 2002. A utilização dos painéis OSB tem crescido significativamente e ocupado espaço antes exclusivo de compensados. (REVISTA DA MADEIRA, 2003).

### 2.1.3 Móveis

Segundo LIMA 2005, a produção de móveis no Brasil teve sua origem com trabalho artesanal em madeira, que pode ser considerado uma herança portuguesa. A influência, dos portugueses e outros imigrantes europeus, foi marcante até o início do século XX.

A indústria moveleira no Brasil surgiu, com o desenvolvimento da indústria em São Paulo, com a maior parte da sua produção voltada para o mercado popular em formação (COUTINHO *et al*, 1999).

De acordo com o ABIMÓVEL (2004), as empresas que fabricam móveis no Brasil são consideradas como empresas familiares, tradicionais e com a maioria do capital investido de origem nacional. Este setor possui um elevado número de micro e pequenas empresas, e que gera uma grande quantidade de mão de obra.

Para Lima (2005), a indústria brasileira faz uso de um grande volume de matéria prima florestal, que se tiver sua exploração e utilização adequada causará um menor impacto ao meio ambiente, por se tratar de um recurso renovável. Porém o uso da matéria prima florestal na indústria moveleira já não ocorre como em tempos passados, quando para se ter qualidade era utilizada madeira maciça.

Na indústria moveleira as principais matérias primas utilizadas são as chapas de madeira processada (aglomerado e MDF), e a madeira maciça proveniente de florestas plantadas (*Pinus spp* e *Eucalyptus spp*), sendo que estas correspondem a 60% da madeira maciça utilizada (LIMA, 2005).

A produção de móveis com painéis de madeira reconstituída teve início no Brasil na década de setenta, no entanto, o auge foi a década de oitenta com o uso do aglomerado revestido de melanina, sendo que no fim dos anos noventa surge o MDF, considerado como grande avanço tecnológico no setor moveleiro (Bernardi citado por LIMA, 2005).

### 2.1.4 Polpa e papel

De acordo com a CENIBRA (2008), celulose são fibras de madeira usadas como matéria prima na fabricação do papel. Para essa conversão a madeira (tora) passa por diversas etapas, citadas a seguir.

- a) Descascamento;

- b) Transformação em cavaco;
- c) Cozimento;
- d) Lavagem e depuração;
- e) Branqueamento;
- f) Secagem;
- g) Formação da folha
- e) Expedição e distribuição.

Como, normalmente, a madeira chega em toretes de tamanho uniforme e ainda com casca, ela é descascada e então cortada em pequenos pedaços, através do picador, em seguida é feita uma classificação granulométrica. Os resíduos (cavacos, serragem e cascas), gerados nesse setor, servirão como combustíveis para o abastecimento da caldeira de biomassa, gerando vapor e energia (COCELPA, 2008).

A produção da polpa de celulose é o grande consumidor de energia no processo de fabricação do papel, seguido da secagem do papel que é o segundo processo nesse tipo de indústria que mais consome energia. A secagem é um processo complexo, tanto em termos energéticos como também na qualidade do produto final (VIEIRA, 2006).

A dissolução dos cavacos é realizada por meio de um cozimento com soda líquida (conhecida por licor branco). Esse processo acontece num vaso de pressão, denominado digestor e tem a duração de 4 horas ininterruptas tendo como finalidade extrair a lignina da celulose. Aproximadamente do meio do digestor, é extraído constantemente um licor negro, que é constituído de madeira dissolvida que não se transformou em celulose e o máximo possível da soda líquida (licor branco) usado para o cozimento. A pasta de celulose ainda marrom é descarregada pelo fundo, para as etapas posteriores de purificação. Para facilitar a descarga e já iniciar o processo de lavagem da celulose, é injetado água pelo fundo do digestor no sentido contrário à descida da pasta. Como o digestor está sempre cheio e com nível constante, a água injetada no fundo mais a soda líquida e a metade da madeira que se tornou líquida, são extraídas no meio do digestor, constituindo o que se chama de Licor Preto, o qual após concentrado será utilizado como principal combustível das caldeiras (CENIBRA, 2008).

## 2.2 BIOMASSA E RESÍDUOS PARA ENERGIA

A biomassa é um termo genérico para o conjunto de recursos biologicamente renováveis, originados de material vegetal, sendo uma forma de energia solar armazenada, ou seja, as árvores usam a luz solar, na fotossíntese, para converter CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O em produtos de alto teor energético, que são os carboidratos, e oxigênio. A mesma está susceptível a transformação em energia útil, tal como o calor, a eletricidade e a força motriz. A origem desses recursos é diversificada: resíduos industriais e agrícolas, sobras de madeira de operações florestais, resquícios de plantações, plantas energéticas como cana de açúcar e os cereais, plantas oleaginosas, etc.(MANO et al 2000)

De acordo com Nogueira *et al* (2000), os fluxos de energia de biomassa são associados aos biocombustíveis que por sua vez podem ser apresentados em três grupos principais, de acordo com a origem da matéria que os constitui. Dessa forma, existem os biocombustíveis da madeira (dendrocombustíveis), os combustíveis de plantação não florestal (agrocombustíveis) e os resíduos urbanos. A Tabela 2 mostra a classificação desses biocombustíveis.

Tabela 1: Classificação dos biocombustíveis

1º Nível	2º Nível	Definição
Biocombustíveis da madeira (dendrocombustíveis)	Combustíveis diretos da madeira	Madeira produzida para fins energéticos, usada diretamente ou indiretamente como combustível.
	Combustíveis indiretos da madeira	Inclui biocombustíveis sólidos, líquidos ou gasosos, subprodutos da exploração florestal e resultantes do processamento industrial da madeira para fins não energéticos.
	Combustíveis da madeira recuperada	Madeira usada diretamente ou indiretamente como combustível, derivada de atividades sócio-econômicas que empregam produtos de origem florestal.
	Combustíveis de plantações energéticas	Tipicamente combustíveis sólidos e líquidos produzidos a partir de plantações anuais como é o caso do álcool da cana-de-açúcar.
Biocombustíveis não florestais (agrocombustíveis)	Subprodutos agrícolas	Principalmente resíduos de colheitas e outros tipos de subprodutos de culturas, como palhas e folhas.
	Subprodutos animais Subprodutos agroindustriais	Basicamente esterco de aves, bovinos e suínos Basicamente subprodutos de agroindústrias, como o bagaço de cana e a casca de arroz.
Resíduos urbanos		Resíduos sólidos e líquidos gerados em cidades e vilas.

FONTE: NOGUEIRA e LORA (2003)

Para Brito (2004), uma análise da evolução do consumo da madeira para energia nos últimos dez anos mostrara ainda que, embora tenha ocorrido diminuição na sua participação porcentual relativa ao consumo total, a quantidade de madeira consumida anualmente permaneceu na escala de 20 milhões de toneladas equivalentes de petróleo.

No dicionário escolar da língua portuguesa (BUENO, 1983) encontra-se a seguinte definição:

Resíduo: 1. Remanescente. 2. Aquilo que resta de qualquer substância; resto. 3. O resíduo que sofreu alteração de qualquer agente exterior, por processos químicos, físicos, etc.

A NBR 10004/1987, define resíduo sólido como: *“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistema de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”*.

Atualmente, os resíduos mais comuns de biomassa energética utilizados para geração de energia são resíduos de plantas, resíduos agrícolas e madeira. A produção de madeira, em forma de lenha, carvão vegetal ou toras, também gera uma grande quantidade de resíduos de biomassa energética. (ANEEL, 2005).

“Os resíduos agrícolas resultam da colheita e do processamento de cultivos, e sua exploração deve ser feita de forma racional, pois podem ser interessantes para proteger o solo da erosão e repor os nutrientes extraídos pelas plantas” (NOGUEIRA E LORA, 2003).

Conforme INFONER (2007), os óleos vegetais representam uma alternativa interessante para a substituição do óleo diesel para uso em motores de combustão interna, automotivos e estacionários. Há uma infinidade de plantas aptas a produzir biodiesel, entre elas o girassol, o dendê a mamona e o pinhão manso, mas 90% da produção é oriunda da soja (REVISTA BIODIESELBR, 2007).

Nogueira e Lora (2003) citam que, a disponibilidade da biomassa energética numa região é determinada a partir das restrições e assim toda a biomassa energética potencialmente disponível (recurso) assume o conceito de reserva, a partir da qual se determina o potencial anual de produção. Tais restrições são classificadas da seguinte maneira:

- Restrições ecológicas: relacionadas à preservação ambiental e à qualidade de vida. A exploração de resíduos agrícolas deve ser feita de forma planejada para que não resulte em custos ambientais mais elevados que os benefícios energéticos.
- Restrições econômicas: empregam a análise da biomassa energética, considerando primeiramente o uso alimentar ou como matéria-prima industrial, questões prioritárias à energética. A análise dos custos de produção, distribuição e processamento, também deve ser realizada para se identificar a compatibilidade de benefícios energéticos à competitividade econômica dos demais combustíveis.

Segundo FBOMS (2006), o uso da biomassa energética apresenta os seguintes aspectos ambientais:

- A partir de ações políticas e investimentos privados desenvolveram-se tecnologias e mecanismos para a ampliação de geração de biomassa energética. Procedimento que resultou em devastação de biomas, concentração de renda e na expulsão de populações tradicionais de suas terras;
- “A produção da biomassa energética para a geração de energia implica utilização de grandes áreas, o que, aliado às correntes práticas de monoculturas, gera impactos ambientais significativos sobre a biodiversidade e os modos de produção.” Dessa forma, o aproveitamento de resíduos da produção de biomassa energética para a geração de energia sustentável seja a partir de bagaço de cana, de resíduos da cultura de arroz, das atividades florestais e da produção de óleos vegetais, desde que não inviabilizem outros usos importantes dos resíduos agrícolas, como a conservação de solos, por exemplo;
- A utilização do biogás como fonte energética pode ser também uma alternativa que contribui para o desenvolvimento sustentável. Restrição é feita à incineração de resíduos urbanos e industriais, devido às emissões extremamente poluentes.

“Embora ainda muito restrito, o uso de biomassa energética para a geração de eletricidade tem sido objeto de vários estudos e aplicações, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. Entre outras razões,

estão à busca de fontes mais competitivas de geração e a necessidade de redução das emissões de dióxido de carbono” (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005).

Os resíduos florestais podem ter diversas utilidades dentro da cadeia produtiva florestal, variando da produção de energia a manutenção natural da fertilidade do solo. Segundo Maron et al. (2002) resíduo florestal é o material excedente da operação de extração das árvores nas florestas, sendo constituído por partes quebradas de árvores, toras que não atingiram dimensões mínimas de uso e as partes superiores das árvores (ponteiros). Para *Silva* (2005), são considerados resíduos florestais aqueles gerados e deixados na floresta como resultado das atividades da colheita de madeira. Ainda segundo este autor, tais resíduos são oriundos de partes da árvore que não são aproveitadas nos processos industriais, chegando a 20% da massa das árvores. *Marcene* et al. (2005) caracterizam resíduos florestais como sendo toda a biomassa residual, lenhosa ou não, que é produzida no processo de colheita florestal, considerando sua avaliação qualitativa e quantitativa, assim como sua localização específica, parâmetros para a avaliação da eficiência do sistema de colheita utilizado.

A Figura I, demonstra que os resíduos gerados na colheita florestal em povoamentos de *Pinus* spp., conduzidos para a produção de serrados, chegam a 30% da biomassa produzida.

