



**GRUPO II  
GRUPO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS - GPT**

**BIOMASSA: POSTOS DE TRABALHO E EQUILÍBRIO DE CO<sub>2</sub>**

**Paulo Roberto F. de Moura Bastos \***  
**UFBA**

**RESUMO**

Após a reforma do setor elétrico era esperada maior participação da iniciativa privada na geração de energia elétrica, e com o PROINFA – Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica, criado em 2002, previa-se maior participação de tais fontes. Este artigo analisa os benefícios da biomassa para a economia e para o meio ambiente, propondo novos incentivos e subsídios, demonstrando que isto não significaria ônus para a sociedade. São analisados os postos de trabalho criados e a renda agregada com a implantação de duas “centrais típicas”, verificando-se que se pode ter como subsídio um parcela da arrecadação de impostos. São apresentadas outras sugestões visando um efetivo programa de geração de eletricidade a partir da biomassa.

**PALAVRAS-CHAVE**

Biomassa, equilíbrio de emissões, geração de energia, postos de trabalho, PROINFA.

**1 - INTRODUÇÃO**

A biomassa detinha uma participação de 48,2% do consumo na matriz energética brasileira em 1972 devido essencialmente à lenha que sozinha participava com 39,3%. Embora tal participação tenha caído para 24,1 em 2002, continua expressiva quando comparada à de outros países, devido ao bagaço e à cana de açúcar. Na geração de energia elétrica através biomassa a participação é significativa no setor de papel e celulose. Face à nova regulamentação do setor elétrico, facilitando maior participação do produtor independente e após 2002, com o PROINFA, era esperado maior crescimento da geração descentralizada. O insucesso da primeira chamada do Ministério de Minas e Energia (MME) visando a contratação de 1.100 MW de eletricidade oriunda da biomassa sinaliza que o preço do MWh estabelecido estava baixo, ou era difícil atender as condições do edital .

Para a geração de energia elétrica a partir da biomassa, embora haja queima, considerando a captura de CO<sub>2</sub> durante o crescimento das plantas há um balanço positivo, diferentemente portanto da queima de combustíveis fósseis. Em virtude da disponibilidade de terras agricultáveis e dos altos índices de desemprego, a geração de energia elétrica a partir da biomassa é uma solução extremamente viável para o Brasil. O setor do álcool por exemplo, gera mais empregos que o petróleo (1) e, tais empregos não requerem mão-de-obra com elevada qualificação contribuindo para a fixação da população no campo. O papel da biomassa no gerenciamento das emissões de carbono tem sido mais estudado nos ramos florestamento (novas plantações), reflorestamento e substituição de combustíveis fósseis por renováveis. A limitação das emissões conforme o Protocolo de Kyoto, a taxação pela emissão, ou mesmo os créditos do mecanismo de desenvolvimento limpo, muito contribuirão para a produção de energia elétrica oriunda da biomassa. Este artigo destaca os benefícios da biomassa, analisando para “centrais típicas” qual o patamar de subsídio que se poderia atingir em função do adicional de renda proporcionado ao trabalhador rural, e apresenta sugestões à política de incentivo às fontes alternativas de energia.

**2 - OBJETIVOS**

Este informe tem três objetivos específicos:

- Mostrar a importância da biomassa para produção de energia elétrica, especialmente como mitigadora das emissões e geradora de empregos;
- Caracterizar “centrais típicas”, padrão para produção de energia elétrica em duas escalas diferentes: mini-centrais com potência inferior a 1 MW e central de média potência, na faixa de 10 MW;
- Demonstrar que o PROINFRA, quando visto sob o aspecto macroeconômico, pode vir a ofertar maiores preços para o MWh produzido a partir da biomassa, mais um atrativo para os investidores.

\*Rua Clarival do Prado Valadares, 279 AP.204 – Salvador -Ba - Brasil  
Tel.: (0 71) 203-9763 - e-mail: pbastos@ufba.br

### 3 - BIOMASSA

Denomina-se biomassa toda matéria vegetal produzida pela fotossíntese, inclusive os resíduos florestais, animais, agrícolas, industriais e municipais que contenham matéria orgânica. Toda biomassa contém energia química armazenada, gerada pelos vegetais ao absorverem CO<sub>2</sub> da atmosfera, água e sais minerais do solo, desencadeando uma série de reações químicas sob o efeito da energia solar. Quando se fala de biocombustíveis, trata-se da biomassa com a finalidade de produção de energia. A biomassa que foi a principal fonte de energia antes dos ciclos do carvão mineral e petróleo, voltou a ser uma fonte altamente viável devido às crises do petróleo (anos 70) e à maior preocupação ambiental. Ultimamente têm sido intensas as pesquisas relativas a tecnologias mais eficientes para conversão da biomassa em energia bem como aquelas referentes às plantações energéticas (espécies que mais se caracterizam como biocombustíveis). Exemplo bem sucedido é o Programa Brasileiro do Alcool desenvolvido após 1977 para substituição da gasolina e que hoje é referência mundial no setor.

