

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
SECRETARIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E QUALIDADE AMBIENTAL  
SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS  
PROJETO PNUD BRA 00/20 - APOIO ÀS POLÍTICAS PÚBLICAS NA ÁREA DE  
GESTÃO E CONTROLE AMBIENTAL

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS E SUBPRODUTOS  
FLORESTAIS, ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E  
PROPOSTAS DE POLÍTICAS AO USO DE RESÍDUOS  
FLORESTAIS PARA FINS ENERGÉTICOS**

**- SUMÁRIO EXECUTIVO -  
REVISÃO 00**

***Consultor: Marcelo Wiecheteck, Ph.D.***  
**[wiecheteck@stcp.com.br](mailto:wiecheteck@stcp.com.br)**

**NOVEMBRO / 2009  
CURITIBA-PR**

## **CONTEÚDO**

	PÁG.
1 - Antecedentes .....	4
2 - Diagnóstico de Alternativas de Uso de Resíduos de Madeira .....	5
3 - Principais Alternativas Tecnológicas.....	8
4 - Alternativas Tecnológicas de Pequena Escala .....	12
5 - Diagnóstico das Principais Políticas Públicas .....	13
6 - Viabilidade Econômica do Aproveitamento de Resíduos de Madeira para Fins Energéticos .....	16
7 - Análise Econômico-Financeira dos Cenários .....	19
8 - Lacunas de Informação Associadas ao Maior Aproveitamento de Resíduos de Madeira .....	26
9 - Linhas Prioritárias de Pesquisa.....	27
10 - Diretrizes e Linhas de Ação para Políticas Públicas de Uso Energético de Resíduos de Madeira .....	29
11 - Conclusões e Recomendações .....	34

## LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
FIGURA A – CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE RESÍDUOS DE MADEIRA.....	5
FIGURA B – ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE USO DE RESÍDUOS DE MADEIRA.....	8

## LISTA DE TABELAS

TABELA A – PRÓS E CONTRAS DA APLICAÇÃO DA COMBUSTÃO DIRETA E INCINERAÇÃO NO BRASIL.....	9
TABELA B – PRÓS E CONTRAS DA APLICAÇÃO DA GASEIFICAÇÃO NO BRASIL.....	10
TABELA C – PRÓS E CONTRAS DA FABRICAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PÉLETES E BRIQUETES NO BRASIL.....	11
TABELA D – PRÓS E CONTRAS DA APLICAÇÃO DA PIRÓLISE NO BRASIL.....	12
TABELA E – SÍNTESE DAS PRINCIPAIS POLÍTICAS PÚBLICAS FEDERAIS IDENTIFICADAS..	14
TABELA F – PRINCIPAIS ASPECTOS DAS POLÍTICAS NOS ESTADOS SELECIONADOS .....	15
TABELA G – CARACTERIZAÇÃO DOS CENÁRIOS DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE MADEIRA.....	16
TABELA H – INVESTIMENTOS EM ATIVO FIXO NOS CENÁRIOS DE USO DE RESÍDUOS DE MADEIRA (R\$).....	21
TABELA I – INVESTIMENTO EM CAPITAL DE GIRO (R\$).....	22
TABELA J – CUSTOS ANUAIS DOS CENÁRIOS EM ANÁLISE (R\$).....	22
TABELA K – CUSTOS ANUAIS COM IMPOSTOS (R\$).....	22
TABELA L – ESTIMATIVA DE RECEITAS ANUAIS (R\$).....	23
TABELA M – INDICADORES ECONÔMICOS E FINANCEIROS DOS CENÁRIOS.....	23
TABELA N – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS INDICADORES DO CENÁRIO 2 À VARIAÇÃO DO CUSTO DE MATÉRIA PRIMA (CAVACO) E PREÇO DE VENDA DA ENERGIA ELÉTRICA.....	24
TABELA O – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS INDICADORES À VARIAÇÃO DO CUSTO DE MATÉRIA PRIMA (CAVACO) E DISTÂNCIA DO CONSUMIDOR PARA O CENÁRIO 3.....	25
TABELA P – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS INDICADORES À VARIAÇÃO DO CUSTO DE MATÉRIA PRIMA (CAVACO) E DISTÂNCIA DO CONSUMIDOR PARA O CENÁRIO 4.....	25
TABELA Q – RESULTADOS DA DISTÂNCIA MÁXIMA AO CONSUMIDOR PARA TODOS OS CENÁRIOS .....	26
TABELA R – DIRETRIZES E LINHAS GERAIS DE AÇÃO PROPOSTAS.....	32
TABELA S – DIRETRIZES ESPECÍFICAS E LINHAS DE AÇÃO PROPOSTAS .....	33

## SUMÁRIO EXECUTIVO

### **1 - Antecedentes**

A atividade industrial madeireira no Brasil é altamente geradora de resíduos de madeira. Adicionalmente, o re-processamento e a utilização da madeira no meio urbano, através da construção civil, descarte de embalagens e poda da arborização urbana, acabam gerando um volume expressivo de resíduos de madeira dos pequenos nos grandes centros urbanos do país.

Tal fato é um problema na medida em que apenas uma parcela do volume de resíduos de madeira gerados tem atualmente algum aproveitamento econômico, social e/ou ambiental.

A geração excessiva de resíduos de madeira associada ao seu baixo aproveitamento resultam em danos ambientais, além de perda significativa de oportunidade para a indústria, comunidades locais, governos e sociedade em geral, especialmente em regiões remotas, dependentes de fontes energéticas externas.

No entanto, os resíduos de madeira gerados no processamento que não são utilizados podem deixar de ser um passivo ambiental, sendo processados como matéria-prima para diversos fins, incluindo o uso energético, gerar lucro para a iniciativa privada e reduzir problemas ambientais de interesse da sociedade.

Diante deste cenário, a Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental (SMCQ) e a Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), ambas vinculadas ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), passaram a priorizar a proposição de políticas e normas, bem como a definição de estratégias relacionadas ao desenvolvimento de uma matriz energética ambientalmente adequada ao país.

Tal processo culminou com a seleção de consultor para a elaboração do presente projeto (BRA 00/020), que está voltado ao estudo de alternativas e políticas públicas de aproveitamento e uso de resíduos de madeira para fins energéticos.

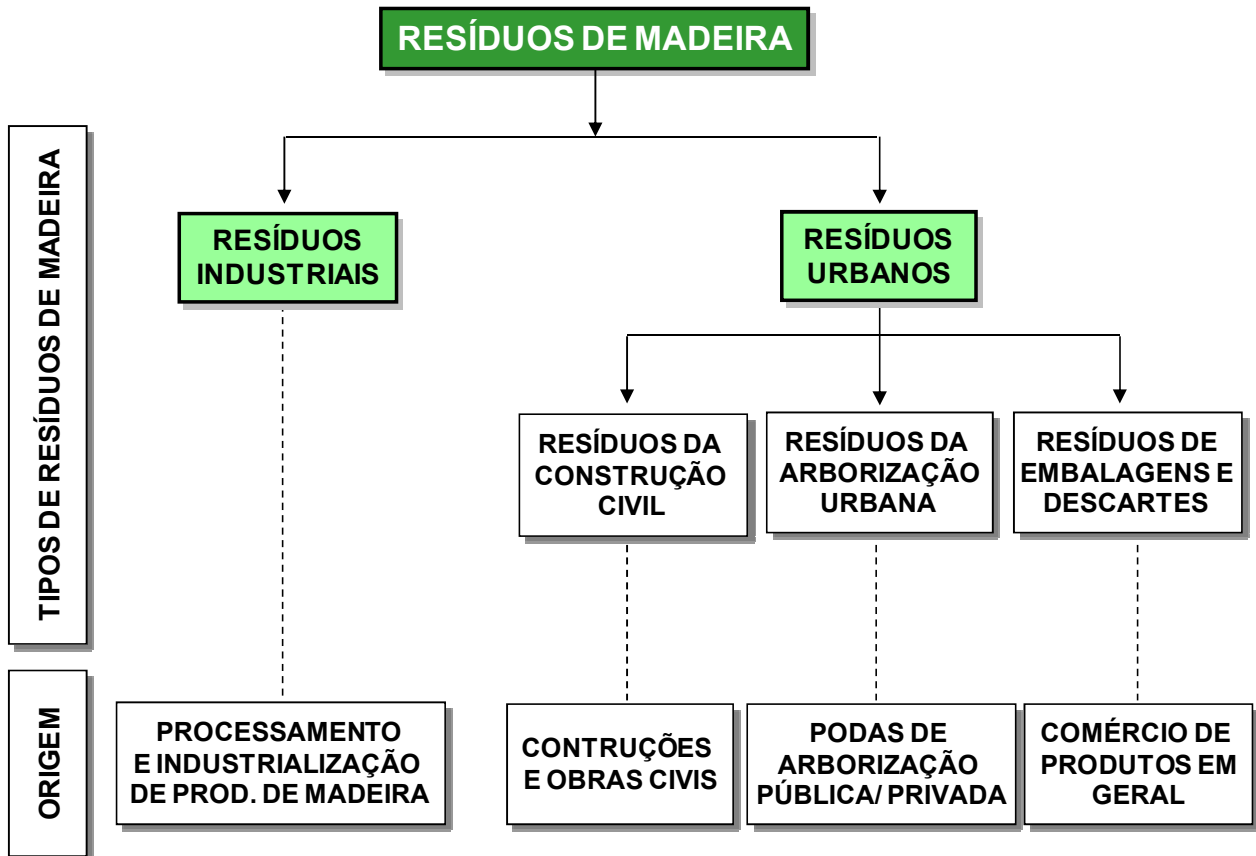
Assim sendo, o objetivo geral deste estudo foi identificar a situação atual sobre o aproveitamento de resíduos e subprodutos das indústrias de produtos de origem florestal e de resíduos da atividade madeireira em diferentes regiões do Brasil e propor diretrizes, propostas de políticas e/ou linhas de ação para fomento do uso de resíduos florestais para fins energéticos.

O estudo contemplou o levantamento de informações primárias detalhadas em 3 regiões: (i) Região Sudeste (estados de São Paulo e Minas Gerais); (ii) Região Norte (Pará) e (iii) Centro-Oeste (Mato Grosso), bem como informações secundárias na Região Sul (Paraná/Santa Catarina e Rio Grande do Sul), a qual apresenta maior desenvolvimento em termos de aproveitamento, mercados e pesquisas sobre o tema.

## 2 - Diagnóstico de Alternativas de Uso de Resíduos de Madeira

Neste estudo, os diferentes tipos de resíduos de madeira foram classificados conforme sua origem, como industriais ou gerados no meio urbano, conforme apresentado na figura A.

Figura A – Classificação dos Tipos de Resíduos de Madeira



Elaboração: Autor (2009)

Os **resíduos industriais** de madeira se classificam em serragem, cepilho, sólidos de madeira, cascas e outros e são gerados desde o transporte da madeira em tora à indústria, até seu manuseio e processamento, finalizando no produto acabado.

Os diferentes usos de resíduos de madeira, de acordo com o segmento industrial são apresentados a seguir:

- a. **Resíduos na Indústria Madeireira (Serraria e Compensado):** Uma parte dos resíduos de madeira gerados na indústria madeireira é destinado para a produção de PMVA (produtos de maior valor agregado) como carvão, cabos, briquete, embalagem, etc. Contudo, estes usos foram identificados com maior frequência nos levantamentos primários realizados nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país, em que também se aproveitam os resíduos de madeira para queima em

caldeiras e fornos artesanais (olarias). Na região Norte, muitas vezes não há sequer o conhecimento sobre produtos como o briquete ou pélete de madeira, além de informações gerais sobre oportunidades de aproveitamento o que corrobora a problemática da utilização de resíduos que muitas vezes ainda é visto apenas como um problema e não como fonte de renda para a empresa.

