

### 3 Biomassa na Geração de Energia

A escassez de combustíveis fósseis aliada ao crescimento do consumo de energia e à necessidade por fontes renováveis têm estimulado a busca pelo aproveitamento de outros insumos energéticos, dentre os quais se destaca a biomassa. Biomassa pode ser definida como matéria orgânica de origem vegetal ou animal passível de ser transformada em energia térmica ou elétrica (ANEEL, 2011a).

As principais biomassas disponíveis para insumo energético são 1) resíduos florestais oriundos de limpeza de florestas, da indústria madeireira, de papel e celulose, 2) resíduos agrícolas, como bagaço de cana de açúcar, beterraba, casca de arroz, além de grãos, óleos vegetais e esterco e 3) resíduos urbanos, como biogás de aterros e de tratamento de água. Efetivamente, a biomassa é uma forma indireta de energia solar, pois é resultado da conversão desta em energia química por meio do processo de fotossíntese (NOGUEIRA e LORA, 2003). Em função da sua característica renovável e não prejudicial ao meio ambiente, a energia gerada por biomassa é usualmente chamada de “energia verde” ou “bioenergia”. (VELÁSZQUEZ, 2000).

Pode-se afirmar que a busca por fontes alternativas de energia é um caminho básico e fundamental para qualquer planejamento em política energética. No caso do Brasil, o assunto ganhou destaque a partir de 2001, quando o país sofreu com a crise de oferta de energia elétrica, consequência de um período de escassez de chuvas somado a poucos investimentos incrementais realizados no setor até então. Durante o mesmo período, houve a elevação dos preços dos combustíveis e de derivados de petróleo, impulsionando significativamente as discussões e projetos baseados em biomassa, sendo esta uma alternativa interessante e capaz de reduzir a dependência do país às fontes hídricas, que por sua vez estão em fase de estagnação em função de pressões ambientais que impedem a construção de

grandes reservatórios, restando apenas o aproveitamento de energia a partir de PCHs que operam a fio d'água.

Além da crise energética de 2001, outro fator que auxiliou o crescimento do uso da biomassa foram os programas Proálcool, Proinfa e Probiodiesel, todos desenvolvidos pelo governo e que incentivaram a geração de energia através de fontes alternativas. Pode-se ainda citar como fatores incentivadores as previsões na época de déficits em função do elevado consumo e a própria desregulamentação do setor, que permitiu o uso da biomassa em termoelétricas e a venda do excedente de energia produzida em processos de cogeração em plantas industriais. Diante de todo esse contexto, a biomassa passou de “resíduos” com baixo valor de mercado para um patamar de combustível energético economicamente viável e ecologicamente correto.

Atualmente, em função de diversas inovações tecnológicas, é possível converter de modo eficiente a biomassa em energia elétrica. Em geral, este insumo energético tem sido aplicado para a geração de energia térmica, mas já há estudos na literatura apresentando resultados interessantes na conversão de energia elétrica e em combustíveis líquidos, como o etanol, na qual o Brasil é referência mundial (BASTIAN-PINTO, 2009).

A capacidade do Brasil em gerar energia a partir de biomassa também é citada por Rossillo-Calle (2005), que afirma que o país está enquadrado no grupo daqueles que melhor aproveitam a biomassa de ciclo curto (cana de açúcar) e ciclo longo, através de florestas de espaçamento curto destinadas exclusivamente para fins energéticos. Vale lembrar que o Brasil está localizado próximo à linha do Equador, privilegiando-se de altos índices de insolação e de pluviosidade, fatores determinantes para o crescimento da biomassa. Essas características colocam o Brasil em uma posição de destaque no cenário energético mundial e têm atraído diversos investimentos tanto de empresas nacionais como internacionais.

O setor sucroalcooleiro foi o pioneiro na aplicação de recursos para o aproveitamento da biomassa através do uso do bagaço de cana na cogeração de energia, em um primeiro momento para autoconsumo e, posteriormente, para a venda de excedentes ao mercado, que propiciou não apenas a redução no consumo de energia, como também a minimização dos custos de retirada, deste insumo dos campos e a própria diversificação do empreendimento ao incorporar uma nova renda ao negócio.