O comportamento das diferentes biomassas tem sido objeto de análise no que diz respeito a absorção de gás carbônico e produtividade. Comparando-se o balanço entre captura e emissão de CO<sub>2</sub> pela biomassa e a emissão quando da queima dos combustíveis fósseis, a conclusão é favorável a todas as biomassas, representando aproximadamente 70 kg de CO<sub>2</sub> que podem ser evitados para cada GJ de energia fóssil substituída; apenas para os etanóis obtidos da batata e do trigo as emissões evitadas são inferiores a 55 kg(2). Com relação aos processos de fixação do CO<sub>2</sub>, os vegetais se classificam em dois grupos com características distintas quanto a rendimento e eficiência na conversão da radiação solar (3). O primeiro grupo, plantas C-3, abrange todas as árvores e a maioria das espécies, é assim denominado pois na seqüência de reações da conversão da energia solar, o primeiro produto da fotossíntese é uma molécula de 3 átomos de carbono. As plantas do grupo C-4 (o primeiro produto tem 4 átomos de carbono), são as gramíneas como milho, sorgo, cana de açúcar, se caracterizam por efetuarem a fotossíntese sob temperaturas mais elevadas (30 a 47°C), suportarem mais a radiação solar, menor exigência hídrica; resultam em maior produtividade energética por hectare, maior assimilação líquida de gás carbônico, e para estas há muito o que se pesquisar pois o cultivo está concentrado em poucas espécies.

Quanto a produtividade, o cultivo de colheitas com fins energéticos utilizando poucos recursos externos (adubos, fertilizantes, trator, etc) apresenta um menor resultado do indicador GJ/hectare/ano, entretanto um melhor balanço relativo a emissões de CO<sub>2</sub> (2). NOGUEIRA et al (3), apresenta a produção e ciclo de corte para algumas espécies, destacando a produtividade dos pinheiros e eucaliptos, estes podendo atingir até 40 m<sup>3</sup>st/ha/ano. O eucalipto mais difundido é a espécie *Eucalyptus Globulus*, que não se desenvolve bem em regiões com pouca insolação, pouca água e frio, existindo grandes áreas plantadas no mundo (no Brasil, mais que 2,5 milhões de hectares). Há pesquisas considerando o indicador produção/necessidade (ou saída/entrada energética), em regiões com distintas características de insolação, precipitação e temperaturas ambiente. (4).

Para resíduos agrícolas, o conteúdo energético é obtido a partir da produção dos mesmos em toneladas/hectare, do tipo de resíduo e da matéria seca, associado ao poder calorífico médio (em torno de 15,7 MJ/kg de matéria seca), que depende de vários fatores como conteúdo de umidade, carbono, hidrogênio, etc; estimativas para culturas brasileiras (arroz, milho, soja, etc), apontam um potencial de 76.056 GWh anuais (1), embora todo este potencial não possa vir a ser aproveitado devido a perdas, localização das centrais e dos resíduos, transporte, etc, é bastante viável o uso energético dos resíduos em estados com elevada produção agrícola.

Quando da implementação de centrais geradoras deve-se considerar além dos aspectos econômicos, ambientais e tecnológicos, outros fatores como população atingida, e impacto macro-econômico devido à abertura de novos postos de trabalho, essencial para concessão de incentivos, ou melhor, uma completa análise do ciclo de vida (LCA), visando avaliar e reduzir os impactos ambientais (2). O uso da biomassa para produção de eletricidade em centrais acima de 20 MW, deve melhor avaliar os aspectos ambientais; em países como Suécia, Dinamarca e Finlândia, tem havido o incentivo ao uso da biomassa em centrais deste porte, buscando-se substituir a queima do carvão mineral mas continuam sendo pesquisadas a corrosão, sujeira, e as conseqüências dos produtos residuais e das plantas de tratamento. São exemplos de sucesso centrais no Brasil e Estados Unidos queimando resíduos de arroz, e na Grã Bretanha usando salgueiros e álamos geneticamente modificados (5).

#### 3.1 Tecnologias Viáveis

São aqui descritas aquelas mais viáveis para resíduos agrícolas (arroz, algodão, milho, etc), óleos vegetais e florestas cultivadas, embora existam outras tecnicamente viáveis como biodigestores, pirólise e incineração.

##### 3.1.1 Combustão Direta

A combustão direta se presta a uma grande variedade de combustíveis sólidos, acontecendo a mistura do combustível e ar, e produzindo calor e gases como vapor d'água, nitrogênio e CO<sub>2</sub> que são lançados na atmosfera. O calor liberado do combustível pode ser usado como vapor de processo ou para produção de energia elétrica. Pode-se usar a biomassa juntamente com outro combustível reduzindo a eficiência porém contribuindo para redução das emissões. A necessidade da redução da emissão de particulados associados à queima direta da biomassa a níveis ambientalmente aceitáveis pode ser resolvida através do emprego de multiciclones, precipitadores de gases e outros, sendo mais um problema econômico que tecnológico. A eficiência da combustão

direta situa-se em torno de 30%, mas há autores que indicam até 40% (1), e os combustíveis mais usados são: bagaço de cana de açúcar, lenha, eucalipto, resíduos de arroz, madeira, bambu, soja, milho.