A maravalha, por sua vez, como resíduo de serrarias e mesmo do reprocessamento da madeira em empresas de móveis, tem sido o material normalmente utilizado na criação intensiva de frangos de corte no Brasil, como cama de aviário. No entanto, observou-se a escassez do produto no mercado e conseqüente aumento nos preços, criando dificuldades aos produtores.

**b. Resíduos na Indústria de Celulose e Papel:** No Brasil, a indústria de celulose e papel e os fabricantes de painéis de madeira reconstituídos utilizam como matéria prima madeira oriunda exclusivamente de florestas plantadas (principalmente de plantios de rápido crescimento de pinus e eucalipto), onde o aproveitamento de resíduos é melhor organizado. Considerando que este segmento é altamente dependente de energia no processo industrial, os resíduos de madeira são comumente utilizados como biomassa na co-geração de energia. Entre eles destacam-se a casca oriunda do descascamento das toras para processo e de resíduos de madeira na forma de cavaco “com casca” que pode ser adquirido no mercado ou gerado a partir de resíduos da colheita florestal. No sul do país, empresas produtoras de toras ao mercado e aquelas que processam madeira de maior diâmetro (serrarias, laminadoras) se beneficiam da existência de um mercado consumidor ativo de resíduos de madeira para comercializá-los a diferentes empresas, entre elas as de papel e celulose. Diversas empresas deste segmento também aproveitam o lodo industrial (que contém fragmentos e fibras de madeira) na compostagem para produção de adubo;

**c. Resíduos na Indústria de Painéis de Madeira:** Este segmento é caracterizado principalmente como consumidor de resíduos, não tanto para fins energéticos, mas principalmente como parte da matéria prima necessária para seus produtos manufaturados de fibra de madeira (MDP, MDF, OSB e chapas duras). Estas empresas somam cerca de 10 no total no país, concentradas nas regiões Sul e Sudeste. Todas as empresas deste segmento consomem madeira e resíduos de madeira oriundas de florestas plantadas próprias ou adquiridas de terceiros.

De um modo geral observou-se no estudo a existência de mercados produtores e consumidores em processo de consolidação em torno dos resíduos de madeira para serem consumidos pelo setor de painéis reconstituídos. Assim, os preços observados dos resíduos representam de certa forma os preços de mercado;

d. **Resíduos na Indústria Moveleira:** A indústria moveleira no Brasil se concentra principalmente em pólos ao redor de alguns municípios de destaque nas regiões Sul e Sudeste. De um modo geral observou-se nos pólos analisados a existência de mercados produtores e consumidores em processo de consolidação em torno dos resíduos de madeira oriundos de pólos moveleiros. Desta forma, os preços praticados tendem a representar preços de mercado, remunerando de forma competitiva os produtos.

Além dos tipos de resíduos industriais de madeira anteriormente apresentados, os **resíduos urbanos** de madeira merecem uma abordagem diferenciada, já que os mesmos compõem o passivo ambiental gerado pelos resíduos em geral nos grandes centros urbanos.

Entre os resíduos urbanos destacam-se:

- a. **Resíduos da Construção Civil:** No segmento da construção civil no país é comum não haver a segregação da madeira dos outros resíduos sólidos e seu destino final é via de regra o aterro sanitário. Em alguns aterros, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, há pequena reciclagem de resíduos da construção civil, mas a madeira não é recuperada nestas usinas e permanece como dejetos nos aterros. Quando ocorre a segregação da madeira no local da obra, estes resíduos são enquadrados na categoria dos resíduos destinados preferencialmente à reutilização, reciclagem ou armazenagem temporária. O fator limitante para a reciclagem da madeira utilizada na construção civil é o fato desta estar geralmente “contaminada” com outros materiais como concreto/argamassa, metais (pregos, arames, grampos, parafusos, dobradiças, etc.) e ainda agentes desmoldantes;
- b. **Resíduos de Arborização Urbana e Municipal:** Os resíduos provenientes da poda de arborização urbana e remoção de árvores públicas e de residentes particulares em um município podem gerar sérios problemas urbanos quando não são devidamente aproveitados, sendo descartados em locais impróprios como aterros sanitários e lixões clandestinos. Além dos resíduos resultantes das podas em árvores públicas (troncos, toras, galhos, tocos e raízes), os resíduos vegetais de centros urbanos incluem ainda o material orgânico resultante da manutenção de parques e jardins (incluindo grama e materiais lenhosos diversos).

Os levantamentos de campo identificaram diferentes experiências nos municípios visitados que vão desde a inexistência de aproveitamento dos resíduos até alta eficiência, o que neste caso permite gerar um faturamento para a prefeitura, redução de custos de manutenção de acúmulo de material orgânico em aterros sanitários;

- c. **Resíduos de Embalagens de Madeira:** Nesta categoria enquadram-se principalmente os paletes e caixas para transporte de alimentos, entre outros. De acordo com os levantamentos de campo, verificou-se que em

grandes e médios centros urbanos ambos são reaproveitados sempre que possível. Os paletes são utilizados até que ocorra algum dano mecânico ou biológico (ação de fungos ou cupim) que impeça sua utilização. Neste caso há pequenas empresas especializadas na recuperação e revenda de paletes recuperados.

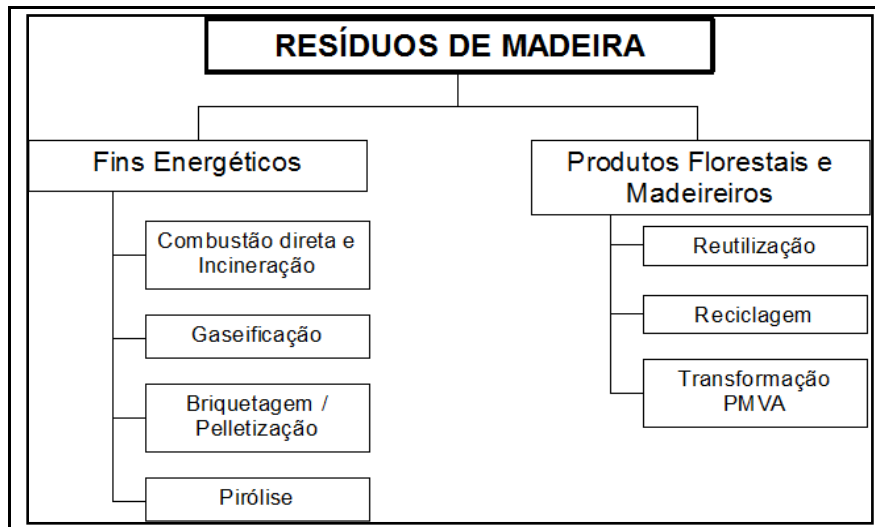
As caixas e caixotarias de madeira em geral normalmente têm uso mais nobre, no transporte de produtos orgânicos e alimentícios perecíveis. Após sua utilização, podem ser reutilizadas ou com o desgaste ser reaproveitadas para transporte de produtos mais rústicos. Quando não há a possibilidade de recuperação, são três os destinos mais freqüentes: (i) processamento em cavaco para fins energéticos, (ii) confecção de peças artesanais ou uso energético sem processo intermediário de transformação, e (iii) aterro sanitário. Quando estas embalagens são destinadas ao aterro sanitário, uma cooperativa (usina de reciclagem) pode efetuar segregação dessa madeira, destinada via de regra ao artesanato ou ao uso energético.

### 3 - Principais Alternativas Tecnológicas

Os resíduos de madeira podem ter basicamente dois destinos principais: (i) como matéria prima para produtos de maior valor agregado (PMVA) e (ii) para fins energéticos, que é o foco deste estudo.

A figura B apresenta as alternativas tecnológicas identificadas para ambos os destinos.

**Figura B – Alternativas Tecnológicas de Uso de Resíduos de Madeira**



Fonte: LPF (Laboratório de Produtos Florestais), adaptado pelo Autor (2009)

De um modo geral, o aproveitamento energético dos resíduos de madeira podem gerar energia térmica, elétrica ou ambas (co-geração), através de sua combustão direta ou incineração.



A energia ainda pode ser gerada através de um processo de gaseificação e na pirólise (produção de carvão). Outro processo intermediário de aproveitamento energético é o de produção de briquete ou pélete para posterior combustão.

- a. **Combustão Direta e Incineração:** Praticamente todas as empresas e fábricas processadoras de madeira (dos segmentos de celulose, papel, madeira serrada, laminação/compensado, painéis reconstituídos, outras) no Brasil possuem um processo fabril que depende da utilização de vapor e por isso podem se beneficiar da co-geração de energia utilizando resíduos de madeira. Geralmente este vapor é gerado a partir da queima em caldeira de resíduos de biomassa disponíveis na planta industrial, na forma de cavaco, serragem, resíduos florestais, recortes de painéis, etc. Essas indústrias podem se beneficiar com a co-geração aproveitando este vapor, passando-o por uma turbina a vapor antes de ser levado ao processo fabril. Este vapor pode ainda alimentar outra turbina que acione um gerador elétrico para a geração de energia. No lugar da turbina opta-se muitas vezes em utilizar um motor alternativo, que também tem a função de acionar um gerador de energia elétrica a um custo menor de investimento.

Para viabilizar tal processamento e aproveitamento dos resíduos, os principais equipamentos envolvidos neste processo são: picador de resíduos, silo, caldeira, turbina a vapor, motor alternativo ou máquina a vapor.

Sobre a incineração cabe destacar que os levantamentos de campo da região Norte do país identificaram o hábito de incinerar a céu aberto resíduos de madeira como solução local para reduzir o acúmulo de serragem, costaneira e outros resíduos resultantes do processamento primário da madeira.

A tabela A sintetiza os prós e os contra do uso da Combustão Direta e Incineração no Brasil.

**Tabela A – Prós e Contras da Aplicação da Combustão Direta e Incineração no Brasil**

<i>Prós</i>	<i>Contras</i>
Permite aproveitamento de resíduos gerados na própria unidade fabril.	Alguns dos sistemas mais eficientes de geração de energia apresentados exigem investimentos elevados, tornando-se inviáveis para a maioria das empresas geradoras de resíduos (não capitalizadas).
Com a utilização de equipamentos adequados, permite o aproveitamento da energia térmica da combustão em outros processos, como a secagem de madeira, geração de energia elétrica, entre outros.	Concentração de fabricantes de equipamentos nas regiões Sul e Sudeste, resultando em elevados custos de frete de equipamentos para comunidades de outras regiões do país.
Há disponibilidade de equipamentos de fabricação nacional com diversas opções de fornecedores.	A incineração a céu aberto é uma alternativa poluente.
Permite o aproveitamento de todos os tipos de resíduo de madeira.	É extremamente difícil a fiscalização da incineração, tanto em meio rural quanto urbano.

Fonte: Autor (2009).

- b. **Gaseificação:** A gaseificação da madeira é uma alternativa adequada de transformação energética de resíduos de madeira principalmente para localidades isoladas do meio rural, como fonte barata de geração de energia. No entanto também existe uma tendência de sua utilização urbana em localidades com disponibilidade de biomassa. O processo de gaseificação pode gerar tanto energia térmica quanto elétrica. O gás de biomassa gerado em gaseificadores pode ser utilizado para diversas finalidades, entre as quais citam-se a queima de resíduos em caldeiras para geração de vapor; queima em secadores para secagem de peças de cerâmicas; e queima em câmaras de combustão de motores de combustão interna (diesel e Otto) e externa (Stirling), turbinas a gás e células combustíveis.