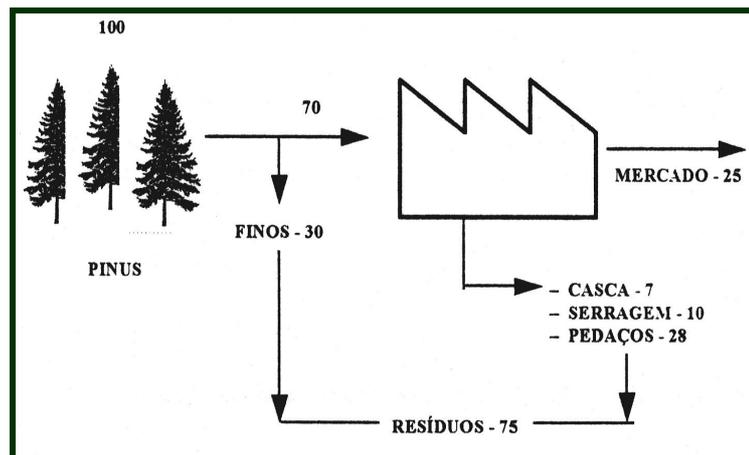


FIGURA I: PRODUÇÃO DE RESÍDUOS NA CADEIA PRODUTIVA DOS SERRADOS DE *Pinus* spp EM %.

FONTE: MENDES et al. (2005)

Desta forma, de acordo com Silochi (2007), as leis ambientais vigentes, que obrigam os consumidores de matéria-prima florestal a serem auto-suficientes e o advento da responsabilidade social, fizeram com que o setor, capitaneado pelas grandes siderúrgicas integradas, investisse em plantio de florestas, tendo como base o eucalipto, pela sua excelente adaptabilidade e capacidade produtiva. As siderúrgicas integradas, tendo a frente a Belgo Mineira e a Acesita, já na década de 50, plantavam eucalipto para produção de carvão vegetal. Os plantios na década de 70, impulsionados pelos incentivos fiscais, foram realizados em grande escala, possibilitando, inclusive, que algumas indústrias atingissem a auto-suficiência em relação à madeira. O plantio de eucalipto no cerrado, a partir de 1970, tinha como meta a produtividade de 10 m<sup>3</sup>/ha/ano, um imenso ganho em relação à capacidade de produção de madeira daquele bioma, que é de 3 m<sup>3</sup>/ha/ano. O melhoramento genético, aplicado ao eucalipto, permitiu que o rendimento florestal no cerrado de Minas Gerais chegasse a 40 m<sup>3</sup>/ha/ano. Esse rendimento fantástico teve como consequência imediata facilitar as condições de mecanização da colheita e do transporte florestal.

### 2.3 TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA MADEIRA

A madeira e seus resíduos são muito utilizados para gerar energia devido à sua capacidade calorífica. Tais materiais podem gerar energia para própria indústria, ou serem vendidos. A geração de energia por madeira é bastante vantajosa, pois economiza outras fontes de energia. Contudo, a madeira utilizada para este fim não deve possuir nenhum elemento químico adicional, caso contrário pode emitir poluentes causando danos ambientais (Banks, citado por LIMA, 2005).

No Brasil, a madeira foi o primeiro combustível utilizado em plantas termelétricas, Nogueira e Lora (2003), citam Nogueira e Moreira, onde afirmam que em 1995 a geração de eletricidade a partir de recursos bioenergéticos foi de 6,5 Twh, no qual a potência instalada era superior a 2GW.

As tecnologias para produção de eletricidade podem ser classificadas a partir da biomassa, como madeira, em dois grupos: aquelas que fazem uso desta enquanto recurso energético primário (a partir de sua combustão direta), e as

tecnologias que fazem uso de combustíveis derivados – gases ou líquidos. A produção de eletricidade a partir de combustíveis derivados da biomassa traz algumas vantagens potenciais em relação a outras alternativas. Uma dessas vantagens está no fato de que as eficiências de conversão poderão ser maiores, em função da queima mais eficiente e da maior eficiência de conversão dos dispositivos que serão empregados na geração de potência – turbinas a gás, motores de combustão interna e, num futuro mais distante, as células de combustível (PEREIRA, 2001).

### Combustão da biomassa

A queima direta da biomassa, de acordo com Nogueira e Lora (2003), é uma das tecnologias mais antiga e comercialmente mais difundida. Este tipo de conversão é aplicado fundamentalmente para madeira e para os mais diversos resíduos agroindustriais como o bagaço de cana e a casca de arroz.

Segundo Pereira (2001), a combustão direta da biomassa geralmente ocorre em instalações baseadas em ciclo de potência a vapor, com queima exclusiva ou queima conjunta da biomassa com outro combustível.

### Gaseificação da biomassa

Na gaseificação a produção de calor não é o objetivo principal, mas sim a conversão da biomassa em um gás combustível, através de sua oxidação parcial a temperaturas elevadas (NOGUEIRA *et al*, 2003).

### Pirólise da biomassa

Segundo Nogueira e Lora (2003), a pirólise é a degradação térmica da biomassa em ausência total ou quase total de agente oxidante a temperaturas relativamente baixas (500-1000°C), ocorrendo transformação em outros combustíveis (frações combustíveis sólidas, líquidas e gasosas). O calor requerido pode ser fornecido indiretamente pela combustão da biomassa, porém o produto não resulta desta combustão, mas sim da ação térmica.

## 2.4. FONTES ENERGÉTICAS

Segundo Januzzi *et al* (1975), as fontes de energia podem ser classificadas como fontes primárias ou secundárias, ou como fontes renováveis e não renováveis. As fontes primárias de energia originam-se de processos naturais, ou seja, que não sofreram nenhum tipo de transformação. Geralmente, a energia primária necessita ser transformada em energia secundária, como por exemplo, eletricidade ou gasolina, para ser utilizada.

De acordo com Silva (2001) e Lellis (2007), no contexto atual podem ser citadas oito grandes fontes primárias, que são utilizadas para produzir energia útil através de diferentes processos, são elas:

- a) combustíveis fósseis;
- b) elementos radioativos (energia nuclear);
- c) recursos hídricos (energia hidráulica);
- d) ventos (energia eólica);
- e) radiação solar;
- f) biomassa (florestas e culturas energéticas, resíduos de biomassa);
- g) geotérmicas (magma, lavas, gêiseres) e
- h) oceanos (energia de marés)

Uma fonte é de energia não - renovável quando se utilizam como matéria prima elementos que irão se esgotar na natureza ou que sejam de difícil renovação, levando séculos ou milênios para serem recompostos. Isso significa que, talvez, a sociedade nunca mais poderá usar aquela fonte de energia. Duas, das principais fontes primárias de energia são tidas como não renovável: combustíveis fósseis (petróleo, gás natural, carvão mineral) e elementos radioativos (LELLIS, 2007).

Entende-se por energia renovável quando a fonte de matéria prima utilizada puder ser reposta na natureza em processo inesgotável, ou em processos que a reposição é realizada em curto prazo, ou ainda quando a fonte de suprimento é considerada inesgotável em longo prazo como o Sol (SILVA, 2009; LELLIS, 2007).

## 2.5. MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Denomina-se Consumo Final no Balanço Energético Nacional a energia que movimenta a indústria, o transporte, o comércio e outros setores do País. Para essa

energia chegar ao local de consumo é necessário que seja transportada por gasodutos, linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, entre outros, tais processos demandam perda de energia. No entanto a energia extraída da natureza não se encontra na forma mais adequada para o uso, passando, na maioria dos casos, por processos de transformações (refinarias que transformam o petróleo em óleo diesel, gasolina, etc.; usinas hidrelétricas que aproveitam a energia mecânica da água para produção de energia elétrica; carvoaria que transforma lenha em carvão vegetal). Esses processos também demandam perda de energia. No Balanço Energético Nacional, a menos de eventuais ajustes estatísticos, a soma do consumo final de energia, das perdas na distribuição e armazenagem e das perdas nos processos de transformação, recebe a denominação de Oferta Interna de Energia – OIE, também, costumeiramente denominada de matriz energética ou de demanda total de energia (MME, 2001).

Segundo Januzzi e Swisher (1997), o nome “balanço” se refere ao fato de a quantidade de energia primária produzida deve ser necessariamente igual à quantidade consumida, depois de contabilizada por mudanças nos estoques, importações, exportações e o valor usado para conversão em produtos de energia secundária, incluindo as perdas.

No ano de 2001, embora com uma capacidade instalada de 68200MW, suficiente para gerar excedente de 15000MW em condições climáticas normais, a estiagem de 99 combinadas com o crescimento do PIB de 4,3% em 2000 e as projeções de 4,5% para 2001 anulou as reservas técnicas (físicas) de geração (MME, 2001).

Segundo dados da COPEL, o consumo nacional de energia em 2006, foi de 225.744.000 toneladas Equivalentes de Petróleo, que é apresentado na tabela 7.

Entre os anos de 1980 e 2006, registrou-se uma taxa anual de 2,6%, sendo no último ano, de 3,2%. Sendo que das 225.744.000 toneladas, o setor industrial absorveu 33,9%, o setor de transportes 23,7%, o setor residencial 9,7%, o setor energético 8,2% e os outros setores 24,5% (COPEL 02.01.2008).

Estima-se que o consumo de energia elétrica no país vai crescer em média 5,5% ao ano até 2017. A projeção leva em conta um possível incremento do PIB a cada ano. A entidade calcula que o consumo total de eletricidade somada será 706,4 Twh (terá watt-hora, um milhão de Mwh) em 2017, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2008).

Anteriormente estimava-se que o consumo de energia iria crescer cerca de 5,1% ao ano, com a alta do PIB estimada de 4,5%. Nos próximos 10 anos, o consumo de energia elétrica no subsistema Norte terá crescido 8,1% ao ano, no subsistema nordeste estima-se uma alta de 5,2% ao ano, já no subsistema sudeste/centro-oeste a projeção de crescimento é de 4,8% no consumo e no Sul é de 4,4% (GAZETA MERCANTIL, 2008).

De acordo com o presidente do EPE (Empresa de Pesquisa Energética), Mauricio Tolmasquim, em 2008, o destaque principal do mercado consumidor nos próximos 10 anos será o aumento da auto produção de energia. A projeção é que esse segmento terá incremento de 11,2% ao ano. Nos últimos 15 anos, a auto produção vem crescendo em média 8% ao ano.

Os números da Tabela 2 mostram que a utilização da madeira e resíduos para energia, no Brasil, é ainda significativa e cresceu em 2006. Este insumo é utilizado, principalmente, nas carvoarias para produzir carvão vegetal e na cocção de alimentos nas residências. Em 2006, o setor residencial consumiu cerca de 26,7 milhões de toneladas de madeira, equivalentes a 29% da produção e 0,5% superior ao consumo de 2005. Na produção de carvão vegetal foram consumidas cerca de 38,3 milhões de toneladas (42% da produção), e os restantes 29% representam consumos diretos de lenha na agropecuária e indústria (BEN, 2007)

Ainda de acordo com o Balanço Energético Nacional (2007), em 2006, o consumo de carvão vegetal decresceu -2,6%, sendo seu uso principal na produção de ferro gusa e de silício metálico. A lenha e carvão vegetal representaram 14,6% da Matriz Energética Brasileira de 2008, resultado 0,4 ponto percentual abaixo do verificado em 2005.