### 3.1.2 Gaseificação

A gaseificação da biomassa é um processo termoquímico visando obter combustível mais eficiente; os gaseificadores têm grande variedade tecnológica, podendo ser classificados quanto à pressão de trabalho em gaseificadores de baixa pressão (trabalham à pressão atmosférica) e de alta pressão, operando em torno de 3 a 4 MPa. Dentre as vantagens da gaseificação com respeito a combustão direta, duas se destacam:

- permitir o uso em ciclos combinados com gaseificadores e turbinas a gás nos sistemas BIG/GT (a CHESF tem um projeto, Brazilian Wood, para produção de 30 MW em ciclo combinado);
- viabilizar o uso da biomassa utilizando o gás diretamente num motor de combustão, sem necessidade do ciclo de vapor, quando em pequena escala (3).

Há os gaseificadores do tipo “leito em movimento”, simples e baratos, usados na queima de resíduos agrícolas, industriais e lenha, mas que necessitam melhor análise das emissões. Há os gaseificadores de “leito fluidizado”, nos quais obtém-se gás limpo, com baixo teor de alcatrão, viáveis para combustíveis menos densos e sistemas de maior capacidade, processo já bastante empregado na Europa e no Brasil em duas empresas do setor de papel e celulose (1). Países como Suécia e Finlândia têm experimentado o processo de gaseificação denominado IGCC (*pressurized Integrated Gasification Combined Cycle*), com eficiência de até 45%. BEENACKERS, e MANIATIS (5) resumem resultados operativos de várias plantas em diversos países, descrevendo o estado da arte na gaseificação da biomassa, sintetizando os sistemas comercialmente disponíveis, dentro de uma larga faixa de potência, destacando o rápido progresso alcançado no controle das emissões em programas europeus.

### 3.1.3 Fermentação

A fermentação é um processo biológico no qual pode-se obter álcool a partir da biomassa, na presença de elevada umidade e temperaturas próximas à do ambiente. Normalmente não se presta para a geração de eletricidade em larga escala pois o produto obtido (álcool) se usado em motores de combustão associados a geradores elétricos, por exemplo, resulta em uma cascata de conversões tornando o processo antieconômico. Em menores proporções tem que ser analisado especificamente pois pode-se tornar viável em rincões distantes da região amazônica e outras, devido a dificuldades de transporte, empregabilidade, sustentabilidade e outros fatores. Sendo o álcool fácil de estocar e transportar, seu maior emprego é realmente na substituição de derivados de petróleo, podendo ser obtido a partir da madeira, cana de açúcar, milho, mandioca, etc. Deve-se registrar o uso do etanol e metanol no Brasil e Estados Unidos, e o interesse de outras nações, como Índia e China atesta o êxito do Programa do Álcool Brasileiro. Também, até alguns anos atrás, eram usados motores de combustão a álcool acoplados a geradores, no suprimento de energia elétrica a comunidades isoladas na Amazônia e na Bahia.

### 3.1.4 Óleos Vegetais

Podem ser usados energeticamente nos modos: natural, misturados ao diesel, por craqueamento catalítico e transesterificados, sendo aqui tratados os dois primeiros pois podem ser empregados em motores de combustão ou turbinas a vapor, enquanto os outros são mais complexos e não se prestam para o uso em pequena ou média escala (1). Várias pesquisas já foram realizadas em centros de pesquisas europeus e brasileiros visando a utilização de óleos vegetais diretamente em motores diesel para geração de eletricidade, a exemplo do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento do Estado da Bahia, que no final da década de 1980 pesquisou óleos de soja, dendê (*elaeis guineensis*) e amendoim. Termelétricas usando óleos vegetais não têm sido implantadas devido ao alto custo do kWh mas podem ser alternativas energéticas para mini-centrais (até 500 kW). No Brasil, as opções com óleo vegetal *in natura* ou a mistura com o diesel, certamente são viáveis na eletrificação de localidades isoladas, propriedades rurais ou agroindústrias; em COELHO et al (1) é descrito um projeto demonstrativo, no qual foi suprida a localidade de Vila Boa Esperança no Pará, sendo instalados 106 kW, estruturado para funcionar com óleo de dendê numa plantação de 15 hectares. Pesquisas sugerem o pré-aquecimento do óleo e que se inicie e encerre a operação usando o próprio diesel, evitando incrustações e retardando a manutenção.

A mistura dos óleos vegetais ao diesel já foi experimentada em proporções de até 30%, semelhante ao efetuado com o álcool/gasolina, e em 06.12.2004 o Governo Federal autorizou até 2% de mistura de óleos de dendê, soja, mamona, e girassol ao diesel do petróleo (Medida Provisória 227, e Decretos 5.297 e 5.298); neste Programa há diferenciação por região, tipo de oleaginosa, categoria de produção e incentivos como isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados e financiamento pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.

## 3.2 Biomassa Mitigadora das emissões

O crescimento da população mundial, o desenvolvimento econômico das sociedades e das suas necessidades energéticas, têm levado a uso antes não imaginado das fontes de energia. Fontes não renováveis como carvão, petróleo, gás natural e urânio acabarão neste ou nos próximos séculos mantidos os atuais níveis de consumo, e além do mais as três primeiras são altamente danosas ao meio ambiente visto que suas queimas ocasionam danos como chuva ácida e contribuem para o efeito estufa. O uso da biomassa para produção de eletricidade ou

calor contribui para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, e conseqüente redução do efeito estufa e do aquecimento global. As emissões de NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub> podem ser mantidas em níveis toleráveis em função dos processos de conversão e da instalação de filtros. A legislação europeia e norte-americana tem mudado, propondo-se taxas e incentivos para maior uso das fontes renováveis. O Protocolo de Kyoto, resultado do encontro realizado no Japão em 1997 objetivando a redução dos chamados gases efeito estufa (gás carbônico, metano, e outros), propõe um compromisso de redução gradativa de modo a chegar a 2012 com 5% menos emissões que aquelas do ano 1995, fazendo crescer bastante a possibilidade de comercialização dos créditos de carbono.