A utilização do gás de biomassa para geração de energia elétrica pode ser feita de diferentes formas. Todavia algumas alternativas podem ser mais atrativas do que outras, devido ao tratamento que esse gás precisa ter para ser utilizado bem como a fatores econômicos (Biomassa & Energia, 2005).

A tabela B apresenta os prós e contras da aplicação da gaseificação no Brasil, de acordo com o conteúdo apresentado para a tecnologia.

**Tabela B – Prós e Contras da Aplicação da Gaseificação no Brasil**

<i>Prós</i>	<i>Contras</i>
Com opções de baixo custo, permite atender comunidades isoladas com geradores de pequeno porte, atendendo de 1 a 100 residências.	Concentração de fabricantes de equipamentos nas regiões Sul e Sudeste, resultando em elevados custos de frete de equipamentos para comunidades de outras regiões do país.
Permite aproveitamento de resíduos gerados na própria unidade fabril.	Sensível ao teor de umidade que influencia altamente a eficiência do equipamento.
Permite a geração de energia térmica e elétrica, sem a necessidade de um motor alternativo a vapor ou turbina de condensação.	Tecnologia mais complicada que a queima direta.
Permite o aproveitamento da energia térmica da combustão em outros processos fabris.	Tem que se ter cuidado com o vazamento de gases, que são tóxicos.
Há tecnologia totalmente nacional disponível no mercado	
Permite o aproveitamento de todos os tipos de resíduo de madeira.	

Fonte: Autor (2009).

- c. **Briquetagem e Peletização:** A produção de briquete e/ou pélete de madeira surge como uma alternativa de aproveitamento de resíduos de madeira para fins energéticos em substituição ao uso tradicional da lenha e do carvão vegetal (Wiecheteck, 2007).

O Brasil atualmente apresenta produção estimada de briquetes de madeira da ordem de 160 mil t/ano (Wiecheteck, 2006). Estatísticas oficiais são inexistentes e a produção de pequenos produtores e novos fabricantes que surgiram nos últimos anos pode elevar esta estimativa.

A produção de péletes de madeira no Brasil é incipiente, havendo produção isolada, mas crescente em empresas localizadas principalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina, Espírito Santo e São Paulo. Existem, entretanto, projetos em curso e interesse de construção de fábrica de briquete e de pélete na região Amazônica.

Uma análise crítica resumida, contemplando os prós e contras da fabricação e utilização de péletes e briquetes no Brasil é apresentada na tabela C.

**Tabela C – Prós e Contras da Fabricação e Utilização de Péletes e Briquetes no Brasil**

<i>Prós</i>	<i>Contras</i>
Permite aproveitamento de resíduos gerados na própria unidade fabril.	Concentração de fabricantes de equipamentos nas regiões Sul e Sudeste, resultando em elevados custos de frete de equipamentos para comunidades de outras regiões do país.
Menor teor de umidade que a lenha.	Exige investimentos em equipamentos desnecessários na combustão direta
Menor custo de transporte que a lenha.	A fabricação em comunidades isoladas torna a fabricação inviável devido a custos com transporte do produto final até o mercado consumidor.
Há tecnologia totalmente nacional disponível no mercado.	Concorre com a alta oferta de lenha que apresenta menor preço para compra.
Alto poder calorífico.	
Processo de fabricação relativamente simples.	
Possibilidade de substituição do cavaco e lenha na secagem de grãos.	
Possibilidade de exportação (pélete).	
Permite o aproveitamento de todos os tipos de resíduo de madeira.	

Fonte: Autor (2009).

- b. **Pirólise:** A pirólise da madeira é também conhecida como carbonização e é o processo de produção do carvão vegetal. O maior uso de madeira pirolisada/carbonizada (carvão) está concentrado no setor siderúrgico, especialmente em Minas Gerais e

sul do Pará/Maranhão. Contudo, devido à tecnologia avançada empregada por este segmento, a matéria prima precisa seguir especificações de densidade, dimensões e conseqüente homogeneidade que só é possível com a utilização de madeira em tora. Para atender a demanda nacional em larga escala por carvão vegetal esta madeira está distribuída entre florestas plantadas e nativas. Entretanto, a produção de carvão para outras finalidades, como o uso doméstico ou produção de carvão especial (aditivado) não possui as mesmas restrições e permite a carbonização a partir de resíduos de madeira tais como: costaneiras, tocos, madeira de destopo, galhos e troncos de arborização urbana, etc. Tal alternativa pode ser aplicada em condições específicas de consumo deste produto em regiões com maior desperdício de resíduos como é o caso da região Amazônica.

A tabela D apresenta uma análise crítica contendo os prós e contras da aplicação da Pirólise no Brasil.

**Tabela D – Prós e Contras da Aplicação da Pirólise no Brasil**

<b>Prós</b>	<b>Contras</b>
Há disponibilidade de equipamentos para pirólise com controle total da combustão e da emissão de gases/efluentes.	Limitações no uso de resíduos devido às especificações de qualidade do setor siderúrgico.
Com a utilização de equipamentos adequados, permite o aproveitamento da energia térmica da carbonização em co-geração para o próprio processo.	A pirólise em fornos artesanais é uma alternativa poluente de uso de resíduos, sem controle do processo de conversão e da emissão de gases/efluentes.
Amplio mercado consumidor, tanto para uso industrial como residencial.	É extremamente difícil a fiscalização da pirólise para fabricação do carvão vegetal.
	A pirólise libera gases tóxicos ao ser humano.

Fonte: Autor (2009).

#### **4 - Alternativas Tecnológicas de Pequena Escala**

Este tema é altamente relevante considerando a dispersão na geração de resíduos lenhosos pelo país e a necessidade, em muitos casos, de apoiar pequenos empreendimentos industriais e/ou comunidades isoladas.

Do ponto de vista industrial, o motor alternativo a vapor é uma opção que pode ser aplicada em pequena escala. Para fins domésticos, a combustão direta é uma alternativa de uso dos resíduos para geração de energia térmica em fogões a lenha e fornos artesanais.

Há projetos inovadores para geração de energia elétrica em pequena escala a partir da combustão direta, como é o caso do uso do fogão BMG (Bio Micro Gerador) na Reserva Extrativista Chico Mendes no estado do Acre<sup>1</sup>.

A pirólise em pequena escala ocorre em fornos artesanais para gerar carvão em volume considerado artesanal, de subsistência. Normalmente, a matéria prima para este processo não são resíduos de madeira, mas sim, a exploração ilegal de florestas nativas. No entanto, o levantamento de campo identificou a presença de pequeno número de fornos artesanais para pirólise de resíduos da extração florestal. Cabe ressaltar que apesar de viável, a tecnologia de baixo custo para a pirólise em fornos artesanais é, geralmente, uma alternativa poluente.

Outra utilização de resíduos de madeira em pequena escala, não se trata de uma alternativa tecnológica propriamente dita, mas sim da coleta dos resíduos lenhosos para venda com fins energéticos a fim de aumentar a renda familiar. Esta situação é mais comum próximo a centros geradores de resíduos, principalmente em pólos madeireiros e moveleiros.

Adicionalmente, observa-se tal prática em algumas empresas com florestas plantadas que liberam a área após o corte da floresta para a coleta e/ou catação dos resíduos a algumas comunidades ou grupos com ou sem custo pelos mesmos. Em troca a retirada do material lenhoso da floresta representa um ganho no custo da limpeza por parte das empresas florestais.

## **5 - Diagnóstico das Principais Políticas Públicas**

As principais políticas públicas federais existentes no país relacionadas com energia e gestão e aproveitamento de resíduos em geral são desenvolvidas pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA)<sup>2</sup>, respectivamente, e conduzidas, via de regra, de forma independente.

Por esta razão a abordagem das políticas públicas federais centrou-se na atuação desses dois ministérios. De forma complementar, foram identificadas e apresentadas outras políticas públicas federais desenvolvidas por outros ministérios, e políticas estaduais e municipais consideradas de relevância para o presente estudo. A Tabela E apresenta uma síntese das principais políticas públicas federais estudadas.

A análise das políticas públicas estaduais existentes foi centrada nos estados em que foram efetuados os levantamentos de informações detalhadas – Pará (PA), Mato Grosso (MT), São Paulo (SP) e Minas Gerais (MG), além dos demais destacados como de relevância para o estudo, localizados na região sul do país – Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS).

---

<sup>1</sup> Este projeto piloto considera fogão residencial batizado de Fogão BMG Lux, implantado na Reserva Extrativista Chico Mendes no Estado do Acre. O fogão BMG (Bio Micro Gerador) além de suas funções como fogão, trata-se de um gerador de energia elétrica com autonomia de 4 a 5 horas mantendo ligadas três lâmpadas e uma televisão ou rádio. A implantação do projeto em larga escala esbarra em dificuldades de transporte, acesso às comunidades isoladas, e pouco envolvimento governamental para incentivar a produção do “gerador à lenha”.

<sup>2</sup> E pelos demais órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA).

**Tabela E – Síntese das Principais Políticas Públicas Federais Identificadas**

<b>Ministério</b>	<b>Divisão Responsável</b>	<b>Políticas, Programas e Serviços</b>
Minas e Energia	-	Política Nacional Energética
		Política de Agroenergia
		Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA)
		Plano Nacional de Energia 2.030
Meio Ambiente	IBAMA	Política Nacional de Meio Ambiente
		Política Florestal
	Programa de Gerenciamento de Resíduos Perigosos	
	Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental/ Gerência de Resíduos Perigosos e Tecnologias Limpas	Gestão Ambiental para produção mais limpa e ecoeficiente e gestão de passivos e áreas contaminadas
	Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano/ Departamento de Resíduos Sólidos	Reciclagem e reaproveitamento (Projeto de inclusão social e econômica de catadores de material reciclável) <sup>1</sup> Projeto de MDL de redução de emissões em aterros de resíduos sólidos <sup>2</sup>
Cidades	Secretaria de Saneamento Ambiental	Programa de Modernização do Setor de Saneamento
		Programa de Resíduos Sólidos
Ciência e Tecnologia	Tecnologia Industrial Básica e Serviços Tecnológicos	Serviços de Apoio à Produção Mais Limpa
Des., Indústria e Comércio Exterior	Grupo de Trabalho Permanente para Arranjos Produtivos Locais	Serviço de Apoio a APLs de Madeira e Móveis <sup>3</sup>
Saúde	Secretaria de Vigilância da Saúde	Serviço de Vigilância de Doenças e Agravos relacionados à contaminação do ar e do solo
Interministerial	-	Plano Nacional sobre Mudança do Clima

<sup>1</sup> Coordenação com os Ministérios do Desenvolvimento Social, das Cidades e do Trabalho.

<sup>2</sup> Atuação conjunta com o Ministério das Cidades (vide Programa de Resíduos Sólidos deste Ministério).

<sup>3</sup> De acordo com as informações divulgadas pelo Ministério, os APLs de madeira e móveis apoiados estão localizados nos seguintes municípios: Rio Branco (AC), Arapiraca (AL), Manaus (AM), Santana (AM), Marco (CE), Brasília (DF), Linhares (ES), Cariacica (ES), Goiânia (GO), Imperatriz (MA), Ubá (MG), Ribas do Rio Pardo (MS), Sinop (MT), Cuiabá (MT), Várzea Grande (MT), Alta Floresta (MT), Paragominas (PA), Rondon do Pará (PA), União da Vitória (PR), Araçuaia (PR), Duque de Caxias (RJ), Ariquemes (RO), Boa Vista (RR), Santa Maria (RS), Bento Gonçalves (RS), São Bento do Sul (SC), Chapecó (SC), Mirassol (SP), Ouro Verde (SP) e Araguaína (TO).