Tabela 2: Produção e consumo de madeira para energia no Brasil 2005 e 2006

	unidade	2005	2006	%06/05
Produção de lenha	10 <sup>3</sup> t	91676	91922	0,3
Consumo em carvoarias	10 <sup>3</sup> t	39267	38307	-2,4
Consumo final de lenha	10 <sup>3</sup> t	51998	52949	1,8
Consumo residencial de lenha	10 <sup>3</sup> t	26564	26697	0,5
Consumo de carvão vegetal	10 <sup>3</sup> t	9671	9420	-2,6

FONTE: MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA/BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (2007)

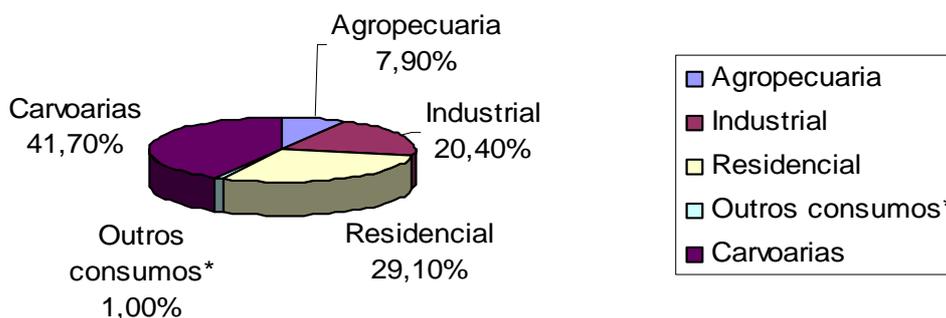


FIGURA II: ESTRUTURAS DE USO DA MADEIRA ENERGÉTICA NO BRASIL 2006

## 2.6. BALANÇO ENERGÉTICO DO PARANÁ

Segundo dados da COPEL o consumo de energia no Paraná em 2006 foi de 15.094.000 toneladas Equivalente de Petróleo (tEP). A taxa média anual de crescimento, de 1980 a 2006, foi de 3,44%, sendo que no último ano apresentou acréscimo de 4,64%.

Do total consumido no Estado, os produtos da cana consumiram 2.214.000 toneladas Equivalentes de Petróleo, crescimento de 17,3% em relação a 2005 quando foram consumidas 1.888.000 toneladas Equivalentes de Petróleo (COPEL, 2006).

Já os derivados de petróleo tiveram uma participação de 51,7% na matriz energética de 1980, passando para 47% em 2006, sendo a fonte energética mais utilizada.

Ainda segundo dados da COPEL, em 1980 a biomassa florestal que engloba os energéticos: madeira e resíduos, carvão vegetal, participava com 28,9%. As constantes substituições por outros energéticos nas indústrias e residências reduziram essa participação para 18,4% em 2006. Sendo a segunda fonte de energia mais utilizada no Estado, o consumo foi superior em 4,8% ao verificado em 2005.

Ao contrário do petróleo e seus derivados, a energia hidráulica apresentou crescimento de 1980 a 2006. A taxa média anual de crescimento do período foi de 5,7%, superior à do consumo global de energia, que foi de 3,4%. A sua participação

na matriz energética estadual, em 1980, era de 7,6%, passando para 13,5% em 2006. No último ano, apresentou acréscimo de 2,8% no consumo em relação a 2005.

Os produtos da cana-de-açúcar, que apresentavam participação de 5,9% no consumo global em 1980, vêm apresentando crescimento nos últimos anos. De 1980 a 2006, a taxa anual de crescimento foi de 7,2%, elevando sua participação para 14,6% em 2006. Por outro lado, os resíduos agrícolas, lixívia, carvão mineral e o xisto, que englobam as demais fontes de energia, participaram com 3,4% do consumo global de energia primária no Estado (COPEL, 2006).

O gás natural, implementado na matriz energética do Estado, em 2000 participou com 0,9% no consumo global primário e em 2006 atingiu 3,1%. Foram consumidos no segmento industrial 133 mil tEP, no setor energético 98 mil tEP, no setor de transportes 25 mil tEP e nos setores comercial e residencial 3 mil tEP do consumo final energético (COPEL, 2008).

Ainda segundo a COPEL (2008), das 15.094.000 toneladas Equivalentes de Petróleo - tEP, relacionadas ao consumo setorial utilizadas no Estado em 2006, o setor industrial absorveu 32,2%, o de transportes 30,5%, as perdas e a utilização não-energética 9,6%, o setor residencial e o energético 9,2%, o agropecuário 5,5% e o comercial e o público 3,8%.

O setor industrial, em 2006, consumiu 4.874.000 toneladas Equivalentes de Petróleo - tEP e os segmentos que apresentaram destaque foram os de alimentos e bebidas, 37,3%, papel e celulose, 21,2%, outras indústrias, 13,9%, cimento, 10,4%, cerâmica, 6,4%, química, 5% e os demais setores, 5,8%.

Tabela 3: Produção de energia por fontes Primárias no Paraná.

Fonte	1000 tEP										
	1980	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Energia Primária Não Renovável</b>	<b>154</b>	<b>759</b>	<b>681</b>	<b>532</b>	<b>503</b>	<b>421</b>	<b>328</b>	<b>500</b>	<b>662</b>	<b>595</b>	<b>499</b>
Petróleo	0	502	423	267	227	138	50	251	395	370	237
Xistos	39	187	219	233	227	138	50	251	395	370	237
Carvão Mineral	115	70	39	32	49	44	43	41	44	45	45
<b>Energia Primária Renovável</b>	<b>3140</b>	<b>11244</b>	<b>11307</b>	<b>11338</b>	<b>10483</b>	<b>11513</b>	<b>11179</b>	<b>11249</b>	<b>12190</b>	<b>11780</b>	<b>11529</b>
Energia Hidráulica	827	6963	7172	7182	6693	7307	6722	6419	7049	6844	5950
Madeira	1724	1445	1390	1320	1258	1274	1325	1367	1497	1510	1602
Resíduos de Madeira	106	487	546	666	710	826	976	1012	1130	1204	1290
Resíduos Agrícolas	11	11	8	5	4	7	6	7	6	6	4
Lixívia	137	176	193	209	231	252	270	231	232	255	246
Produtos da cana-de-açúcar	335	2162	1998	1956	1589	1847	1880	2213	2276	1961	2437
Caldo de Cana	59	568	389	310	314	293	262	269	303	285	234
Melaço	34	158	204	233	164	225	245	305	302	250	363
Bagaço de Cana	242	1436	1405	1413	1111	1329	1373	1639	1671	1426	1840
<b>Total de Energia Primária</b>	<b>3294</b>	<b>12003</b>	<b>11988</b>	<b>11870</b>	<b>10986</b>	<b>11934</b>	<b>11507</b>	<b>11749</b>	<b>12852</b>	<b>12375</b>	<b>12028</b>

tEP – tonelada Equivalente de Petróleo

FONTE: COPEL (2006)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram levantados dados de produção e consumo de energia, junto das seguintes entidades:

- COPEL- Companhia Paranaense de Energia
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- MME- Ministério de Minas e Energia/Balanço Energético Nacional
- IPARDES- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social

Os dados referentes à população foram baseados no IBGE.

Outras fontes de consulta:

- Revista da Madeira e bibliografias especializadas.

O Balanço Energético Nacional (BEN) do Ministério das Minas e Energia (vários anos) foi considerado objeto de consulta mais detalhados por conter: série histórica, consumo por setor, por fontes primárias e secundárias, por Estado e conciliação de dados estatísticos.

Para o cálculo de energia renovável, em cada ano no Brasil, utilizou-se as seguintes equações:

$$ER_b = \sum (D+E+F+G) \quad \text{Equação (1)}$$

onde:

ER = energia renovável no Brasil	(1000 tEP)
D= energia hidráulica	(1000 tEP)
E= lenha e resíduos	(1000 tEP)
F= produtos da cana	(1000 tEP)
G= outras fontes primárias	(1000 tEP)

Para obter a participação relativa

$$\%ER_b = \frac{ER_b}{\text{Total (1000tEP)}} \times 100 \quad \text{Equação (2)}$$

Já para o cálculo da energia não renovável, em cada ano, utilizou-se as seguintes equações:

$$E\tilde{N}R_b = \sum A + B + C \quad \text{Equação (3)}$$

onde:

$E\tilde{N}R$  = energia não renovável no Brasil (1000 tEP)

A = petróleo (1000 tEP)

B = carvão mineral (1000 tEP)

C = gás natural (1000 tEP)

E para obter a participação relativa:

$$\%E\tilde{N}R_b = \frac{E\tilde{N}R_b}{\text{Total}} \times 100 \quad \text{Equação (4)}$$

Total (1000 tEP)

O cálculo de participação de energia renovável, em cada ano no Paraná, foi adotado o mesmo procedimento que para o Brasil, através das equações seguintes:

$$ER_p = \sum E + F + G + H \quad \text{Equação (5)}$$

onde:

$ER_p$  = energia renovável no Paraná (1000 tEP)

E = energia hidráulica (1000 tEP)

F = lenha e resíduos (1000 tEP)

G = produtos da cana (1000 tEP)

H = outras primarias (1000 tEP)

Para obter a porcentagem:

$$\%ER_p = \frac{ER_p}{\text{Total}} \times 100 \quad \text{Equação (6)}$$

Para o cálculo de energia não renovável fez-se da mesma forma que para o Brasil

$$E\tilde{N}R_p = \sum A + B + C + D \quad \text{Equação (7)}$$

onde:

EÑRp= energia não renovável no Paraná (1000 tEP)

A= petróleo (1000 tEP)

B= gás natural (1000 tEP)

C= carvão mineral (1000 tEP)

D= xisto (1000 tEP)

E para obter a porcentagem

$$\%EÑRp = \frac{EÑRp}{\text{Total}} \times 100$$

Equação (8)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. A MADEIRA COMO FONTE DE ENERGIA NO BRASIL

A figura III mostra as possibilidades de uso da madeira e resíduos para energia nas seguintes indústrias madeireiras.