A Comunidade Europeia tem oferecido incentivos à pesquisa visando a melhoria da eficiência dos processos de conversão e a verificação das espécies que apresentam maior rendimento por hectare. As agências reguladoras de países como Suécia, Dinamarca, Reino Unido, Portugal, França, Finlândia e Alemanha têm programas de pesquisa e desenvolvimento na área de biomassa. A Dinamarca, um dos primeiros a regulamentar a redução de emissões de gás carbônico, em 1990, antes da Rio-92, estabeleceu a meta de redução em 20% para o ano 2.005 dos níveis de emissão tomando como referências as emissões de 1988. A Alemanha, através acordos políticos internos quer substituir toda a energia nuclear por renovável até o ano 2020. A Finlândia, hoje um dos países europeus com maior participação da biomassa na matriz energética, tem 26% da produção de energia primária e 18% da energia elétrica oriunda de centrais que vão desde 5 MW até 154 MW elétricos (6). Há estudos buscando determinar o custo por tonelada evitada de emissão e quantificar os créditos do mecanismo de desenvolvimento limpo em centrais operando com biomassa na Nicarágua, Irlanda e Holanda, concluindo que com a geração a partir da biomassa cultivada são evitadas 19 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectare/ano (7). A taxa ou a limitação das emissões são motivações para o investimento em geração de energia elétrica a partir da biomassa, podendo esta contribuir para o desenvolvimento sustentável, como efetiva mitigadora das emissões.

### 3.3 Biomassa geradora de empregos

O país necessita gerar empregos e manter o homem no campo, visando não mais crescer a população urbana. Verifica-se que o setor petróleo tem uma relação de 0,045 empregos por barril equivalente de petróleo, o setor energia elétrica 0,150, o setor carvão 0,192 e o setor álcool 6,854 e assim o setor petróleo é aquele que relativamente menos emprega, enquanto o setor álcool emprega proporcionalmente 152 vezes mais (1). O Brasil reúne facilidades para a implantação de um programa visando o uso da biomassa com fins energéticos pois há grandes extensões territoriais não exploradas pela agricultura, a tecnologia está disponível, e o grau de insolação e boa frequência de chuvas características do clima tropical favorecem o crescimento das plantas, além do que o cultivo da biomassa é intensivo em mão de obra.

A quantidade de pessoas empregadas varia entre regiões e países, bem como conforme os diversos tipos de cultura. Como exemplo, na Holanda as plantações de eucalipto e de salgueiro requerem uma média de 6 trabalhadores por hectare, enquanto a cultura de cânhamo necessita 17 trabalhadores/ha (8). Há estudos comparativos da produção de energia elétrica a partir do diesel e da biomassa cultivada: na Nicarágua, chega-se à criação de 15 postos de trabalho por MW para geração com diesel e a 50 postos no caso da geração com biomassa; na Holanda, agricultura mais mecanizada, há a criação de 4 postos de trabalho com geração de energia elétrica a partir do gás natural e a 8 postos de trabalho utilizando biomassa (7).

Há trabalhos que procuram desconsiderar os impactos de natureza macro-econômica. STEININGER (9) propõe um modelo macro econômico definindo estrutura de preços e produção, a demanda agregada, comparando a geração a partir da biomassa e de origem fóssil; estimou que o preço do kWh originário da biomassa era até 50% maior e concluiu que embora mais intensiva em mão de obra, a biomassa não contribui para a redução do desemprego; este autor considerou a biomassa obtida apenas das aparas de madeira e das florestas de cultivo mais rotativo, tomou uma reta para a função intensidade de mão de obra versus custo relativo da biomassa e sem maiores justificativas supôs que a biomassa seria apenas 35% mais intensiva em mão de obra, o que certamente explica as conclusões equivocadas a que chegou. Na maioria dos estudos comparativos de postos de trabalhos necessários à operação de centrais elétricas operando com combustível fóssil e com biomassa, a relação mínima é de 4:1 em favor da biomassa. GRASSI (10), apresenta uma planta de 10 MW elétricos, biomassa gaseificada, possibilitando um total de 86 postos de trabalhos, dos quais 54 na produção da biomassa, média de 8,6 postos/MW. Estes valores são bem compatíveis com os 8 postos/MW em centrais a biomassa na Holanda (7).

Pode-se dizer que em média para cada posto de trabalho criado na produção do combustível fóssil, são criados cinco postos na produção de biocombustível (10). Neste trabalho os estudos de caso são relativos ao biodiesel a partir do cultivo do dendê, e a áreas reflorestadas; para o dendê, as informações obtidas junto a produtores na Bahia, conduzem a 0,167 trabalhadores/ha e mais alguns na produção de óleo, e para o reflorestamento com eucalipto são usadas as estimativas de CARPENTIERI (11), comparadas a BROEK (7).