Segundo Berndes *et al.* (2003), a tendência é que a biomassa se torne a principal fonte primária de energia para o próximo século. Dentre suas principais vantagens, pode-se citar o menor percentual de poluição atmosférica, sua alta densidade energética quando comparada a outras fontes de energias renováveis, além de facilidade de armazenamento e comercialização, bem como aproveitamento direto por meio de combustão em fornos e caldeiras já existentes em plantas industriais. Importante destacar ainda que a distribuição geográfica deste insumo favorece a geração de energia de modo diversificado e descentralizado, reduzindo-se assim os riscos de descontinuidade de abastecimento. Outra característica relevante da biomassa consiste na sua concentração em áreas afastadas dos grandes centros urbanos, contribuindo para a geração de empregos no campo e o aumento de renda nas suas áreas de cultivo.

Apesar de todas essas vantagens, Santiago (2007) afirma que somente 15% de toda a biomassa disponível no mundo é usada para gerar energia, sendo que 8% desses se devem a aplicações na indústria americana. Embora tenha se observado crescimento no número de usinas que utilizam a biomassa, pode-se considerar que este ainda é pequeno frente ao potencial descrito. No caso do Brasil, atualmente são pouco mais de 8 GW através de 410 usinas térmicas movidas a biomassa, conforme Tabela 3:

**Tabela 3 - Térmicas no Brasil com combustível de Biomassa**

<b>Combustível</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência (Kw)</b>	<b>%</b>
Bagaço de Cana de Açúcar	334	6.455.556	79,18%
Licor Negro	14	1.245.198	15,27%
Resíduos de Madeira	36	302.627	3,71%
Biogás	13	69.942	0,86%
Capim Elefante	2	31.700	0,39%
Carvão Vegetal	3	25.200	0,31%
Casca de Arroz	6	18.908	0,23%
Óleo de Palmiste	2	4.350	0,05%
<b>Total</b>	<b>410</b>	<b>8.153.481</b>	<b>100,00%</b>

**Fonte: ANEEL (2011b)**

Sob a perspectiva técnico-econômica, as principais dificuldades para o maior uso desse combustível são a baixa eficiência termodinâmica das plantas e os custos relativamente altos de transporte e logística de recolhimento (ANEEL, 2011a). Diante desses elevados dispêndios, tem-se tentado minimizar as distâncias

entre as usinas de geração de energia e as áreas de cultivo agrícola cujos resíduos podem ser usadas como biomassa. Uma alternativa inteligente e capaz de reduzir os gastos com transporte é associar o uso da biomassa em processos de cogeração industrial.

Entende-se como cogeração a produção simultânea de duas ou mais formas de energia, como calor de processo e energia eletromecânica, a partir de um mesmo insumo/combustível (BARJA, 2006). Em geral a cogeração é aplicada para a produção de energia térmica e elétrica a partir de uma única fonte primária de energia e consiste em uma forma racional de otimização de recursos, ajudando na redução de áreas de estocagem, reduzindo a poluição ambiental, propiciando maior eficiência na utilização da matéria-prima e, por fim, reduzindo significativamente os custos de produção ao economizar na compra de combustíveis.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) vem agindo no sentido de incentivar investimentos em cogeração ao permitir, por exemplo, a venda do excedente de energia através de contratos de médio e longo prazo a preços pré-fixados, reduzindo assim um pouco da insegurança dos empresários que atuam no agronegócio. Vale destacar que o Brasil já usufrui de indústria local qualificada capaz de produzir equipamentos aplicados em sistemas de cogeração e os recentes incentivos por parte do governo têm estimulado o crescimento deste segmento. Isso configura em outra vantagem dos processos de cogeração frente às tradicionais termelétricas, que ainda hoje necessitam importar pelo menos 50% dos equipamentos (JÚNIOR, 2001). Dessa forma, entende-se que os investimentos em cogeração desenvolvem o mercado nacional de equipamentos, o que no longo prazo poderão gerar o *know-how* necessário para aplicações mais sofisticadas.