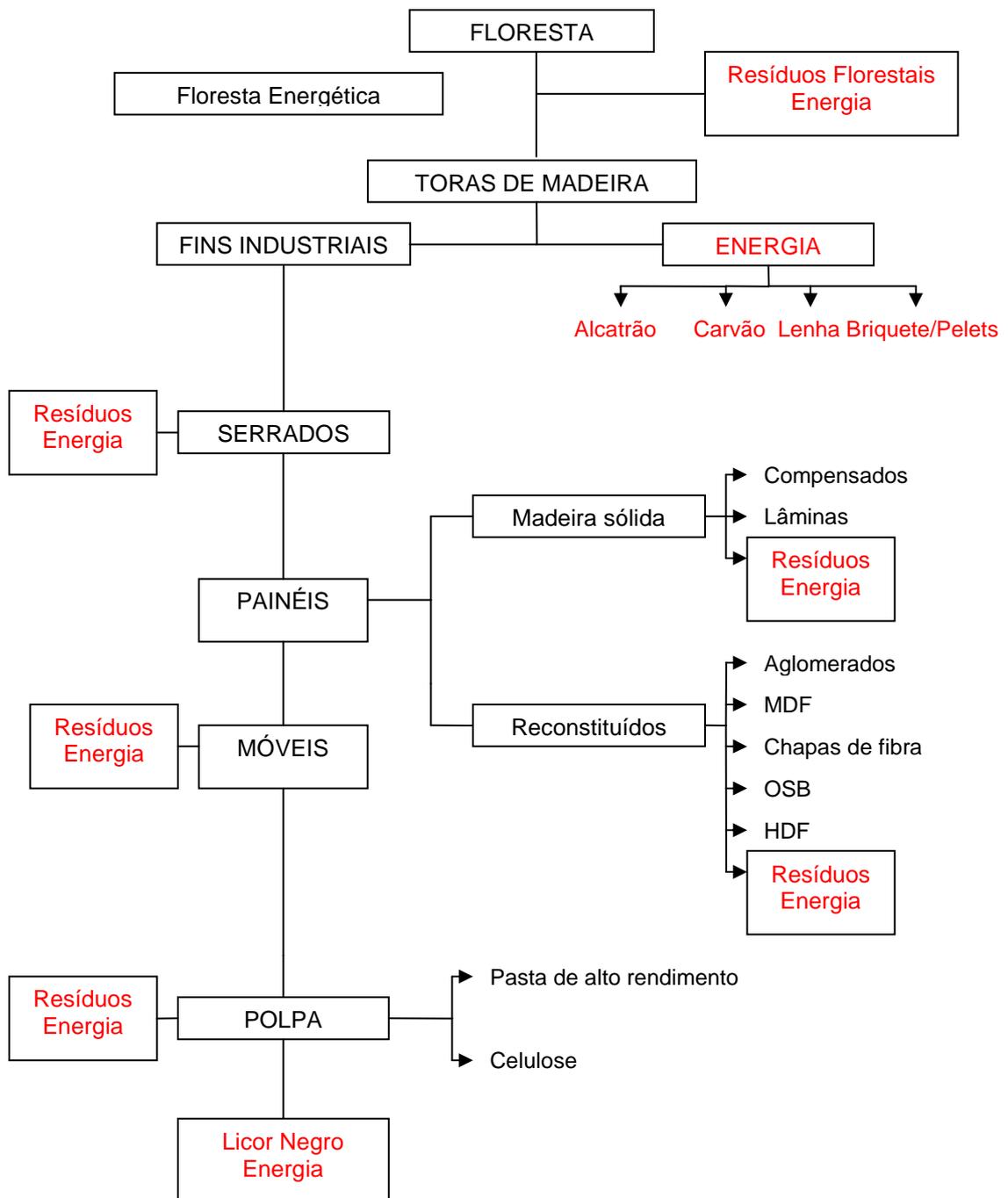


FIGURA III: OPÇÕES DE ENERGIA DA BIOMASSA FLORESTAL NA INDÚSTRIA

As possibilidades ou rotas mostradas representam um uso da madeira para energia que equivale a 52% do volume de toras produzidas anualmente (FAO, 2005).

As Tabelas 4 e 5 e Figura III apresentam os dados gerais do consumo de energia primária no Brasil, em uma série histórica que vai de 1980 a 2006, com base no Balanço Energético Nacional, conforme (MME, 2007).

Tabela 4: Consumo Global de Energia Primária no Brasil em unidade física  
1000 tEP.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	
Anos	Petróleo	Carvão Mineral	Gás Natural	Energia Hidráulica	<b>Madeira e Resíduos</b>	Produtos da Cana	Outras Primárias	Total
1980	55392	5902	1052	11064	<b>31083</b>	9217	1010	114721
1983	47637	6865	1861	13001	<b>30233</b>	14550	1194	115342
1986	54085	10145	3413	16567	<b>32766</b>	18144	1807	136925
1989	57513	10774	4213	19496	<b>32953</b>	19346	2471	146765
1991	59115	11004	4313	21050	<b>26701</b>	19943	2760	144884
1995	70786	11985	5388	24866	<b>23266</b>	22814	3835	162940
1999	87414	12706	7751	28623	<b>22131</b>	25235	5362	189219
2000	86582	13571	10242	29980	<b>23060</b>	20761	6245	190440
2001	87976	13349	12548	26282	<b>22443</b>	22916	8414	193927
2002	85373	13006	14803	27738	<b>23639</b>	25431	8749	198737
2003	81067	13527	15512	29477	<b>25973</b>	27094	9284	201934
2004	83648	14225	19061	30804	<b>28203</b>	28774	9029	213744
2005	84552	13732	20526	32379	<b>28469</b>	30146	8859	218663
2006	85485	13453	21721	33454	<b>28058</b>	33043	10530	225744

\*TEP=tonelada equivalente de petróleo que corresponde a 10000Mcal.

FONTE: COPEL (2006)

No início da década de oitenta, a madeira era o segundo combustível mais utilizado, tendo o petróleo o primeiro e em terceira posição estava a energia hidráulica. A madeira e derivados para energia em 1980 representaram o triplo que a energia hidráulica.

O petróleo é o combustível mais consumido no Brasil até os dias atuais. A madeira permanece como segundo combustível consumido até o início da década de 90 onde é possível perceber o aumento de participação da energia hidráulica que passa a ser o segundo combustível mais utilizado. Contudo entre 2001 e 2002 devido à falta de chuva e o baixo nível das águas nos reservatórios das hidrelétricas, nota-se uma queda em energia hidráulica. Esse evento foi chamado de apagão. Mas a partir de 2003 o uso de energia hidráulica volta a crescer. Observa-se que o consumo médio de madeira energética, de 1980 a 2006, foi de  $27070 \times 10^3$  tEP mais

ou menos 3791 por ano, permanecendo praticamente constante (Tabela 5 e Figura III). Após uma redução no consumo de madeira para energia nos anos 90 houve uma recuperação no consumo, e atualmente o consumo é superior a 90 milhões de toneladas anuais. A recuperação do consumo de madeira para energia ao longo dos últimos anos está fortemente associada ao aumento dos preços dos combustíveis fósseis.

Entretanto, em termo relativo, o consumo de madeira decresce de 1980 a 1995 e, a partir daí, permanece constante com cerca de 17% do consumo global de energia no Brasil (Tabela 6 e Figura IV).

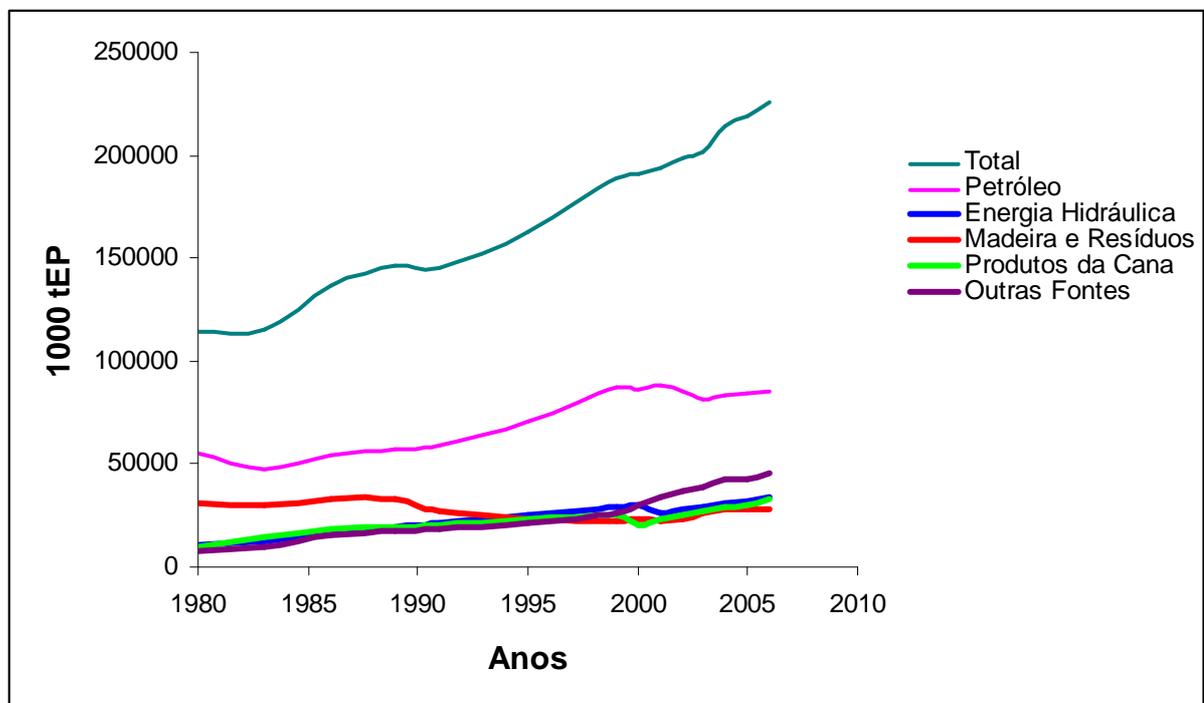


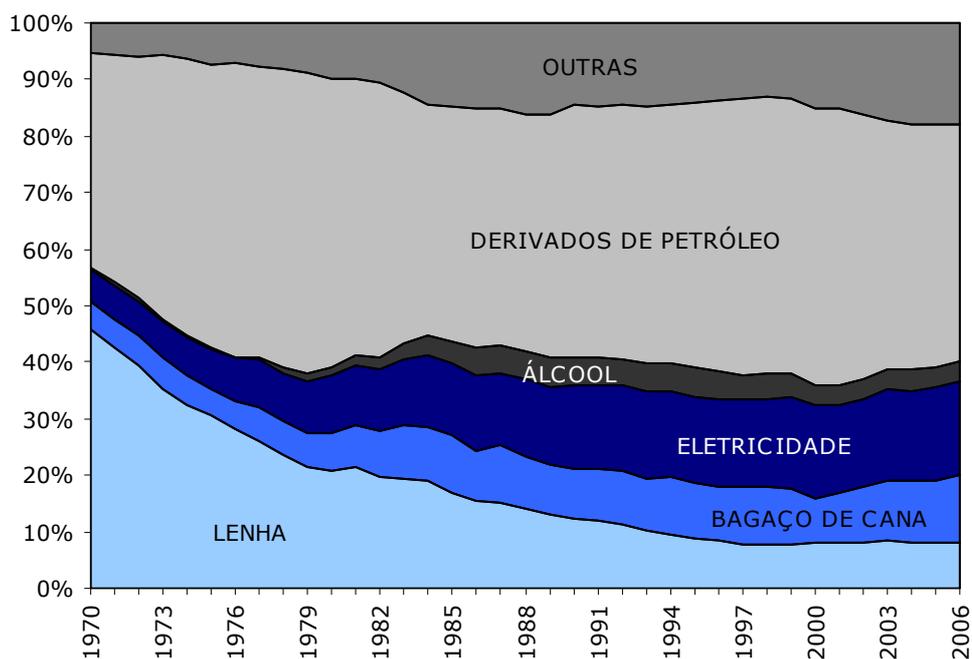
FIGURA IV: EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE MADEIRA E DERIVADOS PARA ENERGIA EM RELAÇÃO AOS DEMAIS COMBUSTÍVEIS NO BRASIL.

FONTE: COPEL (2006)

Tabela 5: Consumo Global de Energia Primária no Brasil em unidade relativa

Anos	Petróleo	Energia Hidráulica	Madeira e Resíduos	Produtos da Cana	Carvão Mineral	Gás Natural	Outras Primárias
1980	48,3	9,6	<b>27,1</b>	8	5,2	0,9	0,9
1983	41,3	11,3	<b>26,2</b>	12,6	6	1,6	1
1986	39,5	12,1	<b>23,9</b>	13,3	7,4	2,5	1,3
1989	39,2	13,3	<b>22,4</b>	13,2	7,3	2,9	1,7
1991	40,8	14,5	<b>18,4</b>	13,8	7,6	3	1,9
1995	43,4	15,3	<b>14,3</b>	14	7,4	3,3	2,3
1999	46,2	15,1	<b>11,7</b>	13,4	6,7	4,1	2,8
2000	45,5	15,7	<b>12,1</b>	10,9	7,1	5,4	3,3
2001	45,4	13,5	<b>11,6</b>	11,8	6,9	6,5	4,3
2002	43	14	<b>11,9</b>	12,8	6,5	7,4	4,4
2003	40,1	14,6	<b>12,9</b>	13,4	6,7	7,7	4,6
2004	39,1	14,4	<b>13,2</b>	13,5	6,7	8,9	4,2
2005	38,7	14,8	<b>13</b>	13,8	6,3	9,4	4
2006	37,9	14,8	<b>12,4</b>	14,6	6	9,6	4,7

FONTE: COPEL (2006)



FONTE: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (2007)

FIGURA V: PARTICIPAÇÃO HISTÓRICA DA MADEIRA (LENHA) PARA ENERGIA EM RELAÇÃO A OUTRAS FONTES NO BRASIL.