Fonte: Ministérios (diversos programas), adaptado pelo Autor.

À exceção do estado do Pará, todos os demais estados que fizeram parte deste estudo possuem uma Política Estadual de Resíduos Sólidos própria (MT, SP, MG, PR, SC e RS).

A tabela F sintetiza as principais políticas públicas estaduais sobre o tema, bem como os principais aspectos das mesmas, por estado.

**Tabela F – Principais Aspectos das Políticas nos Estados Selecionados**

<b>Estados</b>	<b>Fundamento Legal</b>	<b>Principais Temas</b>
MT	Lei Estadual 7.862/02	Elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Autorização Prévia do Órgão Ambiental Estadual para Aproveitamento, Exportação e Transporte dos Resíduos Sólidos
SP	Lei Estadual 12.300/06	Elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Declaração Anual de Resíduos Sólidos Proibição de Lançamento e Queima a Céu Aberto Preferência em Compras e Contratações Públicas de Produtos e Serviços Oriundos de Reaproveitamento de Previsão de Incentivos Fiscais, Tributários e/ou Creditícios
MG	Lei Estadual 18.3031/09	Elaboração de Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais Proibição de Lançamento e Queima a Céu Aberto Observância de Normas Técnicas (ABNT, ANVISA e Preferência de Compras e Contratações Públicas de Produtos e Serviços de Reaproveitamento de Resíduos Previsão de Incentivos Fiscais, Tributários e/ou Creditícios
PR	Lei Estadual 12.493/99 e Decreto Estadual 4.167/09	Autorização Prévia do Órgão Ambiental Estadual para Transporte Interestadual, Tratamento e Destinação Final de Sistema de Declaração ou Cadastramento de Resíduos Proibição de Lançamento e Queima a Céu Aberto Preferência de Compras e Contratações Públicas de Produtos e Serviços de Reaproveitamento de Resíduos Observância de Normas Técnicas (ABNT)
SC	Lei Estadual 13.357/05	Elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Autorização Prévia do Órgão Ambiental Estadual para Importação, Exportação e Transporte de Resíduos Sólidos Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos Preferência de Compras e Contratações Públicas de Produtos e Serviços de Reaproveitamento de Resíduos Incentivos Fiscais, Tributários e/ou Creditícios
RS	Lei Estadual 9.921/93 e Decreto Estadual 38.356/98	Elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Declaração Anual de Resíduos Sólidos e Cadastro Estadual de Resíduos Industriais e Não-Industriais Proibição de Queima a Céu Aberto Observância de Normas Técnicas (ABNT) Previsão de Incentivos Fiscais, Tributários e/ou Creditícios
PA	Lei Estadual 6.837/06	Proibição de Lançamento e Queima a Céu Aberto
	Lei Estadual 6.837/06	Exigência de coleta própria e independente dos afluentes industriais
	Lei Estadual 6.918/06	Previsão de Incentivos Fiscais, Tributários e/ou Creditícios

Fonte: Legislação e Governos dos Estados.

Entre as políticas municipais destacaram-se, nos grandes centros urbanos localizados nos estados selecionados, os municípios de: (i) Curitiba/ PR, com o Programa de Coleta Seletiva de Resíduos, seu Plano Integrado de Gerenciamento

de Resíduos da Construção Civil, a meta de criação de um Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos Urbanos e de implantação de uma usina de aproveitamento de lixo; (ii) Porto Alegre/ RS, com o Projeto Licença Ecológica, seu Sistema de Gestão Ambiental (SMAM) e a existência de uma equipe de resíduos sólidos itinerante (ERES); (iii) São Paulo/ SP, com a criação de um Comitê sobre Mudanças Climáticas e Economia Sustentável, a meta de utilização de peças de madeira utilizada e reciclada para uso temporário em obras da prefeitura e de utilização de agregados reciclados em obras e serviços de pavimentação das vias públicas do município, o Programa Socioambiental de Coleta Seletiva de Resíduos Recicláveis e o Programa de Aproveitamento de Madeira de Podas de Árvores; e (iv) Belo Horizonte/ MG, com os Programas Agente Comunitário de Limpeza Urbana e Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Poda de Árvores.

## **6 - Viabilidade Econômica do Aproveitamento de Resíduos de Madeira para Fins Energéticos**

Um dos principais aspectos relacionados ao aproveitamento de resíduos de madeira voltado à geração de energia é sua viabilidade econômico-financeira. Este estudo avaliou tal viabilidade através de uma análise de cenários quanto às alternativas tecnológicas disponíveis, porte do empreendimento e premissas de custos e receitas associados com o intuito de apresentar opções economicamente atrativas e viáveis para solucionar o problema de não utilização dos mesmos para fins energéticos.

Os cenários escolhidos retratam situações observadas em campo e apresentam diferentes alternativas de solução para a problemática identificada. A tabela G apresenta um resumo do descritivo dos cenários.

**Tabela G – Cenários de Aproveitamento de Resíduos de Madeira**

Objetivo	GERAÇÃO DE ENERGIA		PRODUTOS PARA FINS ENERGÉTICOS	
	Cenário 1 (co-geração de energia)	Cenário 2 (termelétrica)	Cenário 3 (produção de briquete para energia)	Cenário 4 (produção de pélete para energia)
<b>Matéria prima</b>	Cavaco e serragem na proporção de 90% e 10% respectivamente	Cavaco de madeira	Cavaco de madeira	Cavaco de madeira
<b>Origem da matéria prima</b>	Própria	Compra no mercado	Compra no mercado	Compra no mercado
<b>Distância de transporte da matéria prima (km)</b>	0	50	10	10
<b>Receita</b>	Equivalente economia de óleo diesel	Venda de energia e/ou redistribuição e benefício CCC <sup>1</sup>	Venda de briquete	Venda de pélete
<b>Máquina Térmica</b>	Motor alternativo a vapor	Ciclo a vapor com turbina de condensação	Fornalha para secar resíduos	Fornalha para secar resíduos



**Tabela G – Cenários de Aproveitamento de Resíduos de Madeira**

(continuação)

Objetivo	GERAÇÃO DE ENERGIA		PRODUTOS PARA FINS ENERGÉTICOS	
	Cenário 1 (co-geração de energia)	Cenário 2 (termelétrica)	Cenário 3 (produção de briquete para energia)	Cenário 4 (produção de pélete para energia)
<b>Porte do pólo gerador de resíduo</b>	Serraria de médio porte ou fábrica de compensado com caldeira operando para outros processos	Pólo madeireiro industrial ou centro urbano de médio a grande porte	Pólo industrial madeireiro industrial ou centros urbanos de pequeno porte	Pólo industrial madeireiro ou centros urbanos de médio porte
<b>Consumo de biomassa (t/mês)</b>	570	11.900	740 <sup>2</sup> (processo) + 123 <sup>3</sup> (fornalha)	1.964 <sup>2</sup> (processo) + 330 <sup>3</sup> (fornalha)
<b>Porte Estimado de Investimento (R\$)</b>	862.250,00	34.363.900,00	1.474.200,00	1.654.460,00
<b>Produto Final</b>	Energia elétrica (suficiência parcial)	Energia elétrica (produtor independente)	Briquete	Pélete
<b>Mercado Alvo</b>	Consumo próprio	Linha de distribuição ou cooperativa	Mercado doméstico	Mercado internacional
<b>Escala de Geração / Produção</b>	0,22 MWh	7,0 MWh	356 t de briquete/mês	950 t de pélete/mês
<b>Justificativa para o porte do empreendimento</b>	Capacidade instalada de um único motor alternativo	Geração de energia para pouco mais de 56 mil habitantes	Capacidade instalada de uma única briquetadeira	Capacidade instalada de uma única peletizadora
<b>Local de Processamento do Resíduo de Madeira</b>	Integrado à indústria madeireira	Unidade independente	Unidade independente	Unidade independente
<b>Preço da matéria prima posto fábrica (R\$/t)</b>	12,00 (custo de oportunidade)	79,00	47,00	47,00
<b>Valor correspondente</b>	R\$ 2,23/l de óleo diesel <sup>1</sup>	R\$ 325,52/MWh na saída da usina (ponto linha de transmissão) <sup>2</sup>	R\$ 255,00/t posto pátio consumidor	R\$ 260,00/t posto porto
<b>Distância do Mercado Consumidor/ Porto</b>	0	0	100	100

<sup>1</sup> CCC - Conta de Consumo de Combustíveis é um tributo pago por consumidores de energia do sistema integrado nacional de distribuição elétrica para subsidiar os combustíveis da geração termelétrica das áreas não atendidas pela rede geral de eletrificação.

<sup>2</sup> Cavaco úmido (40%).

<sup>3</sup> Resíduos sólidos de madeira para queima.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Um breve descritivo dos cenários avaliados está apresentado a seguir:

- a. **Cenário 1 – Co-geração de Energia:** O cenário 1 representa o perfil de uma serraria de médio porte de produção industrial (consumo médio de 2.200 m<sup>3</sup> de madeira em tora/mês) localizada (em princípio) em região remota, isolada do sistema interligado de energia elétrica. Esta situação coloca a fábrica em uma condição comumente observada na região Norte do Brasil, onde a energia elétrica para uso industrial é oriunda de geradores movidos a motor diesel.

Nesta análise partiu-se do pressuposto que tal empreendimento já utiliza resíduos de madeira para abastecer uma caldeira e que, portanto, já está produzindo energia térmica para processo industrial na secagem de madeira serrada. Neste cenário previu-se a geração e conseqüente utilização de um excedente de resíduos de madeira na própria serraria que totalizaria aproximadamente 570 t/mês. O resíduo excedente gerado nesta serraria poderia assim ser utilizado na geração de energia elétrica em regime de co-geração através de um motor alternativo a vapor funcionando de forma complementar ao motor baseado em diesel;

- b. **Cenário 2 – Termelétrica de Médio Porte:** O cenário 2 foi caracterizado pela implantação de uma termelétrica composta por um conjunto de pequenos e médios geradores de resíduo atuando em forma de cooperativa ou atendendo um único consumidor de resíduos de madeira. Pode ser ainda uma termelétrica servindo a um município que gere o volume suficiente de resíduo para a produção de energia elétrica.

A energia gerada pode ser revertida para consumo na cooperativa, no município ou ainda ser comercializada e disponibilizada na rede de distribuição. A demanda necessária de resíduo é de 11.900 t/mês abastecendo uma turbina de condensação que gere 7,0 MWh de energia elétrica. Considerou-se que cerca de 10% desta energia seja consumida no próprio processo, a chamada energia parasita. O restante dos cerca de 52.000 MW gerados em um ano estaria livre para comercialização. A energia gerada teria condição de abastecer uma cidade com população equivalente a 56 mil habitantes;

- c. **Cenário 3 – Produção de Briquete para Energia:** O cenário 3 considerou o consumo de resíduos de madeira, mais especificamente cavaco, para a produção de briquetes. Assumiu-se ainda como premissa o consumo de resíduos sólidos de madeira no abastecimento da fornalha. A energia térmica gerada na fornalha pode ser utilizada na secagem da matéria prima (cavaco) que normalmente tem um teor de umidade muito acima do adequado para o processo de fabricação do briquete.