Impulsionados pelos crescentes custos dos insumos energéticos, ciente dos benefícios e dos incentivos governamentais, as indústrias que atuam no setor florestal têm desenvolvido estudos avaliando a viabilidade da aplicação da cogeração, destacando as empresas do segmento de papel, celulose e de fabricação de painéis de madeira. Nesses segmentos, durante os processos de produção são gerados grandes quantidades de resíduos, atualmente descartadas e que podem ser utilizados como combustível. A seguir será detalhado o segmento de painéis de madeira, objeto de estudo deste trabalho.

### 3.1. Resíduos Florestais e a Cogeração

O aproveitamento de resíduos para a geração de energia através de processos de cogeração é uma alternativa que vem sendo adotada por empresas de diversos segmentos (KIRUCHI, 2000), permitindo que as mesmas reduzam seus custos com aquisição de energia e, no caso de excedente de produção de energia, sua comercialização. Segundo Goldemberg (2002), já é possível perceber um incremento de valor nos resíduos que podem ser usados como biomassa energética. Segundo o autor, há alguns anos, os mesmos eram doados a terceiros ou incinerados no campo dada sua inutilidade. Atualmente, a situação é diferente e já há um mercado para a comercialização de resíduos.

Um exemplo de segmento que vem investindo em processos de cogeração é o setor florestal, caracterizado por gerar uma grande quantidade de resíduos durante o processamento mecânico, físico e químico das toras de madeira (FARRA, 2004). Basicamente, há dois tipos de resíduos florestais: 1) aqueles que são gerados e encontrados nas florestas, sendo resultado das atividades de extração da madeira, o que inclui toras curtas ou rejeitadas por baixa qualidade, galhos e folhagem, que podem totalizar até 20% da massa de árvore e 2) resíduos obtidas na planta que são resultados das atividades de serraria e manuseio interno das toras. De acordo com Ayala *et al.* (2002), de toda madeira que chega para ser processada, apenas 45% converte-se em madeira serrada e o restante (55%) é transformado em resíduos (7,2% para lenha, 21,06% serragem, 20,12% costaneiras, 3,59% tacos e 2,54% hastes). Estes valores foram confirmados no estudo de Bonduelle *et al.* (2002), ao afirmar que o volume de resíduos é tão significativo que pode representar entre 40 e 60% do volume da matéria-prima empregada na indústria, implicando não apenas em perdas no volume de madeira, mas também em gastos logísticos e ambientais para sua retirada do campo e recolhimento dentro da fábrica. Júnior (2001) quantifica o volume de resíduos gerados nos processos por tipo de indústria, conforme Tabela 4:

**Tabela 4 - Percentual Médio de Geração de Resíduos por Indústria**

Tipo de Indústria	Geração de resíduos
Serrarias	50%
Fábrica de Compensados	40%
Fábrica de Aglomerados	30%

**Fonte: JÚNIOR (2001)**

Júnior (2001) afirma ainda que é possível verificar neste segmento fábricas que queimam esses resíduos a céu aberto com o intuito de dar fim ao enorme volume acumulado em seus parques de atividade. É importante observar que neste ramo se requer energia na forma de eletricidade e de calor do processo para prover o cozimento e a secagem do material que compõe as chapas de madeira. Dessa forma, a geração de energia a partir desse material é uma forma de viabilizar o uso desses resíduos e agregar valor econômico ao mesmo.