## 4.2. A MADEIRA COMO FONTE DE ENERGIA NO BALANÇO ENERGÉTICO DO PARANÁ

A participação da madeira energética no Paraná é mostrada nas Tabelas 6 e 7 e, ilustrada nas figuras V e VI, com base em dados da COPEL (2006).

Tabela 6: Consumo Global de Energia Primária no Paraná em unidade física (1000tEP)

	A	B	C	D	E	F	G	H	
Anos	Petróleo	Gás Natural	Carvão Mineral	Xisto	Energia Hidráulica	Madeira e Resíduos	Produtos da Cana	Outras Primárias	Total
1980	3240	0	180	29	475	<b>1810</b>	367	148	6259
1983	3105	0	244	42	580	<b>1662</b>	748	143	6524
1986	3824	0	320	49	738	<b>1893</b>	1082	161	8067
1989	4100	0	333	51	911	<b>1963</b>	1090	165	8613
1991	4236	0	323	48	992	<b>1940</b>	1095	186	8820
1995	5034	0	226	225	1258	<b>1954</b>	1615	184	10496
1999	6313	0	44	233	1549	<b>1975</b>	1858	214	12186
2000	6425	106	44	227	1717	<b>1927</b>	1558	235	12239
2001	7522	190	35	239	1771	<b>2073</b>	1751	259	13840
2002	7061	261	49	235	1728	<b>2249</b>	1780	276	13639
2003	7066	240	39	208	1759	<b>2329</b>	1984	288	13863
2004	6789	305	41	223	1871	<b>2537</b>	2150	288	14154
2005	7118	307	40	180	1982	<b>2649</b>	1888	261	14425
2006	7092	462	46	217	2037	<b>2776</b>	2214	250	15094

FONTE: COPEL (2006)

No Paraná é possível observar que o petróleo é o combustível mais utilizado, à semelhança do Brasil, no entanto, o consumo no período estudado, teve um maior crescimento no Paraná.

Os produtos da cana em 1980 eram o quarto combustível mais usado no Estado, atrás da energia hidráulica. A partir de 1983 até hoje os produtos da cana ocupam a terceira colocação, pois várias empresas optam pela extração do etanol, produzindo assim sua própria fonte de energia

A madeira é destacada fonte energética no Paraná ao longo da história. Na série histórica dos últimos 18 anos, é a segunda fonte de energia consumida no Estado. Ao comparar os dados de consumo da madeira energética do Paraná em relação ao Brasil, observa-se, que é um dos combustíveis mais importantes no Estado, é a segunda fonte contra terceira e, participa com cerca de 20% contra 17% no plano nacional.

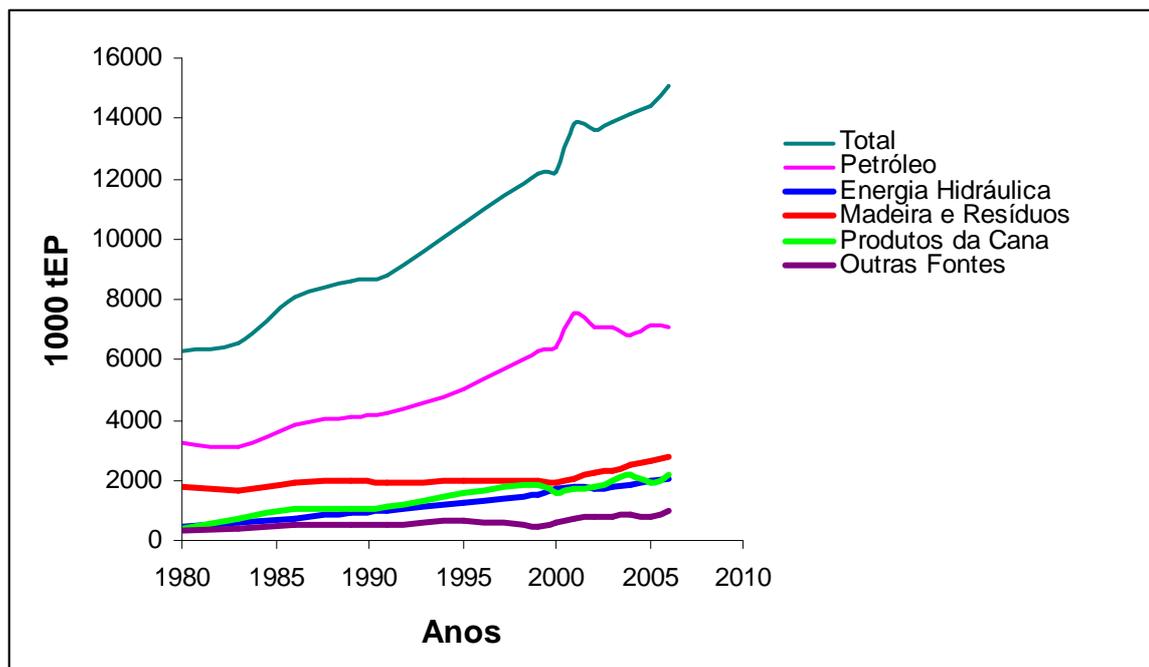


FIGURA VI: EVOLUÇÃO DO CONSUMO DA MADEIRA E DERIVADOS EM RELAÇÃO AOS DEMAIS COMBUSTÍVEIS NO PARANÁ.

FONTE: COPEL (2006)

Tabela 7: Consumo Global de Energia Primária no Paraná em unidade relativa (%).

Anos	Petróleo	Gás Natural	Carvão Mineral	Xisto	Energia Hidráulica	Madeira e Resíduos	Produtos da Cana	Outras Primárias
1980	51,7	0	2,9	0,6	7,6	<b>28,9</b>	5,9	2,4
1983	47,6	0	3,7	0,6	5,9	<b>25,5</b>	11,5	2,2
1986	47,4	0	4	0,6	9,1	<b>23,5</b>	13,4	2,0
1989	47,6	0	3,9	0,6	10,6	<b>22,8</b>	12,6	1,9
1991	48	0	3,7	0,6	11,2	<b>22</b>	12,4	2,1
1995	47,9	0	2,2	2,1	12	<b>18,6</b>	15,4	1,8
1999	51,8	0	0,4	1,9	12,7	<b>16,2</b>	15,2	1,8
2000	52,5	0,9	0,4	1,9	14	<b>15,7</b>	12,7	1,9
2001	54,3	1,4	0,3	1,7	12,7	<b>15,0</b>	12,7	1,9
2002	51,8	1,9	0,4	1,6	12,7	<b>16,5</b>	13,1	2,0
2003	51	1,7	0,3	1,5	12,7	<b>16,8</b>	14,3	1,7
2004	47,9	2,2	0,3	1,6	13,2	<b>17,9</b>	15,2	1,7
2005	49,4	2,1	0,3	1,2	13,7	<b>18,4</b>	13,1	1,8
2006	47	3,1	0,3	1,4	13,5	<b>18,4</b>	14,6	1,7

FONTE: COPEL (2006)

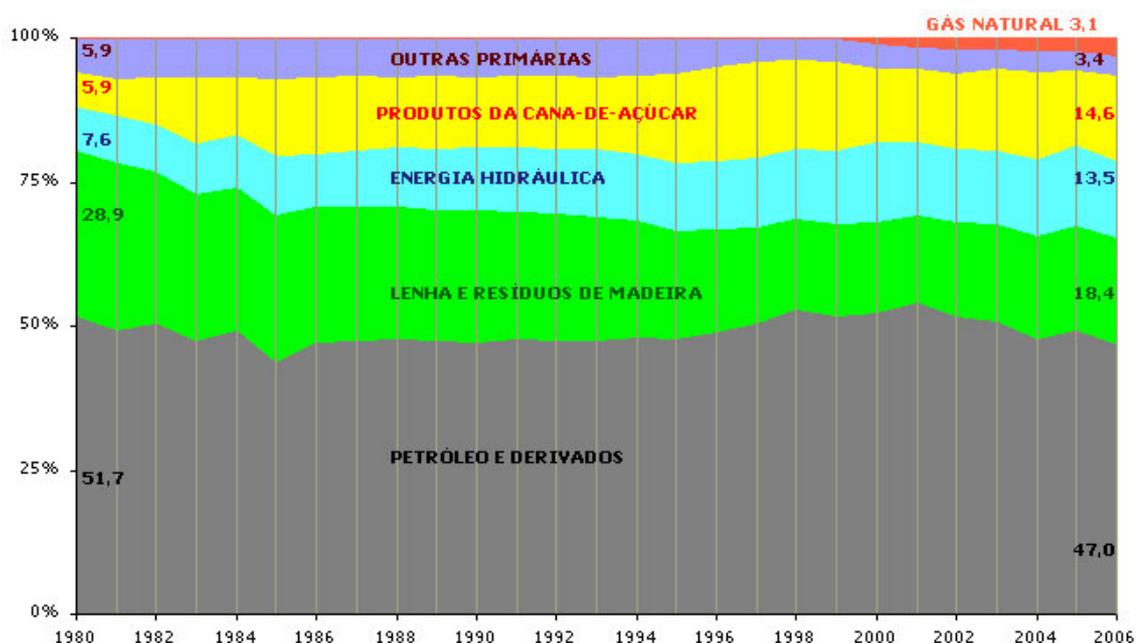


FIGURA VII: CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA PRIMÁRIA NO PARANÁ EM %.  
 FONTE: COPEL (2006).

A biomassa florestal que abrange os energéticos: carvão vegetal, madeira e seus resíduos tiveram uma participação de 28,9% em 1980. Com as constantes substituições por outros energéticos nas indústrias e residências essa participação reduziu para 18,4% em 2006, porém apesar da queda esse consumo foi superior 4,8% ao ano 2005 e continua sendo a segunda fonte de energia mais utilizada no Estado.

Diferente do petróleo e seus derivados, a energia hidráulica apresentou crescimento de 1980 a 2006. A taxa média anual de crescimento do período foi de 5,7%. A sua participação na matriz energética estadual, em 1980, era de 7,6%, passando para 13,5% em 2006. No último ano, apresentou acréscimo de 2,8% no consumo em relação a 2005.

Um energético que vem crescendo nos últimos anos são os produtos da cana-de-açúcar, que de 1980 a 2006 teve uma taxa anual de crescimento de 7,2%. No ano de 1980 a participação foi de 5,9% no consumo global, elevando sua participação para 14,6% em 2006. Já as demais fontes de energia que englobam os resíduos agrícolas, lixívia, carvão mineral e o xisto, participaram com 3,4% do consumo global de energia primária no Estado.

O gás natural, implementado na matriz energética do Estado em 2000, participou com 0,9% no consumo global primário e em 2006 atingiu 3,1%. Foram consumidos no segmento industrial 133 mil tEP, no setor energético 98 mil tEP, no setor de transportes 25 mil tEP e nos setores comercial e residencial 3 mil tEP do consumo final energético.

Em relação ao consumo setorial, das 15.094.000 toneladas Equivalentes de Petróleo - tEP, utilizadas no Estado em 2006, o setor industrial absorveu 32,2%, o de transportes 30,5%, as perdas e a utilização não-energética 9,6%, o setor residencial e o energético 9,2%, o agropecuário 5,5% e o comercial e o público 3,8%.

As Tabelas 8, 9 e a Figura VII comparam os dados para energia entre Paraná e Brasil, que mostram um comportamento semelhante, ou seja, há quase um equilíbrio no consumo energético entre as fontes renováveis e não renováveis. No Paraná os combustíveis renováveis tiveram um consumo de aproximadamente 46,4% e no Brasil foi de 44,9%, já os combustíveis não renováveis tiveram uma participação no Paraná de 53,6% e no Brasil foi de 52,6%.