Definiu-se um consumo de cavaco da ordem de 740 t/mês, o que corresponderia a uma produção de 356 t/mês de briquete para ser comercializado no mercado regional ou nacional. Em termos de dimensionamento, para secar os resíduos que via de regra devem ser adquiridos com teor de umidade elevado (entre 40-50%), o cenário ainda previu o consumo de outras 123 t/mês de resíduo sólido de madeira para queima;

- d. **Cenário 4 – Produção de Pélete para Energia:** O cenário 4 é similar ao anterior, exceto por ter sido considerada a fabricação de pélete para fins energéticos. O foco deste cenário foi a produção voltada ao mercado de exportação, mais especificamente para atender a crescente demanda do mercado europeu e norte americano por este produto, considerando que o consumo no mercado doméstico é insipiente. Neste cenário foi dimensionado o consumo de 2.000 t/mês de cavaco úmido (com 40% de umidade) para processo e ainda resíduos sólidos para geração de energia térmica ao processo de secagem (equivalente a 330 t/mês). Com este consumo, a planta industrial considerada produz mensalmente 950 toneladas de pellets. A principal diferença entre os cenários 3 e 4 é o porte de investimento, que é cerca de 15% maior para a instalação da peletizadora, contudo com uma capacidade produtiva quase quatro vezes maior que a briquetadeira.

Os cenários escolhidos, além de serem aplicáveis a situações típicas encontradas na região Norte, são igualmente observados e de possível replicação em outras regiões do país. Devem ocorrer, entretanto, sempre que necessário, adequações às necessidades específicas regionais de cada gerador/consumidor de resíduos de madeira.

## **7 - Análise Econômico-Financeira dos Cenários**

A viabilidade econômica de cada cenário foi avaliada através de análise do fluxo de caixa descontado (FCD) no ano zero através dos indicadores Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR), e Payback<sup>3</sup> a uma taxa de desconto, ou taxa mínima de atratividade (TMA), de 10% aa. em um horizonte de análise de 15 anos.

Para a análise foram utilizados métodos determinísticos de engenharia econômica usualmente empregados em análises desta natureza.

---

<sup>3</sup> Valor Presente Líquido (VPL): valor presente de receitas e despesas futuras descontadas a uma taxa de desconto (TMA), menos o custo do investimento inicial. Indica a rentabilidade do negócio em Reais;

Taxa Interna de Retorno (TIR): taxa necessária para igualar o VPL a zero. TIR próxima da TMA indica maior o risco do negócio; e

Payback: expressa o tempo necessário para recuperar o montante inicial investido. O payback permite interpretar o grau de risco no negócio pretendido. Quanto maior o payback, maior o risco associado.

Em termos de investimentos, a análise econômico-financeira considerou a utilização de recursos privados e de financiamento para aquisição de equipamentos/maquinários através de linhas de financiamento do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social)<sup>4</sup> para a operação de cada cenário, com exceção do cenário 3 (termelétrica) no qual o benefício CCC<sup>5</sup> foi considerado.

No cálculo de impostos em todos os cenários, optou-se pelo método de lucro presumido, aplicável quando as receitas totais anuais do projeto não ultrapassam R\$ 48 milhões, garantindo alíquotas mais reduzidas. Assim, foram consideradas as seguintes alíquotas na análise de viabilidade: (i) CSLL (0,68%); (ii) IR (2,40%); (iii) PIS (0,65%); e, (iv) COFINS (3,00%).

O ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços) não foi considerado neste estudo devido a possíveis diferenças de tributação entre estados ou mesmo a não incidência em estados que incentivem o aproveitamento de resíduos de madeira.

O cálculo de receitas considerou os seguintes aspectos:

- a. Cenário 1 – receita estimada equivalente à economia de combustível na unidade industrial, na substituição correspondente ao preço pago pela geração com base em óleo diesel;
- b. Cenário 2 – receita pela venda de energia a preço negociável na Eletrobrás; Benefício de CCC até 75% do valor investido; impostos sobre as receitas desconsiderados nas receitas advindas do subsídio oferecido pelo CCC;
- c. Cenário 3 – receita oriunda da venda do briquete ao preço posto consumidor praticado na região de Belém-PA com base no levantamento de campo; e,
- d. Cenário 4 - receita oriunda da venda do pélete ao preço de exportação posto porto de Santos (FOB) com base no levantamento de campo.

---

<sup>4</sup> A FINAME (Agência Especial de Financiamento Industrial), subsidiária do BNDES oferece financiamentos às micro e pequenas empresas para aquisição de equipamentos. O financiamento é disponibilizado por instituições financeiras credenciadas. As condições sofrem pequenas variações conforme a instituição contratada: (i) limite de financiamento de até R\$ 1 milhão, limitado a 90% do valor dos equipamentos; (ii) carência de 12 meses; (iii) prazo de pagamento de até 60 meses; (iv) forma de pagamento através da tabela SAC com parcelas menores a cada pagamento; (v) taxa de juros de 6,5% aa. e TJLP limitada a 6% aa.; (vi) tarifa de contratação de 0,1% do financiamento; e (vii) tarifa de registro de garantia de R\$ 40,00 (Fonte: Caixa Econômica Federal - Jun/2009).

<sup>5</sup> CCC - Conta de Consumo de Combustíveis é um tributo pago por consumidores de energia do sistema integrado nacional de distribuição elétrica para subsidiar os combustíveis da geração termelétrica das áreas não atendidas pela rede geral de eletrificação (sistemas isolados). Cobrado nas "tarifas de distribuição" e nas "tarifas de uso" dos sistemas elétricos de distribuição e transmissão, o montante anual é fixado pela Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica) para cada empresa em função do seu mercado e da maior ou menor necessidade do uso das usinas termelétricas.

A estimativa de investimentos em máquinas e equipamentos em cada cenário baseou-se no dimensionamento dos mesmos e em orçamentos de fabricantes e fornecedores nacionais.

Por sua vez, os investimentos relativos às obras civis e instalações levaram em conta orçamentos preliminares apresentados por empresas especializadas, fornecedores de máquinas e equipamentos, prestadores de serviços e projetos similares desenvolvidos pelo consultor. Nos orçamentos considerados, pressupôs-se que existem margens possíveis de redução.

A tabela H apresenta uma síntese dos investimentos em ativos fixos compostos de máquinas e equipamentos, obras civis e despesas pré-operacionais (transporte, seguros, projeto e gerenciamento) de cada cenário.

**Tabela H – Investimentos em Ativo Fixo nos Cenários de Uso de Resíduos de Madeira (R\$)**

<i>Item</i>	<b>Cenário 1 (co-geração)</b>	<b>Cenário 2 (termelétrica)</b>	<b>Cenário 3 (briquete)</b>	<b>Cenário 4 (pélete)</b>
Máquinas e equipamentos	725.657,00	25.213.900,00	793.600,00	973.860,00
Obras civis e instalações	30.000,00	8.000.000,00	472.600,00	472.600,00
Despesas pré-operacionais	106.592,00	1.150.000,00	208.000,00	208.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>862.249,00</b>	<b>34.363.900,00</b>	<b>1.474.200,00</b>	<b>1.654.460,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor, base orçamentos fornecidos pelos principais fornecedores do setor (2009)

Observa-se ampla variação em investimentos necessários entre os cenários, desde R\$ 862 mil (co-geração) na co-geração de unidade de produção de madeira de médio porte (ex: serrarias na região Norte) até R\$ 34,4 milhões no caso de uma termelétrica de porte médio próxima de pólos geradores de grande volume de resíduos.

Assim, o cenário 1 (co-geração de energia) requer o menor investimento em máquinas e equipamentos, pois considera o aproveitamento de uma estrutura existente para aumentar a eficiência energética de um empreendimento de médio porte, a exemplo de uma serraria. Ele é seguido pelos cenários 3 e 4, respectivamente com investimentos em uma fábrica de pequeno-médio porte de briquetes e de péletes.

Nos cenários 3 e 4 estão consideradas as mesmas necessidades de obras civis e instalações por se tratar de plantas industriais bastante semelhantes, havendo apenas a diferença de alguns equipamentos.

Cabe ainda mencionar que o capital de giro também compôs o rol dos investimentos previstos. No entanto, este capital é apresentado isoladamente na tabela I, uma vez que não se trata de um investimento fixo inicial.

O capital de giro aplicado corresponde ao passivo circulante, incluindo mão-de-obra (com encargos sociais), seguros e custo equivalente com insumos, considerados neste estudo como o montante do segundo ano de operação de cada cenário. Conforme mencionado, o insumo/ matéria prima do cenário 1 – co-geração é o resíduo da própria fábrica e a este foi arbitrado o valor

correspondente ao custo de oportunidade do cavaco. A receita equivalente com a geração do vapor utilizado em processos industriais não está considerada neste investimento.

**Tabela I – Investimento em Capital de Giro (R\$)**

<i>Item</i>	<b>Cenário 1 (co-geração)</b>	<b>Cenário 2 (termelétrica)</b>	<b>Cenário 3 (briquete)</b>	<b>Cenário 4 (pélete)</b>
<b>CAPITAL DE GIRO</b>	135.686,00	13.238.489,00	683.077,00	1.466.574,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2009).

A tabela J, por sua vez, apresenta os diversos custos considerados no fluxo de caixa dos cenários, incluindo custo anual com mão-de-obra, insumos, manutenção, seguros e depreciação.

**Tabela J – Custos Anuais dos Cenários em Análise (R\$)**

<i>Tipo</i>	<b>Cenário 1 (co-geração)</b>	<b>Cenário 2 (termelétrica)</b>	<b>Cenário 3 (briquete)</b>	<b>Cenário 4 (pélete)</b>
Mão-de-obra	49.920,00	1.757.695,00	206.976,00	206.976,00
Insumos	81.838,00 <sup>1</sup>	11.314.044,00	469.770,00	1.252.366,00
Seguros (0,5% aa.) <sup>2</sup>	3.928,00	166.750,00	6.331,00	7.232,00
<b>TOTAL</b>	135.686,00	13.238.489,00	683.077,00	1.466.574,00

<sup>1</sup> Referente ao custo de produção do cavaco.

<sup>2</sup> Percentual médio para empreendimento comparável.

Fonte: Elaborado pelo autor (2009).

Nos cenários 3 e 4, o custo com mão-de-obra é o mesmo, pois ambos consideram a operação em dois turnos de 6 horas durante 22 dias/mês. No entanto, a peletizadora é mais eficiente que a briquetadeira com o mesmo período de operação.

A tabela K apresenta o total de gastos com impostos (CSLL, IR, PIS e COFINS, conforme indicados anteriormente) em cada cenário em análise.

**Tabela K – Custos Anuais com Impostos (R\$)**

<i>Tipo</i>	<b>Cenário 1 (co-geração)</b>	<b>Cenário 2 (termelétrica)</b>	<b>Cenário 3 (briquete)</b>	<b>Cenário 4 (pélete)</b>
<b>Imposto sobre Lucro Presumido</b>	- <sup>1</sup>	1.104.145,00	59.005,00	161.116,00

<sup>1</sup> Os impostos não se aplicam a este cenário pois a receita é virtual (economia em combustível/diesel).

Fonte: Elaborado pelo autor.

As entradas de caixa são apresentadas na tabela L, com base nas premissas e características de cada cenário (vide tabela G).