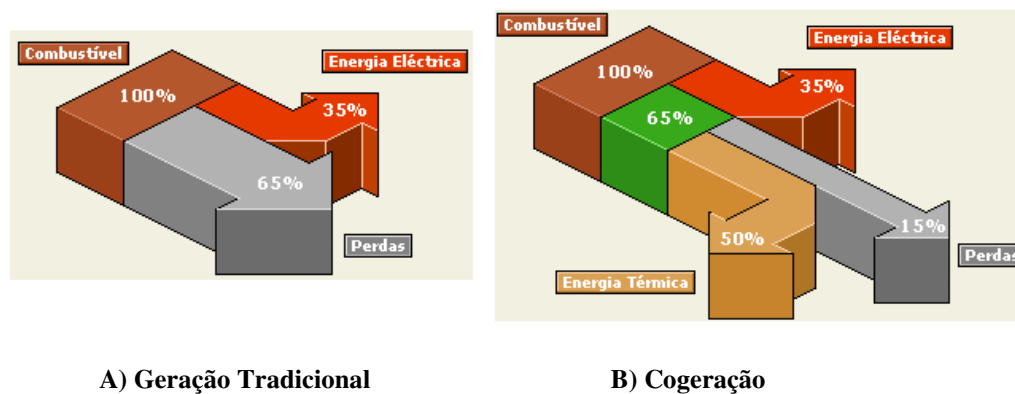
Segundo Matoski *et al.* (2002), os empresários já estão cientes dessas possibilidades e a cogeração já é uma realidade para as indústrias desse segmento. Um exemplo de empresa brasileira que utiliza a biomassa no processo é a Klabin Papéis Monte Alegre, unidade Paraná da Klabin S/A, localizada em Telêmaco Borba, que atinge um nível de eficiência de 92% no uso do total de resíduos disponíveis. Segundo Fiori (2002), a empresa possui ainda sobra de resíduos e cascas de árvores que não podem ser aproveitados uma vez que a caldeira encontra-se em capacidade máxima de operação.

A empresa Benecke, localizada na cidade de Timbó (SC) e que atua no segmento de bombas de água, maquinário destinado para o segmento de madeira e mais recentemente, caldeiras industriais, é outro exemplo de companhia que investe em cogeração. Recentemente, a empresa adquiriu máquinas que foram acopladas em caldeiras a vapor e que utilizam resíduos gerados no processo produtivo da empresa. Outro exemplo de aproveitamento de biomassa é a Battistella Indústria e Comércio, localizada em Santa Catarina. A empresa produz 20.000 m<sup>3</sup>/mês de madeira serrada e 5.000 m<sup>3</sup>/mês de lâminas, gerando ainda 16.000 m<sup>3</sup>/mês de produtos como compensados e painéis de MDF. Do total de resíduos, 85% é aproveitado para gerar vapor e energia e 15% vendido para terceiros (KIRUCHI, 2000).

A grande vantagem da cogeração é a sua eficiência quando comparada aos tradicionais processos de produção de energia. Na produção de energia

convencional estima-se que somente 35% da energia contida no combustível é de fato aproveitada. Por sua vez, a produção de energia a partir de cogeração permite aproveitamentos superiores a 80%. Além do melhor aproveitamento da energia contida no combustível, estima-se que a redução no consumo de combustível seja de aproximadamente 30% comparada à produção tradicional de energia elétrica. Por fim, a cogeração permite ainda uma operação ininterrupta de geração, reduzindo a possibilidade de falhas durante o processo produtivo.

**Figura 1 - Eficiência na conversão de energia**



**Fonte: Eficiência Energética (2012)**

Embora apresente diversas vantagens, conforme já apresentado, a cogeração possui algumas limitações que devem ser analisadas no momento de decidir por um investimento desse porte. Dentre elas destaca-se a necessidade de proximidade do calor produzido pelo processo com o produto que o requer. Por exemplo, no caso de fábricas de chapas de madeira, é preciso manter o processo produtivo ao lado do maquinário de cogeração, pois o aumento da distância dificulta o transporte do calor. A consequência dessa limitação são plantas de cogeração ainda de pequeno porte quando comparadas às centrais térmicas convencionais.

A cogeração aplicada no segmento florestal implica em novos obstáculos, principalmente porque o aproveitamento dos seus resíduos não é um processo trivial, pois demanda diversas adaptações dos processos produtivos, bem como alterações de ordem tecnológica nos equipamentos da fábrica, visando racionalizar o uso da biomassa, incorrendo ainda em novos gastos operacionais de recolhimento e processamento dos resíduos. É evidente que a decisão de adaptar o maquinário e aquisição de novos ativos deve ser embasada por indicadores financeiros que avaliam o custo-benefício do investimento.