Ao contrário, em termos mundiais a energia renovável é pouco significativa, cerca de 10% da matriz energética (Figura VII).

Tabela 8: Energia renovável e não renovável no Paraná e no Brasil

ANO	PARANÁ				BRASIL			
	Energia Renovável (1000 tEP)	Energia Não Renovável (1000 tEP)	%E.R.	%E.Ñ.R.	Energia Renovável (1000 tEP)	Energia Não Renovável (1000 tEP)	%E.R.	%E.Ñ.R.
1980	2800	3459	44,7	55,3	52374	62346	45,7	54,3
1983	3133	3391	48,0	52,0	58978	56363	51,1	48,9
1986	3874	4193	48,0	52,0	69284	67643	50,6	49,4
1989	4129	4484	47,9	52,1	73266	72500	49,2	48,7
1991	4213	4607	47,8	52,2	70454	74432	48,6	51,4
1995	5011	5485	47,7	52,3	74781	88159	45,9	54,1
1999	5596	6590	45,9	54,1	81351	107871	43,0	57,0
2000	5437	6802	44,4	55,6	80046	110395	42,0	58,0
2001	5854	7986	42,3	57,7	80055	113873	41,3	58,7
2002	6033	7606	44,2	55,8	85557	113182	43,1	57,0
2003	6310	7553	45,5	54,5	91828	110106	45,5	54,5
2004	6796	7358	48,0	52,0	96810	116934	30,9	37,3
2005	6780	7645	47,0	53,0	99853	118810	45,7	54,3
2006	7277	7817	48,2	51,8	105085	120659	46,6	53,4

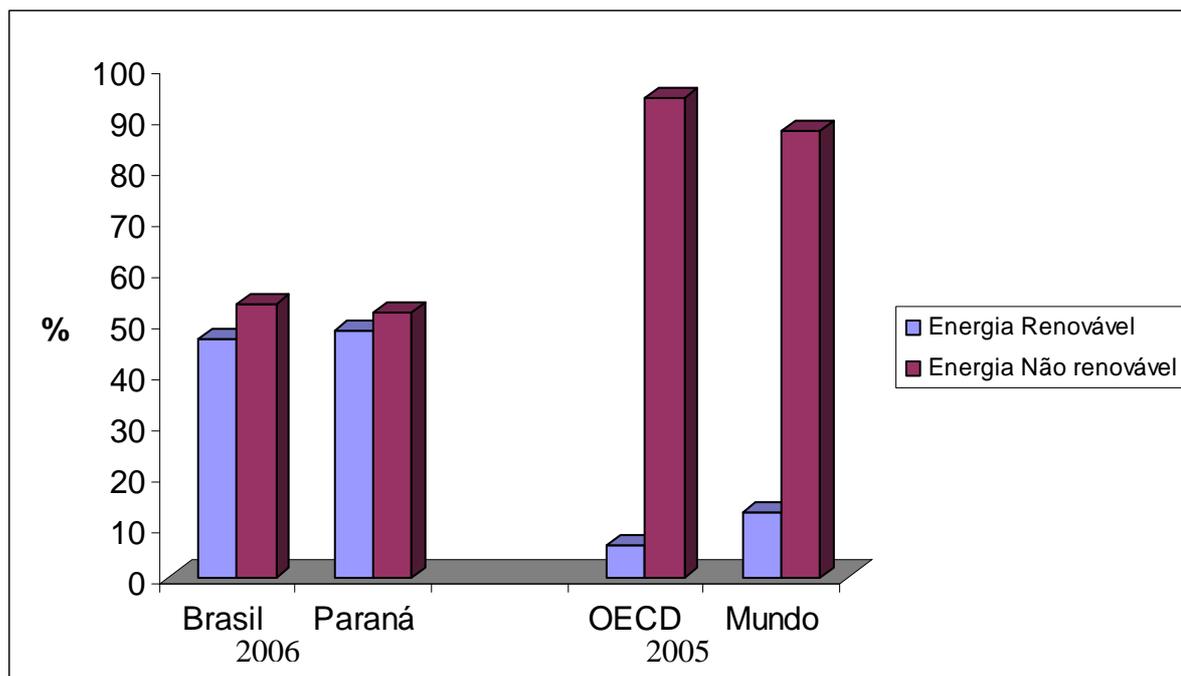


FIGURA VIII: ENERGIA RENOVÁVEL E NÃO RENOVÁVEL DO PARANÁ EM RELAÇÃO AO BRASIL, OCDE E MUNDO.

O consumo de energia no mundo está resumido, em sua grande maioria, pelas fontes de energias tradicionais não renováveis como os combustíveis fósseis, que são fontes poluentes e não-renováveis, mas que no futuro será substituída inevitavelmente, principalmente devido aos choques nos preços do petróleo, ocorridos em 73 e 79 e atrelado a isso está a consciência ambiental que tem como intuito atenuar as emissões de poluentes atmosféricos.

Segundo o MME, o aumento da demanda total por energia se deu com incremento no uso das fontes renováveis (hidráulica, biomassa e outras).

No Brasil, a década de 70 foi marcada por uma grande substituição da lenha por derivados de petróleo, o que reduziu significativamente a sua participação na matriz energética.

O consumo de energia pode refletir tanto o grau de industrialização de um país como um grau de desenvolvimento e bem estar da sua população em termos médios. O consumo de energia nos países mais industrializados é aproximadamente 88 vezes superior ao consumo dos países menos desenvolvidos.

Tanto o Brasil como outros países em desenvolvimento necessitam aumentar os serviços de energia para a sua população de maneira econômica e

com menor prejuízo ambiental. Maior crescimento econômico implica em aumento ao acesso à energia comercial em países em desenvolvimento.

A energia se tornou um forte limitante para o progresso econômico de muitos países em desenvolvimento.

Tabela 9: Série histórica do uso da madeira e derivados para energia no Brasil e Paraná

ANO	BRASIL				PARANÁ				%PR/BR
	1000tEP	Tcal	Mcal	1000m <sup>3</sup>	1000tEP	Tcal	Mcal	1000m <sup>3</sup>	
1980	31083	310830	3,11x10 <sup>11</sup>	200535,5	1810	18100	1,81x10 <sup>10</sup>	11677,4	5,8
1983	30233	302330	3,02 x10 <sup>11</sup>	195051,6	1662	16620	1,66 x10 <sup>10</sup>	10722,6	5,5
1986	32766	327660	3,28 x10 <sup>11</sup>	211393,5	1893	18930	1,89 x10 <sup>10</sup>	12212,9	5,8
1989	32953	329530	3,30 x10 <sup>11</sup>	212600	1963	19630	1,96 x10 <sup>10</sup>	12664,5	6,0
1991	26701	267010	2,67 x10 <sup>11</sup>	172264,5	1940	19400	1,94 x10 <sup>10</sup>	12516,1	7,3
1995	23266	232660	2,33 x10 <sup>11</sup>	150103,2	1954	19540	1,95 x10 <sup>10</sup>	12606,5	8,4
1999	22131	221310	2,21 x10 <sup>11</sup>	142780,6	1975	19750	1,97 x10 <sup>10</sup>	12741,9	8,9
2000	23060	230600	2,31 x10 <sup>11</sup>	148774,2	1927	19270	1,93 x10 <sup>10</sup>	12432,3	8,4
2001	22443	224430	2,24 x10 <sup>11</sup>	144793,5	2073	20730	2,07 x10 <sup>10</sup>	13374,2	9,2
2002	23639	236390	2,36 x10 <sup>11</sup>	152509,7	2249	22490	2,25 x10 <sup>10</sup>	14509,7	9,5
2003	25973	259730	2,60 x10 <sup>11</sup>	167567,7	2329	23290	2,33 x10 <sup>10</sup>	15025,8	9,0
2004	28203	282030	2,82 x10 <sup>11</sup>	181954,8	2537	25370	2,54 x10 <sup>10</sup>	16367,7	9,0
2005	28469	284690	2,85 x10 <sup>11</sup>	183671	2649	26490	2,65 x10 <sup>10</sup>	17090,3	9,3
2006	28058	280580	2,81 x10 <sup>11</sup>	181019,4	2776	27760	2,78 x10 <sup>10</sup>	17909,7	9,9

FONTE: COPEL (2006); BEN (2007).

A Figura VIII destaca que no Paraná o uso madeira para energia tem sido crescente em relação ao Brasil nas últimas décadas. Era 6% em 1980 para cerca de 10% atualmente. Isto mostra que a madeira para energia é um componente cada vez mais imprescindível no Estado. Observando os dados do Balanço de Energia do Ministério das Minas e Energia, observa que o Estado de Minas Gerais é onde tem a maior participação da biomassa florestal para energia, secundado pelo Paraná.

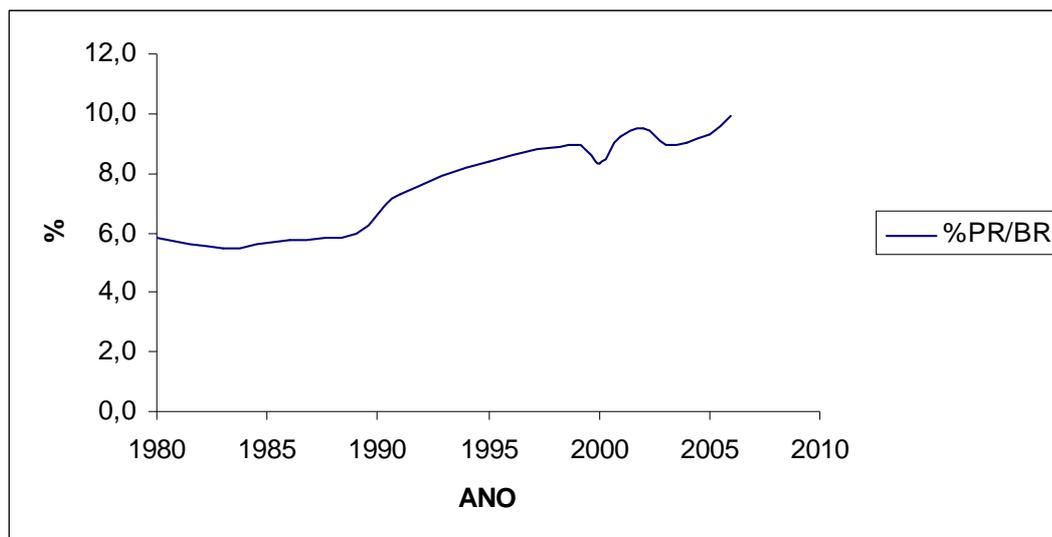


FIGURA IX: EVOLUÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DO PARANÁ EM RELAÇÃO AO BRASIL NO USO DA MADEIRA E DERIVADOS PARA ENERGIA

FONTE: COPEL (2006); BEN (2007).

Através da Tabela 10 e figuras IX e X, é possível observar que no início da década de 80 o consumo per capita de madeira e derivados no Paraná em relação ao Brasil era menor, pelo fato do mesmo ter uma maior população rural e a madeira era utilizada principalmente para finalidades domésticas. Já no início da década de 90 no Paraná, houve um aumento do seu parque industrial contribuindo assim para um maior consumo de madeira, além do surgimento de várias indústrias madeireiras no Estado.

Tabela 10: Consumo *per capita* de madeira e derivados para energia no Paraná e no Brasil.