**Tabela L – Estimativa de Receitas Anuais (R\$)**

<i>Tipo</i>	<b>Cenário 1 (co-geração)</b>	<b>Cenário 2 (termelétrica)</b>	<b>Cenário 3 (briquete)</b>	<b>Cenário 4 (pélete)</b>
<b>Receita de Mercado</b>				
1. Venda de Energia	-	16.406.309,00	-	-
2. Venda de Briquete	-	-	876.744,00	-
3. Venda de Pélete	-	-	-	2.394.000,00
<b>Outras Receitas</b>				
4. Benefício CCC	-	25.772.905,00 <sup>1</sup>	-	-
5. Equivalente economia de combustível (óleo diesel)	1.157.707,00	-	-	-

<sup>1</sup> Correspondente à soma dos valores R\$ 14.452.053 e R\$ 11.320.852 aplicados no 1º e 2º anos respectivamente.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os indicadores financeiros dos cenários analisados estão apresentados na tabela M, levando em conta uma TMA de 10%.

**Tabela M – Indicadores Econômicos e Financeiros dos Cenários**

<b>Indicador</b>	<b>Cenário 1 (co-geração)</b>	<b>Cenário 2 (termelétrica)</b>	<b>Cenário 3 (briquete)</b>	<b>Cenário 4 (pélete)</b>
<b>VPL (BRL milhões)</b>	7.253	0	-1.433	1.682
<b>TIR (%)</b>	- <sup>1</sup>	10,0	-4,0	20,3
<b>PAYBACK (anos)</b>	- <sup>2</sup>	11	>15	8

<sup>1</sup> TIR inexistente, a análise se baseia no custo de oportunidade para uso do resíduo e a receita é a economia de energia proveniente do consumo de diesel. Este investimento se insere dentro de um empreendimento industrial, não se constituindo como empreendimento isolado sujeito à análise da TIR.

<sup>2</sup> Payback inexistente, o fluxo de caixa não é negativo no primeiro ano e não há valor a ser recuperado ao longo da análise.

Fonte: Elaborado pelo autor (2009)

Os resultados econômicos dos cenários não são comparáveis entre si, em função da diferença, entre outros, do porte do investimento e da escala do empreendimento.

De forma a avaliar os possíveis impactos de alterações em variáveis chaves em cada cenário, foi conduzida uma análise de sensibilidade do VPL e da TIR em relação a estes aspectos. Na análise, alterou-se as principais variáveis que podem afetar a viabilidade econômica do projeto, notadamente

o custo da matéria prima, a distância do empreendimento ao mercado consumidor final e o preço de venda do produto final (este afetado pela distância mencionada).

Variações ainda que pequenas, nos fatores citados podem provocar sensíveis alterações no resultado da avaliação econômica e financeira.

Considerando que no Cenário 1 (Co-geração) o custo da matéria prima foi o custo de oportunidade, a distância ao consumidor foi zero e a receita foi considerada virtual e equivalente à economia com despesa com óleo diesel, a análise de sensibilidade não pôde ser realizada.

No Cenário 2 (Termelétrica), a análise de sensibilidade dos indicadores econômicos foi realizada em função da variação do custo de matéria prima e do preço de venda da energia elétrica. Os resultados estão apresentados na tabela N.

Os resultados do cenário 2 apresentaram alta sensibilidade às variações de preço de venda da energia elétrica. Conforme mencionado, este valor é passível de negociação junto à Eletrobrás e é preponderante para a viabilidade do empreendimento. Observa-se ainda maior sensibilidade dos indicadores ao custo da matéria prima do que à variação no preço de venda da energia elétrica.

**Tabela N – Análise de Sensibilidade dos Indicadores do Cenário 2 à Variação do Custo de Matéria Prima (Cavaco) e Preço de Venda da Energia Elétrica**

Variação no Custo de Matéria Prima	Indicador	Variação no Preço de Venda da Energia Elétrica				
		-20%	-10%	0% (Cenário Base)	10%	20%
20%	VPL (R\$ 1.000)	-46.205,00	-33.402,00	-20.599,00	-7.796,00	5.007,00
	TIR (%)	-	-	-1,0	5,7	12,8
10%	VPL (R\$ 1.000)	-35.905,00	-23.102,00	-10.299,00	2.504,00	15.306,00
	TIR (%)	-	-2,9	4,1	11,5	19,3
0% (Cenário Base)	VPL (R\$ 1.000)	-25.605,00	-12.803,00	0	12.803,00	25.606,00
	TIR (%)	-	2,4	10	18,1	26,9
-10%	VPL (R\$ 1.000)	-15.306,00	-2.503,00	10.300,00	23.103,00	35.906,00
	TIR (%)	0,5	8,4	16,8	25,9	36,0
-20%	VPL (R\$ 1.000)	-5.006,00	7.797,00	20.599,00	33.402,00	46.205,00
	TIR (%)	6,7	15,4	24,8	35,2	46,8

Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela O apresenta os resultados da análise de sensibilidade para o Cenário 3 (produção de briquete). A análise considerou os fatores custo de matéria prima e distância do empreendimento ao mercado consumidor, que afetam diretamente o custo do produto a ser comercializado. Neste caso, observou-se sensibilidade praticamente similar dos indicadores em relação à variação de ambos os fatores.

A viabilidade econômica do empreendimento do cenário 3 aproxima-se da TMA/taxa de desconto apenas quando o mesmo se localiza muito próximo do consumidor final e quanto combinado a uma redução de 20% no custo da matéria prima.



**Tabela O – Análise de Sensibilidade dos Indicadores à Variação do Custo de Matéria Prima (Cavaco) e Distância do Consumidor para o Cenário 3**

Variação nos Custos de Matéria Prima	Indicador	Variação na Distância do Consumidor (km)				
		0	50	100 (Cenário Base)	150	200
20%	VPL (R\$ 1.000)	-1.524,00	-2.127,00	-2.164,00	-2.484,00	-2.804,00
	TIR (%)	-4,1	-	-	-	-
10%	VPL (R\$ 1.000)	-1.159,00	-1.762,00	-1.799,00	-2.119,00	-2.439,00
	TIR (%)	-0,9	-	-	-	-
0% (Cenário Base)	VPL (R\$ 1.000)	-793,00	-1.397,00	-1.434,00	-1.754,00	2.074,00
	TIR (%)	2,3	-3,7	-4,0	-	-
-10%	VPL (R\$ 1.000)	-428,00	-1.032,00	-1.069,00	-1.389,00	-1.709,00
	TIR (%)	5,7	-0,3	-0,7	-4,0	-
-20%	VPL (R\$ 1.000)	-63,00	-667,00	-704,00	-1.024,00	-1.344,00
	TIR (%)	9,3	3,1	2,8	-0,6	-4,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, os resultados da análise de sensibilidade para o cenário 4, quanto à variação do custo de matéria prima e distância do consumidor, são apresentados na tabela P.

**Tabela P – Análise de Sensibilidade dos Indicadores à Variação do Custo de Matéria Prima (Cavaco) e Distância do Consumidor para o Cenário 4**

Variação nos Custos de Matéria Prima	Indicador	Variação na Distância do Consumidor (km)				
		0	50	100 (Cenário Base)	150	200
20%	VPL (R\$ 1.000)	1.443,00	-167,00	-264,00	-1.117,00	-1.970,00
	TIR (%)	18,0	9,1	8,6	4,1	-0,4
10%	VPL (R\$ 1.000)	2.415,00	806,00	709,00	-144,00	-997,00
	TIR (%)	24,4	14,6	14,0	9,2	4,5
0% (Cenário Base)	VPL (R\$ 1.000)	3.388,00	1.779,00	1.682,00	829,00	-25,00
	TIR (%)	32,1	20,9	20,3	15,0	9,9
-10%	VPL (R\$ 1.000)	4.361,00	2.751,00	2.654,00	1.801,00	948,00
	TIR (%)	41,3	28,4	27,7	21,6	16,0
-20%	VPL (R\$ 1.000)	5.333,00	3.724,00	3.627,00	2.774,00	1.921,00
	TIR (%)	53,0	37,5	36,6	29,6	23,1

Fonte: Elaborado pelo autor.

O cenário 4 apresentou maior sensibilidade às variações na distância do empreendimento ao mercado consumidor do que ao custo de matéria prima.

Em resumo, a atratividade do aproveitamento de resíduos de madeira para a geração de energia elétrica está diretamente relacionada ao preço negociado pela energia, ao preço da matéria prima, e a atratividade do aproveitamento de resíduos para geração de produtos para fins energéticos está diretamente relacionado ao preço dos resíduos e à produtividade do equipamento.

Adicionalmente, o estudo identificou as distâncias máximas de transporte dos produtos para fins energéticos ao mercado consumidor, nos cenários 3 e 4, que ainda gerem viabilidade econômica aos empreendimentos.

A Tabela Q apresenta os resultados da distância máxima ao mercado em ambos os cenários.

**Tabela Q – Resultados da Distância Máxima ao Consumidor para Todos os Cenários**

<b>Cenário de Análise</b>	<b>Distância Máxima de Transporte do Produto ao Mercado Consumidor (km)</b>
<b>Cenário 1</b>	Na <sup>1</sup>
<b>Cenário 2</b>	Na <sup>1</sup>
<b>Cenário 3</b>	0 km para uma TMA de 9,3%
<b>Cenário 4</b>	198,6 km <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Na – não aplicável, uma vez que no cenário 1 o consumo da energia gerada ocorre no próprio local de geração e no cenário 2 pressupõe-se que a termelétrica estará localizada junto à linha de transmissão de energia, em ambos os casos não acrescentando custo relativo à esta distância.

<sup>2</sup> Distância média de transporte identificada nos levantamentos de campo entre as empresas visitadas nos estados da região Centro-Oeste e Norte (MT e PA).

Fonte: Elaborado pelo autor.

## **8 - Lacunas de Informação Associadas ao Maior Aproveitamento de Resíduos de Madeira**

Os levantamentos de campo e a compilação das informações resultaram na identificação de diversas lacunas de informação associadas a um melhor aproveitamento de resíduos de madeira no Brasil.

Em termos gerais, observou-se falta de informações e estatísticas sobre a real participação de resíduos de madeira na matriz energética nacional e regional, bem como seu potencial para fins energéticos. Os institutos e associações que trabalham com o tema ainda não estão estruturados e faltam estatísticas regulares e comparáveis sobre o tema.

Os levantamentos de campo também apontaram um déficit de informação referente à possibilidade de gerar energia elétrica a partir da queima dos resíduos de madeira por parte de muitos madeireiros, notadamente na região Norte do país.

Observou-se ainda à falta de conhecimento técnico sobre o melhor aproveitamento de resíduos (tecnologias disponíveis e profissionais adequados) e

de difusão de linhas de financiamento disponíveis para seu maior aproveitamento. No entanto, identificou-se também a falta de linhas de crédito adequadas (em número e abrangência) para este fim, além daquelas tradicionais como o BNDES.

Não obstante, não é do conhecimento da maioria das empresas geradoras e consumidoras de resíduos de madeira, que os subsídios da CCC/CDE estão acessíveis e que se referem à substituição do consumo de combustíveis fósseis por combustíveis alternativos para geração termelétrica nos sistemas interligado e isolado. O custo deste subsídio é rateado entre todos os consumidores do sistema interligado com o intuito de financiar a universalização do acesso à energia elétrica no país.

Devido a este déficit de informação, os resíduos de madeira são considerados como um problema/ passivo industrial, e não como fonte de redução de custos e como oportunidade de geração de renda.

Embora existam pesquisas comparativas sobre o poder calorífico de briquete e do pélete comparativamente a outras fontes de energia, como lenha e carvão, estas informações, devido a limitações geográficas e tecnológicas, não estão facilmente disponíveis a muitos geradores de resíduos e para aqueles que consomem biomassa para fins energéticos.