## 4 - ESTUDO DE CASO

São consideradas duas plantas piloto nos estudos de caso:

- a primeira uma central com motor-gerador, utilizando motor diesel adaptado para a queima de biodiesel, com potência em torno de 200 kW, sendo tomado o óleo de dendê como combustível, e que poderia vir a ser uma central típica para os sistemas isolados, especialmente aqueles situados na região Amazônica;

- a segunda, uma central de 10 MW elétrico utilizando a tecnologia IGCC e queimando madeira reflorestada, central típica para situar-se próxima a zonas já reflorestadas atualmente existentes.

Para ambas as centrais tomou-se vida útil de 20 anos, despesas anuais de manutenção aproximadamente 2,5% do investimento e taxa de descontos de 10% ao ano. As principais características estão mostradas na Tabela 1.

TABELA 1 – Características das Usinas do Estudo de Caso.

Característica	200 kW - Dendê	10 MW - Madeira
Fator de carga	0,6	0,8
Rendimento	27,5%	40%
Poder calorífico (kCal/kg)	9.675	3.300
Energia anual produzida (MWh)	1.051	70.080
Preço combustível (R\$/t)	1.200,00	29,43
Produção média	6t/ha	30 m <sup>3</sup> /ha
Investimento (mil reais)	160	25.000
Indicador (MWh/posto de trabalho)	22,4	161,1
Custo R\$/kWh	471,30	131,10

#### 4.1 Central de 200 kW, usando óleo de dendê

Esta seria uma central semelhante a outras usadas nos sistemas isolados no país, constituída de um motor diesel, combustão interna, adaptado para o biodiesel. Além dos dados típicos apresentados na Tabela 1, na qual o investimento inclui grupo-gerador, obras civis e rede primária de distribuição, foi estimada a produção média de dendê em 6 t/ha, com extração de óleo na base de 20% ou seja, 1,2 t/ha. Considerando que cada agricultor cultiva uma média de 6ha (dado da região sul da Bahia, próxima ao município de Valença, inclusive denominada “Costa do Dendê”), chega-se a produção anual de 11,61 Gcal por hectare o que demandaria 284,5 ha, correspondendo a 47 postos de trabalho no campo e mais cinco operando a central. Visto que se deseja uma análise diferencial em relação às outras fontes alternativas ou a substituição do diesel nas mini-centrais dos sistemas isolados, são considerados apenas os 47 trabalhadores adicionais envolvidos no cultivo e colheita da biomassa, pois ou outros 5 operadores são comuns. O indicador energia elétrica produzida por posto de trabalho é:

$$\text{Indicador [MWh/Posto]} = (1.051 \text{ MWh/ano}) : 47 = 22,4. \quad [1]$$

O custo anual é de R\$495.334,00 o que corresponde a R\$471,30 por MWh ou 168 US\$/MWh (valor do dólar R\$2,80, dezembro de 2004). O total gasto com o biodiesel é de R\$389,76/MWh, valor bem próximo à média dos gastos atuais do sistema isolado com óleo diesel, R\$382,64/MWh, conforme relatórios relativos à Conta de Consumo de Combustíveis (12). Como não há publicações oficiais apresentando a renda média do trabalhador rural por região no país, a mesma foi estimada em 80% do salário mínimo ou renda anual de R\$2.496,00. Cada pequeno agricultor cultivando 6 ha, pode obter 7,2 toneladas de óleo que significa uma renda anual de R\$8.640,00; isto corresponde a um adicional de renda de R\$6.144,00. Como este agricultor estaria ainda em uma faixa de renda que não permite poupança, toda sua renda adicional seria usada na compra de bens e produtos; considerando a carga tributária média brasileira de 38%, resulta que tal percentual sobre o adicional de renda se constituiria em um imposto extra para o governo, correspondendo a R\$2.334,72 por posto de trabalho; tomando-se a média de 22,4 MWh produzidos por posto, poderia haver um subsídio dado pela expressão seguinte:

$$S = (\text{Imposto adicional/posto}) : (\text{MWh/Posto}) = 2.334,72 : 22,4 = \text{R}\$104,23/\text{MWh} \quad [2]$$

Há autores que citam que já se chega a produção de 15 a 20 toneladas de dendê por hectare em algumas regiões do Pará. Variou-se a produção por hectare desde 6 até 18 toneladas (34,8 Gcal/ha), e considerada uma redução na capacidade de cultivo de cada agricultor desde 6 até 4 hectares, ainda assim a renda agregada cresce, bem como o subsídio possível. Obviamente que com maior produtividade o número de postos de trabalhos criados decresce e no valor limite de 18t/ha, cada agricultor cultivando 4 ha, seriam criados apenas 24 postos. O indicador MWh/Posto se elevaria a 44,3, a renda anual agregada atingiria R\$14.784,00 por agricultor e o subsídio poderia chegar a R\$126,82/MWh que seria algo ainda mais favorável; tais resultados são mostrados na Figura 1.