ANO	BRASIL				PARANÁ				(%)
	Habitantes	tEP/hab.	Mcal/hab.	m³/hab.	Habitantes	tEP/hab.	Mcal/hab.	m³/hab.	m³/hab. PR m³/hab. BR
1980	119011052	0,26	2,61	1,7	7629849	0,24	2,37	1,53	90,8
1983	129774285	0,23	2,33	1,5	7946592	0,21	2,09	1,35	89,8
1986	137709651	0,24	2,38	1,5	8180271	0,23	2,31	1,49	97,3
1989	145206942	0,23	2,27	1,5	8401051	0,23	2,34	1,51	103,0
1991	146825475	0,18	1,82	1,2	8448713	0,23	2,30	1,48	126,3
1995	159016334	0,15	1,46	0,9	9040246	0,22	2,16	1,39	147,7
1999	168754000	0,13	1,31	0,8	9513000	0,21	2,08	1,34	158,3
2000	169799170	0,14	1,36	0,9	9563458	0,20	2,01	1,30	148,4
2001	173822000	0,13	1,29	0,8	9759000	0,21	2,12	1,37	164,5
2002	176391000	0,13	1,34	0,9	9883000	0,23	2,28	1,47	169,8
2003	178985000	0,15	1,45	0,9	10010000	0,23	2,33	1,50	160,3
2004	181586000	0,16	1,55	1,0	10136000	0,25	2,50	1,61	161,2
2005	184181000	0,15	1,55	1,0	10262000	0,26	2,58	1,67	167,0
2006	186771000	0,15	1,50	1,0	10387000	0,27	2,67	1,72	177,9

FONTE: COPEL (2006); IBGE (2006).

Merece destacar o consumo *per capita* de madeira energética pelo Estado Paraná em relação ao Brasil. No Brasil, o consumo foi de 2,61Mcal (1,7m<sup>3</sup>/habitante) em 1980 para 1,55 Mcal em 2006 (1,0m<sup>3</sup>/habitante), representando uma queda de 40% no consumo por habitante. Ao contrário, no Paraná é observado que o consumo *per capita* era de 2,37Mcal (1,53m<sup>3</sup>/habitante) em 1980 aumentando para 2,50Mcal (1,61m<sup>3</sup>/habitante) em 2006; representando 11,5% no consumo por habitante.

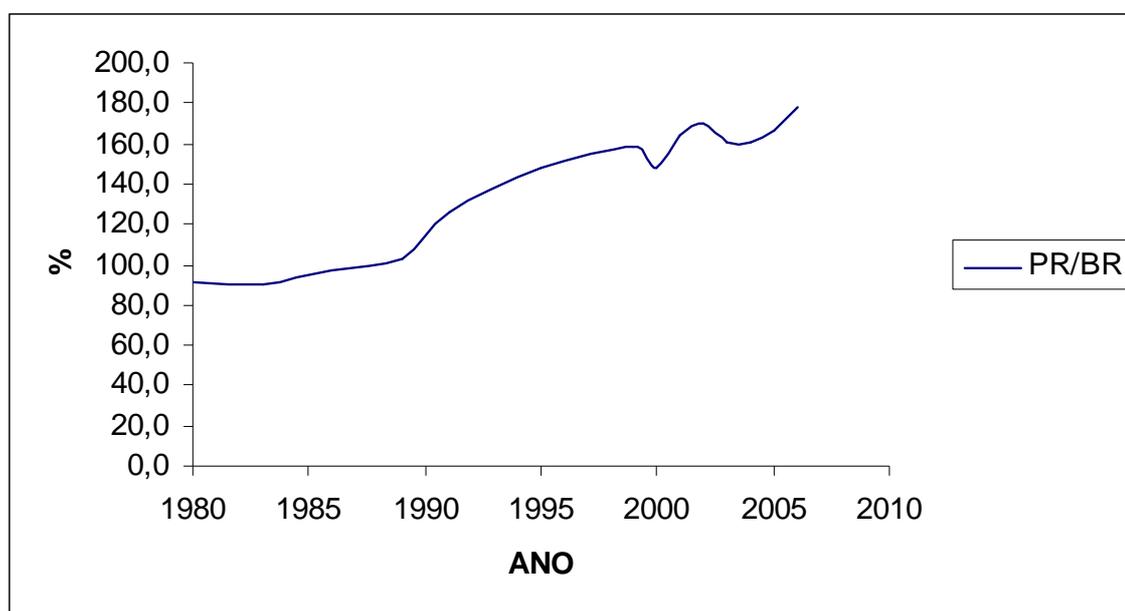


FIGURA X: EVOLUÇÃO DO CONSUMO PER CAPTA DA MADEIRA E DERIVADOS PARA ENERGIA DO PARANÁ PELO BRASIL.

FONTE: COPEL (2006); IBGE (2006).

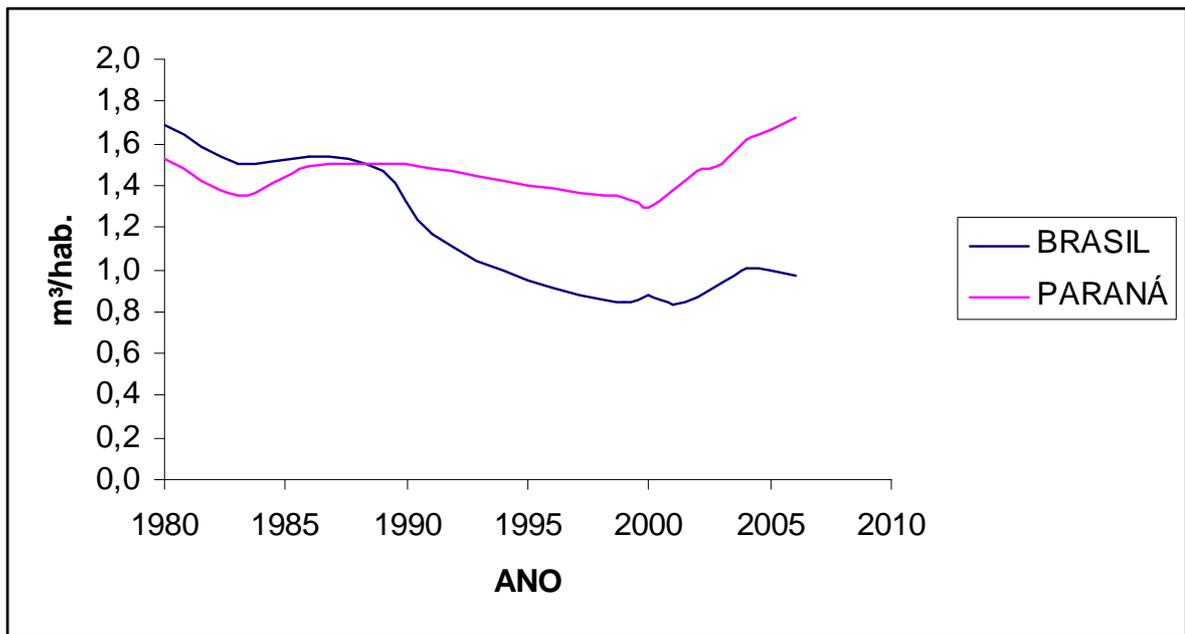


FIGURA XI: EVOLUÇÃO DO CONSUMO PER CAPTA DO PARANÁ EM RELAÇÃO AO BRASIL

FORNTE: COPEL (2006); IBGE (2006).

No setor residencial, em 2006, foram consumidas 1.382.000 toneladas Equivalentes de Petróleo - tEP, número 1,7% superior às 1.359.000 tEP consumidas em 2005. A fonte de energia mais utilizada foi a madeira, fato justificado pela elevação no preço do gás liquefeito de petróleo. A eletricidade apresentou a terceira participação, justificada pela mudança de hábitos adquirida após o racionamento e a eficiência dos novos equipamentos, como pode ser observado na figura XI.

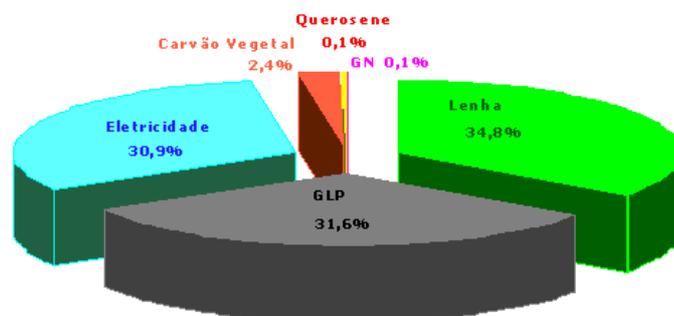


FIGURA XII: CONSUMO RESIDENCIAL POR ENERGÉTICO NO ESTADO DO PARANÁ

FORNTE: COPEL (2006)

### 4.3. ANÁLISE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE NO BRASIL E PARANÁ

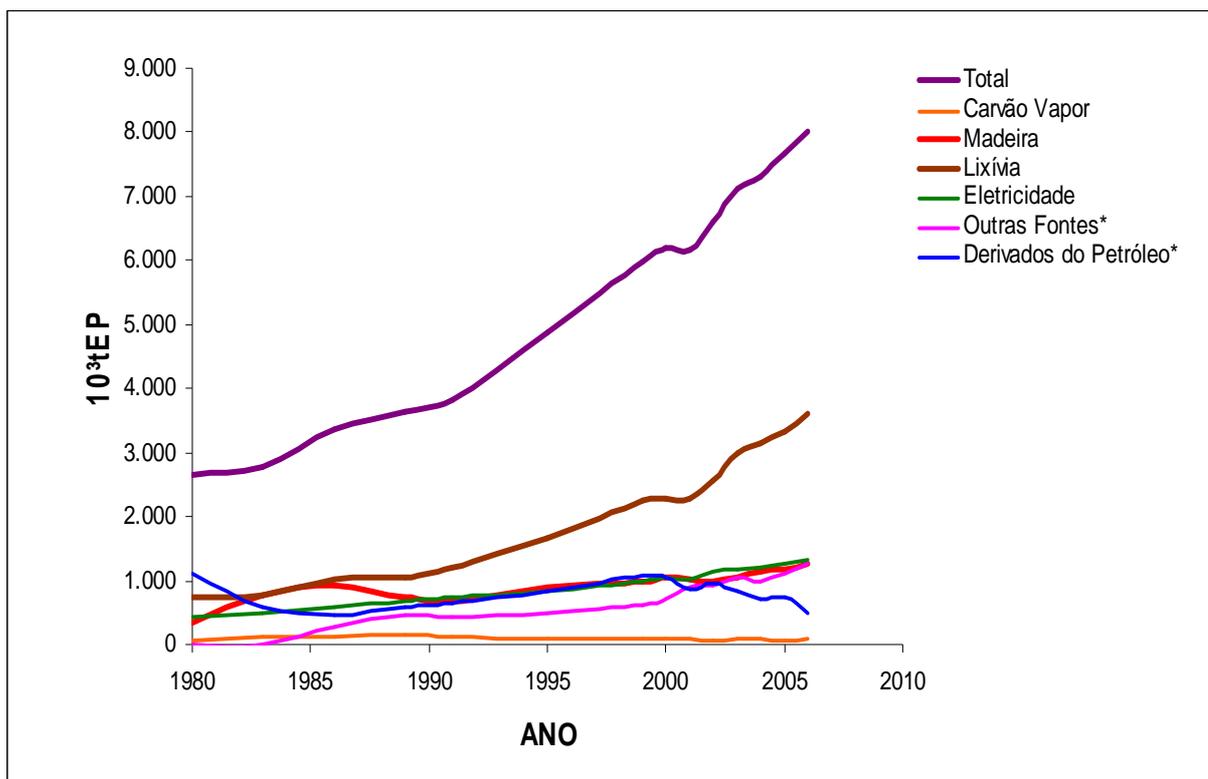
A tabela 11 apresenta a relação de consumo dos combustíveis utilizados na indústria de polpa e papel e suas quantidades no Brasil.