Igualmente a comercialização de créditos de carbono e a inserção no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no contexto do aproveitamento de resíduos de madeira são possibilidades ainda recentes e pouco difundidas ou exploradas no Brasil, principalmente nas regiões mais remotas onde a geração e acúmulo de resíduos são elevados.

Adicionalmente, o mercado potencialmente consumidor de produtos como briquete e pélete tem pouco ou nenhum conhecimento sobre estes produtos ou sobre suas características técnicas que poderiam favorecer sua utilização em detrimento à queima de lenha, principalmente em fornos artesanais.

## **9 - Linhas Prioritárias de Pesquisa**

As linhas de pesquisa necessárias sobre o tema e que foram identificadas nos levantamentos primários e secundários estão classificadas da seguinte forma: (i) aquelas direcionadas ao desenvolvimento tecnológico, (ii) aquelas que visam o melhor aproveitamento de resíduos de madeira e, (iii) aquelas voltadas à redução dos volumes de resíduos gerados.

Especialmente através dos levantamentos de campo, observou-se a necessidade de desenvolver linhas prioritárias de pesquisa quanto aos temas mencionado, nos termos descritos a seguir:

- a. Desenvolvimento Tecnológico
  - i. Logística de movimentação de resíduos em função de localização da fonte geradora bem como movimentação de produtos do aproveitamento dos resíduos em função de mercado consumidor;

- ii. Estudos específicos sobre o teor de umidade da biomassa da madeira apropriado para seus diferentes fins;
  - iii. Sistemas de carbonização com melhor aproveitamento da matéria-prima e de seus resíduos, gerando produtos de maior qualidade;
  - iv. Estudo aplicado sobre a gaseificação de biomassa da madeira, ainda pouco difundida e com custos bastante elevados;
  - v. Desenvolvimento de motores a vapor mais eficientes;
  - vi. Estudo sobre a utilização e custos de mini turbinas (menor que 1 MW/h) para geração de energia em sistemas/comunidades isoladas a partir da queima de biomassa;
  - vii. Procedimentos para a descontaminação de resíduos de madeira da construção civil.
- b. Melhor Aproveitamento de Resíduos de Madeira
- i. Pesquisa de mercado consumidor e produtor de resíduos de madeira, cavaco, briquete e pélete;
  - ii. Estudos detalhados de viabilidade econômico-financeira de aproveitamento de resíduos de madeira para os diferentes segmentos geradores, com foco não apenas no fim energético, mas também para fins de maior agregação de valor através da transformação em produtos como painéis reconstituídos de madeira;
  - iii. Estudos visando o incentivo do uso de biomassa por parte das companhias geradoras de eletricidade;
  - iv. Estudos de impacto dos incentivos fiscais nos diferentes segmentos a fim de promover maior aproveitamento do resíduo de madeira;
  - v. Efeito da mistura de matéria orgânica com resíduo vegetal (incluindo resíduo de madeira) na formação de composto, contribuindo para diminuição no acúmulo de matéria orgânica em aterros sanitários e centros urbanos;
  - vi. Estudo quantitativo sobre a geração e destinação de resíduo de madeira na construção civil, devido à falta de informações no segmento; e
  - vii. Impacto da fiscalização ambiental na queima de resíduos em fornos artesanais.
- c. Redução no Volume Gerado
- i. Substituição da madeira por outras matérias-primas que gerem menor volume de resíduos ou tipos de resíduos que tenham melhor aproveitamento energético;

- ii. Escolha de espécies arbóreas que causem menor dano à rede elétrica e viária/passeios e, portanto, reduzindo a geração de resíduos por ocasião de poda em centros urbanos; e
- iii. Estudo sobre a utilização de tecnologias de transformação da matéria prima (tora) em produtos que gerem menor volume de resíduos (ex: maquinários e equipamentos em serrarias e fábricas de compensado de madeira).

## ***10 - Diretrizes e Linhas de Ação para Políticas Públicas de Uso Energético de Resíduos de Madeira***

Da análise sobre os principais elementos das políticas atuais que tratam sobre o uso de resíduos de madeira no plano federal, pôde-se constatar preocupação apenas indireta sobre o aproveitamento de resíduos de madeira nas políticas nacionais vigentes.

É fato que os resíduos de madeira não são mais vistos somente como sinônimo de passivo ambiental, tendo ocorrido iniciativas de fomento de alternativas de uso adequado dos mesmos, entre eles para fins energéticos. A maioria das iniciativas existentes, todavia, ainda ocorrem no plano privado, a exemplo da busca por auto-suficiência energética e oportunidades de negócios quanto ao destino aos resíduos gerados.

O tratamento dado sobre a utilização dos resíduos de madeira para fins energéticos como política pública é, portanto, ainda incipiente, tendo sido identificadas poucas ações concretas diretamente relacionadas com este fim nas políticas atuais.

Não obstante, a maioria dos elementos das políticas existentes ainda se encontra em fase inicial de implementação e não possui um mecanismo de monitoramento de resultados a elas vinculados, o que é agravado pelo fato das políticas e programas existentes estarem sob coordenação de ministérios distintos (MME e MMA), não integrando as ações sobre o tema.

Deste modo, constata-se a necessidade de consolidação da mudança de paradigma já iniciada, no sentido de considerar os resíduos de madeira como insumo e subproduto para diferentes usos, e em especial, para fins energéticos. Adicionalmente, tal mudança de paradigma deve dar às políticas atuais uma nova roupagem, que não seja centrada somente em mecanismos de comando e controle, mas igualmente em mecanismos de estímulo e fomento.

Neste contexto, propôs-se a definição de diretrizes e linhas de ação com o objetivo de fomentar e estimular um maior e melhor aproveitamento de resíduos de madeira, visando reduzir o desperdício de recursos e a poluição e aumentar a eficácia das políticas públicas.

As diretrizes e linhas de ação propostas neste estudo contemplaram principalmente a utilização dos resíduos para fins energéticos, não abrangendo especificamente a geração dos resíduos propriamente dita (mérito de outro estudo complementar ao presente documento).

Tais diretrizes e linhas de ação foram eleitas a partir dos elementos das políticas existentes anteriormente analisadas, de exemplos em outros países, dos resultados evidenciados nos levantamentos de campo e dos temas considerados prioritários para o fomento do uso de resíduos de madeira para fins energéticos.

As diretrizes e linhas de ação propostas sobre o tema foram divididas em gerais e específicas.

A seguir apresentam-se as **diretrizes gerais**, as quais objetivam trazer instruções gerais que direcionem e orientem a criação, implementação e condução de uma ou mais políticas públicas que tratem sobre o fomento ao uso de resíduos de madeira para fins energéticos:

- a. **Diretriz Geral 1 - Maior disponibilidade e divulgação de informações:** Maior disponibilização e divulgação de informações-chaves ao processo de fomentar o aproveitamento de resíduos de madeira ao fim desejado (energia) foi a primeira diretriz geral proposta. Isto se deve ao fato de que o presente estudo identificou lacunas e falta de informações detalhadas sobre as alternativas de uso de resíduos de madeira para fins energéticos aos usuários e demais atores do processo, bem como falta de conhecimento de muitos usuários de madeira e energia, sobre as políticas e alternativas tecnológicas disponíveis ao aproveitamento dos mesmos. Não obstante mais informações sobre o tema permite a tomada de decisão mais segura por parte do Poder Público quanto aos rumos a serem dados sobre a revisão das políticas atuais ou do estabelecimento de uma política, programa ou plano específico sobre o tema pelo MMA;
- b. **Diretriz Geral 2 - Maior sinergia institucional e integração entre as políticas existentes:** Uma maior sinergia entre as instituições envolvidas nesta temática e maior integração entre as políticas existentes justificam-se como diretriz geral, na medida em que a maioria das políticas atuais relacionadas com o tema é conduzida pelo MMA e MME de forma isolada, não havendo integração entre as mesmas. Portanto, maior sinergia e integração são necessárias, já que o fomento ao uso de resíduos de madeira para fins energéticos envolve proposições que integram, entre outros temas, o meio ambiente (resolução de passivos ambientais, diminuição da poluição, outros), redução do desperdício (mudança de paradigma, visualizando os resíduos como insumo) e a geração de energia;
- c. **Diretriz Geral 3 - Foco em regiões prioritárias:** O fomento ao uso de resíduos de madeira em regiões definidas como prioritárias é outra diretriz geral considerada importante, na medida em que existem diferentes realidades e tratamentos que vêm sendo dados para os resíduos de madeira no país. As regiões prioritárias são aquelas que, através da sua conjuntura e condições naturais, são tradicionalmente grandes geradoras de resíduos sem claro aproveitamento.

Notadamente, tratam-se de vastas extensões nas regiões Centro Oeste e Norte do país, que geram volumes expressivos de resíduos de madeira através do processamento mecânico da mesma. A tratativa do tema como diretriz justifica-se na medida em que em tais regiões os resíduos de madeira não são aproveitados economicamente, sendo ainda sinônimo de um passivo ambiental expressivo. Por esta razão, tais regiões deveriam ser tratadas como prioritárias ao estímulo do aproveitamento de resíduos de madeira;

- d. **Diretriz Geral 4 - Garantia da sustentabilidade ambiental e participação social:** O aproveitamento de resíduos de madeira, seja para fins energéticos ou outro, está diretamente relacionado com a necessidade de sustentabilidade ambiental e de participação e inclusão social, na medida em que sem a integração de tais aspectos socioeconômicos em uma ou mais políticas voltadas ao tema, a eficácia de novas propostas está comprometida. Assim, a garantia da sustentabilidade ambiental e a participação social é outra diretriz geral;
- e. **Diretriz Geral 5 - Identificação de mecanismos de estímulo e fomento:** A última diretriz geral proposta é a identificação de mecanismos de estímulo e fomento ao uso de resíduos de madeira para fins energéticos. Estes são necessários para uma efetiva mudança de paradigma no país, objetivando o aproveitamento máximo de resíduos de madeira como insumos de um processo produtivo. Para tanto, devem ser identificados mecanismos que procurem tornar, em todo o país, estes resíduos em insumos ou subprodutos passíveis de utilização.

Cada diretriz geral proposta foi associada a várias linhas de ação, entendidas como sendo o conjunto de iniciativas e de ações específicas que possibilitam a implementação de tais diretrizes.

As linhas de ação associadas a cada diretriz geral, foram dispostas em termos de uma linha cronológica de execução (curto, médio e/ou longo prazo) e vinculadas a um ou mais ministérios responsáveis por sua condução (MMA e/ou MME).

A tabela R resume a diretriz geral e linhas de ação propostas.

A diretriz geral 5, entretanto, por possuir relação mais estreita com o tema objeto do presente estudo - identificação de mecanismos de estímulo e fomento - bem como interface com as demais diretrizes gerais, foi detalhada em **diretrizes específicas**, cada qual relacionada a várias linhas de ação.