#### 4.2 Central de 10 MW com madeira reflorestada

Tomou-se uma central com potência instalada de 10 MW, utilizando eucalipto cultivado e tecnologia gaseificador em leito fluidizado circulante, sob pressão, IGCC, similar ao projeto Biocycle da Dinamarca (5), cujas características típicas estão mostradas na Tabela 1, destacando que a produção média chega a 166 GJ/ha com base de 400 kg de biomassa/m<sup>3</sup>st, necessitando-se cultivar uma área de 3.800 ha/ano, e que o investimento de 25 milhões de reais corresponde a 916US\$/kW,. O custo de energia produzida (R\$131,10/MWh) está compatível com o calculado pelo MME por ocasião da Chamada Pública (R\$116,05 e R\$121,85 para as duas regiões do país, Tabela 2), não cabendo comparações com dados europeus (7).

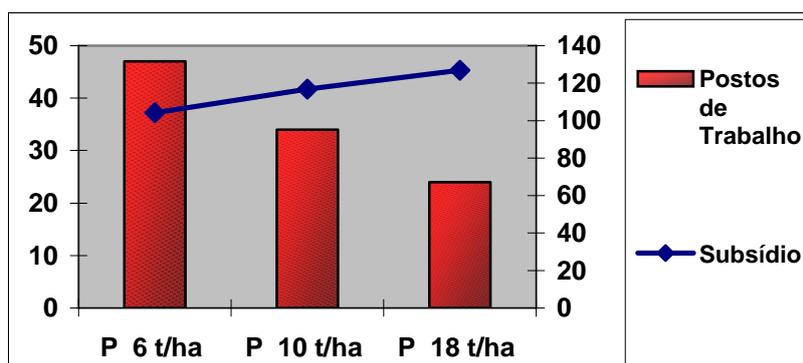


FIGURA 1 – Número de postos de trabalho e subsídio em R\$/MWh em função da produtividade P.

Quanto ao cultivo, sendo 7 anos o tempo de maturação do eucalipto, seriam necessários no total 26.600 hectares significando a criação de 435 postos de trabalho, mesmos números de CARPENTIERI (11). Deste modo, o indicador energia elétrica produzida por posto de trabalho é:

$$\text{Indicador [MWh/Posto]} = (70.080 \text{ MWh/ano}) : 435 = 161,1 \quad [3]$$

De modo inverso seriam 6,2 novos postos de trabalho por GWh produzido. Esta planta seria muito mais mecanizada que a do biodiesel, e não favoreceria em muito o pequeno produtor; admitindo que apenas 50% da receita com a madeira retorne ao trabalhador isto corresponderia a R\$6.5466,54 de renda anual e ainda estimando que o trabalhador destas áreas tem hoje uma renda mensal de 80% do salário mínimo, a renda anual adicional é de R\$3.970,53. Para a mesma carga tributária, retornaria ao governo como arrecadação extra de impostos cerca de R\$1.508,80/posto de trabalho criado, podendo o subsídio ser determinado pela expressão:

$$S = (\text{Imposto adicional/posto}) : (\text{MWh/Posto}) = 1,508,80 : 161,1 = R\$9,37/\text{MWh} \quad [4]$$

O valor do subsídio proposto para esta planta embora bem inferior àquele encontrado para a planta de biodiesel, representa 7,1% do valor da energia produzida. Para aprimorar a metodologia deveria ser melhor pesquisada a renda atual dos trabalhadores rurais bem como a mecanização empregada em fazendas de reflorestamento, permitindo melhor apurar a renda adicional anual por posto de trabalho.

## 5 - PROINFRA: ATUAL E PROPOSIÇÃO

A Lei 10.438 de abril de 2002, dentre outras coisas, criou o PROINFRA – Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica, sendo tal lei alterada pela Lei 10.761 (11.2003), regulamentada pelos Decretos 4.451 de 23.12.2002 (quase todo revogado posteriormente) e 5.025 de 30.03.2004, e também pela Portaria 45 de 30.03.2004, além de Resoluções da ANEEL. Ficou definido que na primeira etapa está assegurada a compra pela ELETROBRÁS, durante o período mínimo de 20 anos, da energia produzida através de centrais com potência instalada de 3.300 MW a partir das fontes biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e eólica (1.100 MW para cada fonte), centrais estas que venham a operar até dezembro de 2006. Quando se propõe Programas de Incentivo à produção de energia através fontes limpas e renováveis, é porque estas apresentam ainda custo inicial elevado e apenas através de isenção de impostos ou incentivos fiscais pode-se conseguir maior penetração nos mercados e difusão de tecnologias. Sob este ângulo, a Lei 10.438 apresenta dois grandes equívocos: prever recursos para o gás natural e o carvão mineral, tecnologias por demais conhecidas, fontes não renováveis e muito poluidoras, e o segundo, não objetivar uma redução futura de preços e a retirada parcial ou total dos incentivos. Após discussões e encontros houve uma consulta pública, aberta até 31 de julho de 2003, realizada pelo Ministério de Minas e Energia objetivando a definição da metodologia e parâmetros utilizados no valor econômico de referência para as diversas fontes. Na referida Consulta os preços eram diferenciados por região e fonte, e na Tabela 2 são mostrados apenas os preços para a biomassa, sendo omitidos os da PCH e da eólica (mas o preço da eólica era variável segundo uma função, tendo como limites os fatores de carga 0,34 e 0,44).