Segundo Pretz (2000) a viabilidade de se investir em um processo de cogeração está fortemente condicionada a alguns parâmetros, dentre os quais se destacam: as tarifas de energia elétrica, aspectos regulatórios do setor de energia, o tipo de biomassa que se pretende utilizar, as tecnologias disponíveis para a conversão do insumo escolhido e, por fim, a estrutura de capital aplicada ao financiamento do investimento.

Em relação às tarifas de energia elétrica, observa-se que os elevados preços da energia elétrica adquirida pelas distribuidoras aliados ao perfil de consumo das empresas do setor madeireiro são determinantes na viabilização do investimento. O custo evitado com a compra de energia elétrica costuma ser o parâmetro de maior relevância no retorno do investimento (FARRA, 2004).

No que tange aos aspectos do setor elétrico, é fato que as regras e regulamentos que regem o mercado de energia impactam significativamente o resultado dos investimentos em cogeração. A possibilidade de vender excedente de produção ao mercado *spot* ou até a concretização de um contrato de longo prazo através da comercialização de energia no ambiente regulado (CCEAR) são alternativas que devem ser consideradas no planejamento de cogeração. A definição da melhor estratégia de comercialização é fundamental para garantir a rentabilidade do negócio.

Em relação às tecnologias, é fundamental que o empresário esteja ciente daquelas que são empregadas nos processos e quais melhor se encaixam na realidade da companhia. Existem no mercado diferentes tipos de equipamentos, com valores e custos operacionais diferentes e com capacidades de geração/eficiência bastante distintas. Basicamente, os processos de conversão energética aplicados a biomassa podem ser segmentados em três grupos: processos físicos, termoquímicos e biológicos. Dentre estes, o que tem sido mais utilizado em cogeração é a conversão térmica, seja através da combustão, gaseificação, pirólise ou liquefação.

Sob o aspecto da biomassa, é evidente que o empresário irá selecionar aquele que é obtido através do próprio processo produtivo (resíduos) ou aqueles que são facilmente encontrados nas redondezas da planta industrial, mas deve-se atentar à forma de energia requerida e ao uso final desta. De qualquer forma, é importante que o empresário esteja ciente de que a energia gerada pelo combustível vai depender do poder calorífico do material e do conteúdo de



umidade do mesmo. Entende-se como poder calorífico a quantidade de energia por unidade de massa liberada na oxidação do combustível, sendo que altos teores de hidrogênio e carbono elevam o poder calorífico, enquanto o oxigênio e a umidade reduz a capacidade de combustão, já que parte da energia liberada será gasta na vaporização da água.

Alguns trabalhos nacionais já abordaram a cogeração a partir de resíduos florestais e estudaram alguns dos fatores impactantes supracitados, incorporando as vantagens da produção de eletricidade oriunda da biomassa. Pereira Jr. (2001) avaliou o potencial de geração de energia a partir de resíduos em uma fábrica de painéis de fibra de madeira e, por meio destes, o investimento em cogeração e a geração da própria energia. O autor adotou o método do Valor Presente Líquido e da Taxa Interna de Retorno e concluiu que a cogeração complementada por cavacos de madeira era inviável sob o aspecto financeiro, principalmente porque os preços praticados pela distribuidora de energia são baixos quando comparados aos investimentos requeridos.