Tabela 11: Consumo nacional de combustíveis na indústria de papel e celulose

Ano	Gás Natural	Carvão Vapor	Madeira	Bagaço de cana	Lixívia	Outras recuperações	Óleo Diesel	Óleo Combustível	Gás liquefeito de petróleo	Coque de petróleo e querosene	Eletricidade	Outras não Especificadas	Total
1980	0	61	<b>333</b>	0	736	0	17	1071	2	5	437	1	2664
1983	10	124	<b>767</b>	0	783	0	14	578	4	3	490	1	2773
1986	26	130	<b>916</b>	40	1006	199	15	428	5	4	591	1	3361
1989	31	152	<b>734</b>	75	1048	341	18	547	4	3	671	1	3623
1991	65	132	<b>673</b>	60	1199	315	19	616	4	2	730	1	3815
1995	125	94	<b>909</b>	5	1678	373	24	763	10	44	843	0	4867
1999	219	79	<b>1001</b>	14	2246	368	25	1019	19	1	1000	0	5991
2000	273	83	<b>1048</b>	24	2291	406	31	983	24	0	1044	0	6206
2001	394	89	<b>1027</b>	25	2280	463	31	813	27	0	1013	0	6161
2002	398	76	<b>975</b>	24	2548	491	37	879	31	0	1127	0	6586
2003	426	83	<b>1041</b>	39	2976	569	48	753	26	0	1160	0	7120
2004	458	89	<b>1139</b>	30	3144	505	59	635	28	0	1212	0	7299
2005	519	55	<b>1172</b>	33	3342	540	60	633	56	0	1270	3	7684
2006	560	82	<b>1252</b>	34	3598	660	44	432	25	0	1330	0	8016

FONTE: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (2007)

A figura XII foi feita através dos dados especificados na tabela 11, é possível observar a evolução de cada combustível utilizado na indústria de papel e celulose no contingente Nacional.



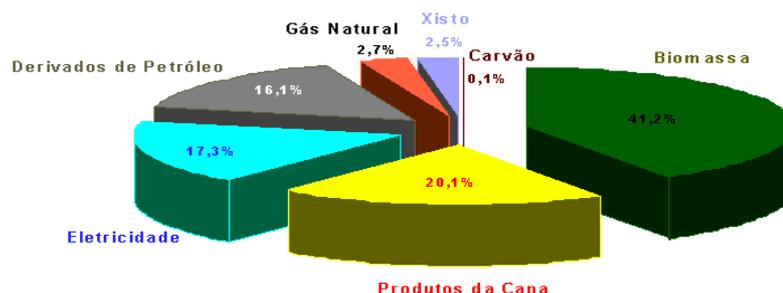
\*Outras fontes correspondem à soma gás natural, bagaço de cana, outras recuperações e outras não especificadas.

\*Derivados do petróleo corresponde à soma óleo diesel, óleo combustível, gás liquefeito de petróleo e coque de petróleo e querosene.

**FIGURA XIII: EVOLUÇÃO DO CONSUMO DA MADEIRA (LENHA) EM RELAÇÃO AOS DEMAIS COMBUSTÍVEIS NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE NO BRASIL.**

FONTE: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (2006)

O setor industrial do Paraná, em 2006, consumiu 4.874.000 toneladas Equivalentes de Petróleo - tEP e os segmentos que apresentaram destaque foram os de alimentos e bebidas, 37,3%, papel e celulose 21,2%, outras indústrias, 13,9%, cimento, 10,4%, cerâmica, 6,4%, química, 5% e os demais setores, 5,8%. Como pode ser observado na figura XIV.



FONTE: COPEL (2006)

FIGURA XIV: CONSUMO INDUSTRIAL POR FONTE ENERGÉTICA NO PARANÁ.

Observa-se que no setor florestal o grande consumo de energia é representado pelo seguimento de polpa e papel é o segundo consumidor de energia no Estado, que usa madeira e seus resíduos de forma direta em cadeira de biomassa, mas o maior consumo é a queima do licor negro evaporado (“lixívia” segundo COPEL). O licor negro no passado foi tratado como resíduo sem aproveitamento. Em 1980 sua queima para energia era de importância secundária, mas com a modernização das indústrias e as exigências ambientais tal material tornou-se uma importante fonte de energia.

Segundo dados da COPEL, o Paraná, apresenta 3% de seu território coberto com floresta plantada. Além do cultivo de pinus e eucalipto, a bracatinga também traz uma resposta ao problema do apagão florestal. A cidade de Bocaiúva do Sul, por exemplo, investiu na valorização da bracatinga, madeira comum na região metropolitana de Curitiba, que é usada há 70 anos como lenha e estaca para a construção civil. Em 2006, o consumo de resíduos de madeira cresceu 7,3% em relação ao ano anterior, proporcionando participação de 25,5% no consumo total industrial.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados pode-se concluir que a madeira e derivados tem importância histórica na composição da matriz energética brasileira; até 1991 foi a segunda fonte de energia mais utilizada, quando foi substituída pela energia hidráulica, e passou a ocupar a terceira colocação como fonte primária de energia. Em 2001, com o incentivo para o álcool combustível em veículos, a cana-de-açúcar passou a concorrer com a madeira em termos de importância, tornando esta a quarta fonte de energia atualmente; mas representando aproximadamente 15% da composição primária da matriz energética no Brasil.

O cenário nacional, ao longo das últimas décadas, vem apresentando uma diminuição no consumo de madeira e seus derivados para energia, ao contrário do que é observado na matriz energética do Paraná, onde em 1980 representava 6% (1810 mil tEP, ou seja, 11667 mil m<sup>3</sup>) e atualmente 10% (2776 mil tEP, ou seja, 17909,7 mil m<sup>3</sup> com base em 2006). O consumo de madeira e derivados para energia é de aproximadamente 55% do total de madeira utilizada no Paraná.

Foi feita uma avaliação do consumo *per capita* de madeira energética no Brasil sendo de 2,61Mcal (1,7m<sup>3</sup>/habitante) em 1980 para 1,55 Mcal em 2006 (1,0m<sup>3</sup>/habitante), representando uma queda de 40% no consumo por habitante. Ao contrário, no Paraná é observado que o consumo *per capita* era de 2,37Mcal (1,53m<sup>3</sup>/habitante) em 1980 aumentando para 2,50Mcal (1,61m<sup>3</sup>/habitante) em 2006; representando 11,5% no consumo por habitante.

A madeira tem importância muito grande para geração de energia no setor industrial nacional e no Estado do Paraná. No setor de indústrias de base florestal, destaca-se o de polpa e papel que é o segundo consumidor de energia estadual.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECÂNICAMENTE. **Estudo setorial 2007**. Disponível em: [http://www.abimci.com.br/dmdocuments/ABIMCI\\_Estudo\\_Setorial\\_2007.pdf](http://www.abimci.com.br/dmdocuments/ABIMCI_Estudo_Setorial_2007.pdf)> Acesso em 31 de julho de 2008.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2007). Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) > Acesso em 06 de agosto de 2008.

\_\_\_\_\_. ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL – Brasília 2005. Disponível em: [www.aneel.gov.br/atlas/atlas\\_2edicao/index.html](http://www.aneel.gov.br/atlas/atlas_2edicao/index.html) > Acesso em 03 de agosto de 2008.

BNDES- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. **Painéis de madeira no Brasil panoramas e perspectivas**. Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/onhecimento/bnset/set2706.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/onhecimento/bnset/set2706.pdf)> Acesso em 25 de julho de 2008.

BNDES- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/onhecimento/bnset/set1601.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/onhecimento/bnset/set1601.pdf)> Acesso em 31 de julho de 2008.

BRITO, José Otávio. **O uso energético da madeira**. 2007. Disponível em [http://www.inee.org.br/down\\_loads/eventos/JoseBrito%20ESALQ.pdf](http://www.inee.org.br/down_loads/eventos/JoseBrito%20ESALQ.pdf)> Acesso em 17 de dezembro de 2008.

BUENO, S. F. Dicionário escolar da língua portuguesa. FENAME, 11ª edição, Rio de Janeiro, 1983. 1263p.

CENIBRA- CELULOSE NIPO-BRASILEIRA S/A Disponível em: <http://www.cenibra.com.br/cenibra/Celulose/FluxogramadeProducao.aspx?&codigo=divFilhos6.5&familia=6&nivel=2&item=1>> Acesso em 30 de novembro de 2008.

COPEL- COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. Balanço Energético. Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FC824D47B05308F650325740C00438020>> Acesso em 03 de julho de 2008.

FBOMS – FÓRUM BRASILEIRO DE ONG's E MOVIMENTOS SOCIAIS PARA O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO. **Critérios e Indicadores de Sustentabilidade para Bioenergia**. Disponível em <http://www.vitaecivilis.org.br/anexos/bioenergia.pdf> > Acesso em 11 de outubro de 2008.

INFOENER – SISTEMA DE INFORMAÇÕES ENERGÉTICAS. Biomassa no Brasil. Disponível em <http://infoener.iee.usp.br/cenbio/biomassa.htm> > Acesso em 05 de dezembro de 2007.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Editora: FUPEF, Curitiba, 2005. 254p.

JANUZZI, M. D. G. e SWISHER, P. N. J. Planejamento integrado de recursos energéticos. Editora: Autores associados ex: 2, São Paulo, 1975. 246p.

LEITE, A.D., A energia do Brasil. Editora. Nova fronteira, 2ª edição, Rio de Janeiro, 1997. 528p.

LELLIS, M. M. Fontes alternativas de energia elétrica no contexto da matriz energética brasileira: meio ambiente, mercado e aspectos jurídicos. UNIFEI, Itajubá-MG, 2007. 134p. (Dissertação de pós-graduação).

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2007). Brasil. Empresa de Pesquisa Energética Balanço Energético Nacional 2007: Ano base 2006. Brasília. [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br) > Acesso em 15 de dezembro de 2008.

NOGUEIRA, L.A.H e LORA, E.E.S. Dendroenergia fundamentos e aplicações. Editora: Interciência, 2ª edição, Rio de Janeiro, 2003. 199p.

Notas sobre a formação industrial do Paraná Disponível em [http://www.uepg.br/propesp/publicatio/hum/2007\\_1/Jandir.pdf](http://www.uepg.br/propesp/publicatio/hum/2007_1/Jandir.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2008

PEREIRA JÚNIOR, V. B. **Alternativas para o cogeração de energia em uma indústria de chapas de fibra de madeira**. 2001. 115f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

PHILIPPI, A, ROMÉRIO. M. A e BRUNA. G.C. Curso de gestão ambiental. Editora. Manole, 1ª edição, São Paulo, 2004. 1045p.

Processo de produção da celulose. Disponível em <http://www.cenibra.com.br/>>. Acesso em: 18 jun. 2008.

Processo de produção no setor Celulose & Papel. Disponível em <http://techresult.comercial.ws/Cocelpa/html/producao.html>>. Acesso em: 21 jun. 2008.

REVISTA DA MADEIRA. Painéis de madeira reconstituída. Lettech Editora e Gráfica Ltda, nº 71. Curitiba, maio 2003.

REVISTA DA MADEIRA. País avalia efeitos da crise energética. Lettech Editora e Gráfica Ltda, nº 71. Curitiba, maio 2001.

RODRIGUES, C.E. Crise energética. Editora: Livraria José Olympio, Rio de Janeiro, 1975. 188p.

SILVA, D. A. Avaliação da eficiência energética em uma indústria de painéis compensado. UFPR, Curitiba-PR, 2001. 205p. (Tese doutorado)

SILOCHI, P. S. **A mecanização da produção de carvão vegetal em MG**. In.: Opiniões sobre o setor Celulose & Papel. Disponível em <<http://www.revistaopinioes.com.br/Conteudo/CelulosePapel/Edicao006/Artigos/Artigo006-09-G.htm>>. Acesso em: 21 jun. 2008.