TABELA 2 – Preços da Consulta Pública, em R\$/MWh para as diversas fontes (origem MME).

FONTE		Regiões do Norte Nordeste (abrangidas pelas extintas SUDAM e SUDENE)	Demais Regiões do País
Biomassa	Setor arrozeiro	108,17	112,67
	Madereiro	116,05	121,85
	Sucroalcooleiro	119,61	89,59
	Biogás	166,31	170,12

Não cabe aqui discutir a metodologia mas apenas destacar que:

- o capital estava sendo remunerado a taxas elevadas, 14,89%, especialmente quando se considera os prazos contratuais (na ocasião ainda 15 anos, alterados para 20 anos, pela Lei 10.761);
- não haviam sido analisadas as diferenças quanto a difusão e tipos de tecnologias e como isto implicaria nos custos de operação e manutenção. Em verdade, face a pouca difusão da eólica provavelmente esta fonte terá maiores custos de manutenção, ou há um maior risco;
- para a eólica deveria haver um fator de carga mínimo aceitável – em torno de 0,4, e não permitir preços maiores para fatores de carga menores;
- a diferenciação por região era positiva (mas foi retirada quando da Chamada Pública), visto que os mecanismos de incentivo devem realmente considerar especificidades políticas e regionais.

O Decreto 5.025, referência para a Chamada Pública da ELETROBRÁS, estabelece o índice mínimo de nacionalização das centrais em 60% para quaisquer das fontes, o IGPM – Índice Geral de Preços do Mercado da Fundação Getúlio Vargas como parâmetro para reajustes, e autoriza o MME através Portaria a estabelecer o valor econômico a ofertar. Assim, através Portaria 45 do MME de 30.03.04 foram definidos os pisos e os Valores Econômicos da Tecnologia Específica da Fonte (VETEF), reproduzidos na Tabela 3. Os pisos foram estabelecidos na base de percentuais da Tarifa Média Nacional de Fornecimento ao Consumidor Final relativa ao ano anterior à Lei, ou seja R\$167,16, ficando em 50%, 70% e 90% para as fontes biomassa, PCH e eólica respectivamente.

TABELA 3 – Preços e pisos, em R\$/MWh para as diversas fontes (origem MME).

FONTE		VETEF (R\$/MWh)	Piso (R\$/MWh)
Biomassa	Setor arrozeiro	103,20	83,58
	Madereiro	101,35	83,58
	Bagaço de Cana	93,77	83,58
	Biogás de Aterro	169,08	83,58
Eólica	Fator Carga $\leq 0,324$	204,35	150,45
	$0,34 < FC < 0,419$	Variável equação	150,45
	Fator de Carga $\geq 0,419$	180,18	150,45
PCH		117,02	117,02

O Decreto e Portaria citados continuaram privilegiando o investidor ao manter as elevadas taxas de remuneração do capital, o reajuste pelo IGPM (não estimulando redução futura de preço), e para energia eólica os preços ofertados que continuaram elevados para as centrais com baixos fatores de carga (tratamento que não é similar para as PCH cujas vazões efluentes são muito influenciadas pela retirada da água para abastecimento e irrigação). Por outro lado, a diferenciação regional que era um ponto positivo na Consulta Pública do MME foi descartada. Realizada a primeira Chamada Pública pela Eletrobrás, data limite 10.05.2004, puderam ser contratados os 1.100 MW de energia eólica e PCH mas apenas cerca de 375 MW de biomassa, sinalizando ou desinteresse dos produtores (os valores econômicos ofertados estavam baixos), ou que os mesmos não estavam preparados para atender o edital no que diz respeito a projetos técnica e ambientalmente viáveis. Com o sucesso parcial da segunda Chamada Pública para complementação da biomassa verifica-se que o problema era mais de falta de licenças ambientais que de preços.

Programas de incentivos devem estar inseridos em políticas e estratégias governamentais, que considerem variáveis como difusão tecnológica, nacionalização, número de empregos gerados nas fases de implantação e produção, e outras. Na Tabela 4 há uma comparação qualitativa de alguns destes aspectos, através de graduação (baixo, médio ou alto), que também pode ser feita de modo quantitativo a partir de fatores de mérito, por exemplo. Para a biomassa, a graduação “médio” para a difusão tecnológica é porque o uso de gaseificadores e do biodiesel ainda não estão tão difundidos quanto por exemplo a combustão direta ou as técnicas de co-geração empregadas nos setores sucroalcooleiro, e de papel e celulose. Na qualidade dos dados históricos, para o desenvolvimento dos projetos das PCH dispõe-se de dados de vazão relativos a vários anos, entretanto os dados de velocidade de vento no país, na maioria dos sítios, é fruto de medições realizadas apenas nos últimos dez anos, em estações atualmente já desativadas, daí a graduação “baixo” para a energia eólica.

TABELA 4 – Análise qualitativa de aspectos a considerar nas políticas e estratégias para Fontes Alternativas.