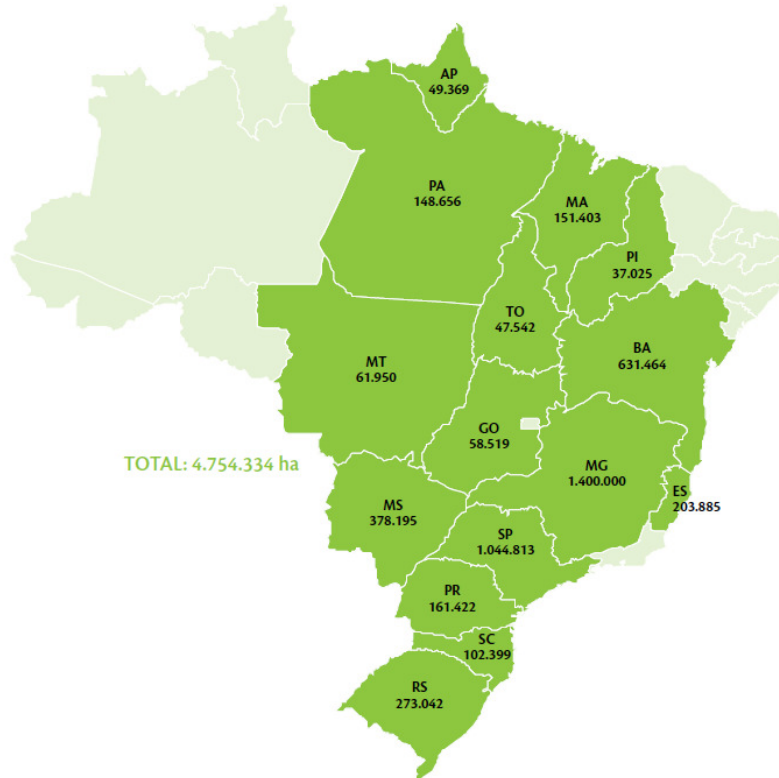
Bauer (2001) analisou os resíduos da exploração florestal sob aspectos ambientais e estratégicos, estudando os benefícios para os setores envolvidos e para a sociedade de um modo geral. Embora haja alguns estudos nacionais sobre cogeração e comercialização do excedente de energia, quase a totalidade dos mesmos abordam como biomassa o bagaço de cana de açúcar, deixando de lado a biomassa florestal, que é extremamente abundante no Brasil, restando ainda questões em aberto no que tange ao seu uso. Não foram encontrados na literatura estudos acadêmicos que incorporam resíduos florestais, cogeração, comercialização de excedente de energia e, o mais importante, que analisem o projeto pelas diferentes perspectivas geradas pelas flexibilidades gerenciais existentes nesses tipos de projeto, o que corrobora e justifica o presente estudo.

### **3.2. Potencial do Brasil em gerar Resíduos Florestais**

A necessidade de se investir em projetos de cogeração de energia a partir de resíduos florestais é reforçada ao se avaliar o potencial da indústria brasileira de processamento de madeira. Segundo dados da ABRAF (2011) – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, em 2010 a área ocupada pelo

plantio de Eucalyptus e Pinus totalizou mais de 6,5 milhões de hectares, sendo 73% deste volume referente à primeira espécie. Dentre os maiores produtores destacam-se os estados de Minas Gerais e São Paulo, que juntos representam mais da metade das áreas plantadas, conforme apresentado na Figura 2:

**Figura 2 - Área plantada Eucalyptus e Pinus por Estado**

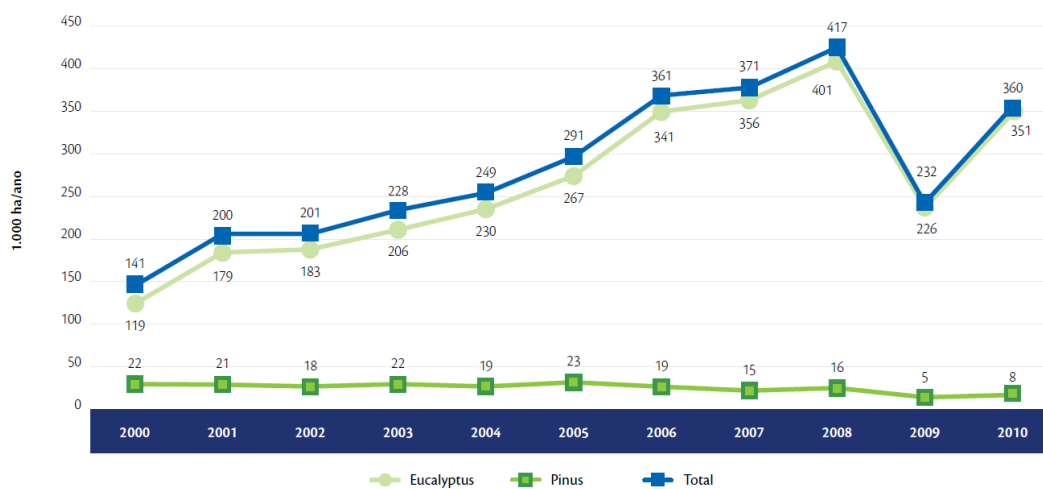


**Fonte: ABRAF (2011)**

O Brasil é um grande “player” internacional no segmento florestal, sendo os últimos anos caracterizados pela ampliação das áreas de plantio, investimento e consolidação de novas tecnologias que resultaram em um enorme ganho de produtividade. O país destaca-se ainda pelas tecnologias genéticas e de equipamentos destinadas ao setor, fatores estes que têm garantido a sustentação e expansão da competitividade desse segmento no contexto mundial. Em paralelo, percebe-se internamente um incremento no consumo de madeira, impulsionados principalmente pelas indústrias de papel e celulose, siderúrgicas, painéis de madeira e autoprodutores, todos atualmente influenciados por uma economia sustentável, que indiretamente reforça a necessidade do replantio e de um modelo de gestão baseado em sustentabilidade e uso racional dos insumos, o que inclui a própria energia.

No médio prazo espera-se que haja aumento das áreas de plantios florestais e intensificação dos investimentos na América do Sul, continente privilegiado por estar próximo à linha do equador e ter clima ideal para o cultivo de espécies como Eucalipto e Pinus. Em paralelo espera-se que os acordos de redução de emissão de gases poluentes direcione parte dos investimentos para este segmento. Ao mesmo tempo, a preocupação mundial por fontes renováveis de energia é outro fator que pode levar ao aquecimento deste setor ao longo das próximas décadas, tendência essa que já é realidade dado o aumento no número de negócios como biorrefinarias e os empreendimentos bioenergéticos. A expectativa de longo prazo é que o setor florestal cresça sua importância para a economia nacional. A Figura 3 demonstra a tendência de crescimento no número de hectares plantados por Eucalipto e Pinus no Brasil, tendo a curva sido prejudicada durante a crise financeira iniciada no segundo semestre de 2008.

**Figura 3 - Evolução da área florestal de Eucalyptus e Pinus das empresas associadas à ABRAF (2000-2010)**



**Fonte: ABRAF (2011)**

Parte do crescimento demonstrado na figura acima deve-se a excelente década que a indústria de painéis de madeira viveu. Durante esse período (2000-2010) a produção anual subiu de 2,6 milhões de toneladas para 6,5 milhões, o que equivale a um incremento médio anual da ordem de 8,7%. Segundo o próprio relatório da ABRAF (2011), as condições climáticas, as políticas de investimento em pesquisa e desenvolvimento, a verticalização do setor, a qualidade da mão de obra e o menor ciclo de colheita foram fundamentais para todo esse crescimento,

o que coloca o Brasil em uma posição de destaque quando comparado a outros países produtores dessas espécies, conforme evidenciado na Figura 4:

**Figura 4 - Comparação da produtividade florestal de coníferas e de folhosas no Brasil com outros países**



**Fonte: ABRAF (2011)**

É importante destacar que há uma crescente busca no cenário mundial por fontes alternativas e renováveis de energia, o que tem estimulado alguns países a alterar a estrutura das suas matrizes energéticas. Países como a Alemanha, Suécia e Dinamarca têm recebido incentivos governamentais para subsidiar projetos que se encaixem nessas categorias. Diante da elevação dos preços dos combustíveis fósseis, do receio por fontes nucleares de energia, estagnação da produção de carvão e escassez de áreas territoriais, já se especula a possibilidade de exportar biomassa como insumo energético para termoeletricas internacionais, por exemplo, através de briquetes ou cavacos de madeira transportados em grandes contêineres.

Conclui-se que há oportunidades para investimento em projetos de biomassa e o Brasil é uma potência mundial, seja por sua vocação e aptidão para o cultivo de produtos agrícolas/florestais cuja disponibilidade de grandes áreas cultiváveis, pela alta produtividade identificada na maioria destes produtos e inclusive pelos diversos programas governamentais de incentivo ao biodiesel, etanol, florestas energéticas e aproveitamento de resíduos agrícolas e pecuários.