ASPECTOS	BIOMASSA	EÓLICA	PCH
Postos de trabalho/energia produzida	Alto	Baixo	Baixo
Número de postos na implantação	Médio	Médio	Alto
Difusão tecnológica	Médio	Baixo	Alto
Nacionalização	Médio	Baixo	Alto
Impacto ambiental	Médio	Baixo	Baixo
Preço atual	Médio	Alto	Médio
Qualidade dos dados históricos	Alto	Baixo	Alto

Quando se compara estas três fontes alternativas verifica-se as vantagens das pequenas centrais hidrelétricas e da biomassa, o que já justificaria por exemplo uma participação não igualitária e portanto maior para estas duas, especialmente a biomassa devido à disponibilidade de terras agricultáveis e aos índices de desemprego .

Retomando exemplos da união européia, o programa de bioenergia é responsável pela criação de 9 milhões de postos de trabalhos nos últimos vinte anos e alcançada a meta de 230 TWh até 2010 seriam criados mais 400 mil novos postos diretos e indiretos (10). Conforme estudos de caso apresentados no item anterior, criando-se um indicador como postos de trabalho por GWh verifica-se que estes números são da ordem de 6,2 (reflorestamento) a 22,6 (biodiesel, maior produtividade), compatíveis portanto com outras referências (7).

## 6 - CONCLUSÃO

Face ao exposto pode-se concluir:

- A biomassa é uma fonte alternativa que contribui significativamente para a redução das emissões, podendo evitar cerca de 70 kg de gás carbônico para cada GJ de energia de origem fóssil substituída;
- No Brasil há grande possibilidade de geração com biomassa através da co-geração nos setores sucroalcooleiro, papel e celulose, ou centrais usando resíduos da agricultura, reflorestamento e biodiesel a partir de culturas como o dendê, mamona, girassol ou soja;
- Com base apenas no número de postos de trabalho criados, na renda agregada ao trabalhador rural e na carga tributária média brasileira, pode-se conceder subsídios para a biomassa que vão desde R\$9,37/MWh para a madeira até R\$104,23/MWh para o óleo de dendê.;

As políticas para fontes alternativas devem considerar diferenças regionais e incentivar uma redução futura de preços. Por ser uma tecnologia difundida, as PCH podem futuramente ser retiradas das políticas e na segunda etapa do PROINFA, em função da contribuição para a fixação do homem no campo, da criação de novos postos de trabalho e por movimentar maiores recursos na economia, a biomassa deveria ser priorizada.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) COELHO, S. T.; PALETTA, C. E. M., FREITAS, M. A. V. – “Medidas Mitigadoras para Redução de Gases de Efeito Estufa na Geração Termelétrica”, Dupligráfica Editora, ANEEL, CENBIO e outros, Brasília, 2000.
- (2) KALTSCHMITT, M.; REINHARD, G.A.; STELZER, T. – “LCA of Biofuels under Different Environmental Aspects”; Proceedings of the 9<sup>th</sup> European Bioenergy Conference, Denmark, June, 1996 (p.369-386).
- (3) NOGUEIRA, L. A. H., LORA, E. E. S., TROSSERO, M. A., FRISK, T. - “Dendroenergia: Fundamentos e Aplicações”, Brasília, ANEEL, 2000.
- (4) NONHEBL, S. – “Energy yields in intensive and extensive biomass production systems”, Revista Biomass & Bioenergy, Vol. 22, No. 3, março/2002 (p.159-167).
- (5) BEENACKERS, A.A.C.M., MANIATIS, K. – “Gasification Technologies for Heat and Power from Biomass”; Proceedings of the 9<sup>th</sup> European Bioenergy Conference, Denmark, June, 1996 (p. 228-259)..
- (6) HULKKONEN, Seppo; ÄIJÄLÄ, M.; - “Experiences from Several Commercial Biomass Power Plants in Finland”, Proceedings of the 8<sup>th</sup> Ebiennial Conference, Volume 1, Madison, Wisconsin, october 1998 (p.124 - 133).
- (7) BROEK, R. Van den; WIJK, Ad van; TURKENBURG, Wim. – “Electricity from energy crops in different settings: a country comparison between Nicaragua, Ireland and the Netherlands”, Biomass & Bioenergy, Vol. 22, N<sup>o</sup>. 2, February/2002 (p.79-98).
- (8) BIJL, G. Van der. – “Sustainability of production and use of biomass for European Supply”, Proceedings of the 9<sup>th</sup> European Bioenergy Conference, Denmark, June, 1996 (p.387-392).
- (9) STEININGER, K. W., - “Biomass energy supply in a world of unemployment: an empirical analysis of potential labor market benefits”, Proceedings of the 8<sup>th</sup> Ebiennial Conference, Volume 1, Madison, Wisconsin, october 1998 (p.220 - 229).
- (10) GRASSI, G. – “Potential Impact of Bioenergy Activity on Employment”; EUBIA – European Biomass Industry Association; Proceedings of the 9<sup>th</sup> European Bioenergy Conference, Denmark, June, 1996 (p.419-424).
- (11) CARPENTIERI, E. – “The Wood Brazilian Big-GT Demonstration Project”, Firt Biomass Conference of yhe Americas, Proceedings, Volume I, Vermont, August-September, 1993 (p.393-403).
- (12) Página na internet, [www.eletrabras.gov.br](http://www.eletrabras.gov.br), relatório Plano Anual de Combustíveis – Sistemas Isolados, consulta em 12.01.2005.