**Tabela R – Diretrizes e Linhas Gerais de Ação Propostas**

<b>Diretriz 1: Maior Disponibilidade e Divulgação de Informações</b>		
<b>Linhas de Ação</b>	<b>Execução</b>	<b>Condução</b>
1 - Identificação das lacunas de informação e revisão e consolidação das informações existentes	Curto prazo	MMA
2 - Consolidação das informações em um sistema eletrônico (SISNIMA ou outro)	Curto prazo	MMA
3 - Integração das informações do MMA e MME no sistema eletrônico	Curto e Médio prazo	MMA e MME
4 - Aprimoramento das informações	Médio prazo	MMA e MME
5 - Divulgação das informações	Médio prazo	MMA e MME
6 - Monitoramento do sistema e reavaliação das informações	Médio e Longo prazo	MMA e MME
<b>Diretriz Geral 2: Maior Sinergia Institucional e Integração entre as Políticas Existentes</b>		
1 - Maior sinergia entre MMA e outros ministérios (MME) nas políticas de uso de resíduos de madeira	Curto e médio prazo	MMA e MME
2 - Maior sinergia entre União, Estados e Municípios na coordenação de políticas sobre o tema	Médio e longo prazo	MMA e MME
<b>Diretriz Geral 3: Foco nas Regiões Prioritárias</b>		
1 - Concepção e implementação prioritária de políticas, programas e/ou planos na região Centro-Oeste e Norte	Médio prazo	MMA e MME
2 - Desenvolvimento de projetos piloto	Médio prazo	MMA e MME
3 - Avaliação dos projetos e monitoramento de indicadores de resultados	Médio e longo prazo	MMA e MME
<b>Diretriz Geral 4: Garantia da Sustentabilidade Ambiental e Participação Social</b>		
1 - Conhecimento da realidade atual e das iniciativas existentes	Curto e médio prazo	MMA e MME
2 - Concepção e implementação de políticas, programas e/ou planos que contemplem sustentabilidade ambiental e participação social	Médio prazo	MMA e MME
3 - Desenvolvimento de projetos piloto	Médio prazo	MMA e MME
4 - Avaliação de projetos e monitoramento dos resultados	Médio e longo prazo	MMA e MME
<b>Diretriz Geral 5: Identificação de Mecanismos de Estímulo e Fomento</b>		

Elaboração: Autor (2009)

Estas diretrizes específicas, que foram eleitas após uma análise dos temas prioritários a serem estimulados e fomentados, de acordo com as políticas vigentes no Brasil e no mundo, estão apresentadas a seguir:

- a. **Diretriz Específica 1 - Investimento em P&D, inovação tecnológica e eficiência energética:** A realização de investimentos em P&D, inovação tecnológica e em melhoria da eficiência energética é fundamental para permitir um maior e melhor aproveitamento dos resíduos de madeira com propósito energético. Isto é válido especialmente nas regiões e localidades que concentram o problema de acúmulo ou desperdício de resíduos, através da queima direta sem



o devido conhecimento de alternativas de mercado e de tecnologia de transformação energética;

- b. **Diretriz Específica 2 - Existência de incentivos financeiros, creditícios, e fiscais:** A segunda diretriz específica é a identificação de mecanismos e incentivos financeiros, creditícios e fiscais. Estes mecanismos formam o diferencial necessário à viabilização de empreendimentos (de maior ou menor porte) voltados ao aproveitamento energético dos resíduos de madeira, especialmente em razão da falta de sua valorização em muitas regiões do país, da demanda energética crescente, dos altos custos de geração e fornecimento de energia em regiões remotas e da necessidade de investimento de longo prazo na transformação dos resíduos;
- c. **Diretriz Específica 3 - Criação de outros mecanismos de estímulo e fomento:** Além da identificação de incentivos financeiros, creditícios e fiscais, a criação de outros mecanismos inovadores de estímulo e fomento ao uso de resíduos de madeira para fins energéticos, não relacionados com as diretrizes anteriores, é igualmente necessária, considerando que a diversidade de elementos é sinônimo de maior oportunidade de êxito das propostas;
- d. **Diretriz Específica 4 - Regulamentação do fomento do uso dos resíduos de madeira para fins energéticos:** Tal diretriz ganha especial relevância na medida em que muitos dos elementos constantes nas demais diretrizes e linhas de ação específicas necessitam de fundamento legal para serem efetivamente implementados.

Para cada diretriz específica de estímulo e fomento foi definido um **objetivo**, o principal **público-alvo** a ser atingido e as principais **linhas de ações**, como se pode observar na tabela S.

**Tabela S – Diretrizes Específicas e Linhas de Ação Propostas**

<b>Diretriz Específica 1: P &amp; D, Inovação Tecnológica e Eficiência Energética</b>	
<b>Objetivo</b>	Desenvolver tecnologias de aproveitamento de resíduos de madeira voltadas à maior competitividade e eficiência energética, agregação de valor, redução de impactos e garantia de qualidade ambiental dos processos produtivos.
<b>Principal público-alvo</b>	Empreendimentos geradores e potenciais consumidores de resíduos de madeira, em localidades que geram significativa quantidade de tais resíduos, especialmente pólos industriais isolados do país
<b>Linhas de Ação</b>	1 - Identificação e análise das linhas de P & D e das tecnologias existentes X vis-à-vis barreiras de implementação e de acesso
	2 - Priorização de linhas de pesquisa e estudos sobre o tema
	3 - Estabelecimento de parcerias e acordos de cooperação técnica, para a pesquisa com novas tecnologias energéticas e maior eficiência energética na transformação de resíduos de madeira
	4 - Divulgação dos resultados das pesquisas e tecnologias geradas existentes e implementação de projetos pilotos

**Tabela S – Diretrizes Específicas e Linhas de Ação Propostas**

(continuação)

<b><i>Diretriz Específica 2: Incentivos Financeiros, Creditícios e Fiscais</i></b>	
<b>Objetivo</b>	Criar incentivos que fomentem o uso de resíduos de madeira, gerando maior eficiência energética e menor produção de impactos ambientais através dos processos produtivos.
<b>Principal público-alvo</b>	Empreendimentos geradores de resíduos sólidos (incluindo de madeira) e potenciais consumidores interessados na transformação destes resíduos em energia
<b>Principais Linhas de Ação</b>	1 - Revisão dos incentivos financeiros, creditícios e fiscais existentes 2 - Criação de formas de incentivos financeiros, creditícios e fiscais inovadoras 3 - Articulação da implementação e a divulgação dos mecanismos de incentivo consolidados
<b><i>Diretriz Específica 3: Criação de Outros Mecanismos de Estímulo e Fomento</i></b>	
<b>Objetivo</b>	Diversificar os mecanismos existentes a fim de ampliar as chances de êxito das propostas de uso de resíduos de madeira.
<b>Principal público-alvo</b>	Empreendimentos geradores e potenciais consumidores de resíduos de madeira e de energia
<b>Principais Linhas de Ação</b>	1 - Avaliação de outros mecanismos específicos de estímulo e fomento 2 - Aprovação e implementação de outros mecanismos de estímulo e fomento
<b><i>Diretriz Específica 4: Regulamentação do Fomento do Uso dos Resíduos de Madeira para Fins Energéticos</i></b>	
<b>Objetivo</b>	Amparar legalmente as novas linhas de ação e elementos voltados ao fomento do uso de resíduos de madeira para fins energéticos.
<b>Principal público-alvo</b>	Geradores e consumidores de resíduos de madeira e de energia
<b>Principais Linhas de Ação</b>	1 - Identificar as propostas (diretrizes, linhas de ação e seus elementos) voltadas ao fomento ao uso dos resíduos de madeira para fins energéticos que necessitam de regulamentação 2 - Identificar o(s) instrumento(s) legal(is) apropriado(s) 3 - Consolidação e aprovação das propostas através do(s) devido (s) instrumento(s) legal(is)

Elaboração: Autor (2009)

**11 - Conclusões e Recomendações**

As atividades industriais madeireiras tradicionais no Brasil são altamente geradoras de resíduos de madeira, devido a diversos fatores, principalmente nas indústrias de processamento mecânico como serrarias, fábricas de lâminas e de compensado. Adicionalmente, o re-processamento e utilização da madeira no meio urbano, através da construção civil, a comercialização de produtos com embalagens com madeira, e as práticas de gestão de poda da arborização urbana acabam gerando volumes expressivos de resíduos de madeira nos pequenos e grandes centros em todo o país.

A geração destes resíduos ganha uma nova dimensão que merece ser melhor compreendida quando analisados os diferentes tipos e destinos de uso destes resíduos, bem como sua geografia de origem da produção e de consumo.

Em muitas regiões os resíduos de madeira são considerados um problema a ser trabalhado de forma adequada através de ações e políticas públicas eficazes, pois geralmente sua disposição ou utilização inadequada gera custos elevados ou danos ambientais. No entanto, o conhecimento do volume gerado, da qualidade e especificação dos resíduos e das possibilidades de uso deste material pode gerar uma alternativa viável de sua utilização.

Em linhas gerais, os principais aspectos identificados e tratados sobre a temática de aproveitamento energético de resíduos de madeira neste documento estão abaixo indicados:

#### **a. Problemática da Geração e do Aproveitamento de Resíduos**

No Brasil, volume expressivo de resíduos de madeira é gerado principalmente pelas indústrias madeireiras nos seus processamentos primários e secundários, sem aproveitamento racional ou econômico. Na maioria das vezes estes resíduos são desperdiçados por falta de mercados bem desenvolvidos, informações inadequadas ou inexistentes por parte dos agentes produtores e consumidores e falta de políticas públicas claras e orientadas para sua melhor utilização.

Esta situação é observada principalmente na região Amazônica e Central brasileira devido à falta de um mercado consumidor integrado aos agentes geradores de resíduos, preços não competitivos deste produto e logística inadequada associada às grandes distâncias de transporte.

Nas regiões Sul e Sudeste, onde existem mercados ativos e altamente integrados na produção e consumo de matérias primas de origem florestal, tal situação não se evidencia. Pelo contrário, nestas regiões se notam exemplos de aproveitamento destes resíduos através da integração de empresas privadas entre si (na compra e venda de resíduos a preços competitivos) e na interação público-privada (como no caso da geração e destino de resíduos urbanos de madeira, ainda que em evolução).

As empresas da região Norte alegam que, de certa forma, não tem estímulo para investir em tecnologias para o aproveitamento de resíduos de madeira devido à maior distância dos principais mercados consumidores de produtos como aqueles que produzem energia, briquetes, péletes, painéis de madeira reconstituídos, carvão, entre outros. Além disto, evidenciam-se incertezas quanto à sustentabilidade no acesso à matéria prima lenhosa e às incertezas na posse das terras. No entanto, identificam-se oportunidades que podem ser exploradas neste aproveitamento, principalmente aqueles para fins energéticos em regiões com elevada produção de resíduos e demanda crescente por energia.

#### **b. Alternativas Eficazes de Uso de Resíduos**

As alternativas mais eficazes de utilização de resíduos são para fins energéticos ou como matéria prima em produtos de maior valor agregado. Como biomassa,

estes resíduos podem ser utilizados para a geração de energia elétrica, térmica ou co-geração, para uso próprio ou comercialização (incluindo produtos como briquetes e péletes). Em termos de produtos que utilizam tal matéria prima, os destaques são para a celulose, papel, painéis reconstituídos de madeira (MDF, aglomerado, OSB e chapas duras). Estes usos consideram investimentos em tecnologias específicas que devem ser melhor avaliadas conforme o caso e propósito em questão.

Nos pólos geradores de resíduos visitados nas regiões Sudeste e Sul, observou-se sempre pelo menos 1 (um) grande consumidor de resíduos de madeira, para fins energéticos ou para outros fins. Este fato não foi observado nos estados das regiões Centro-Oeste e Norte do país.

Nas empresas das regiões Sudeste e Sul o uso dos resíduos de madeira para fins energéticos tem sido cada vez mais eficaz. Estas empresas, com uma visão de negócio e de investimento de longo prazo e com custos cada vez mais elevados de suas matérias primas, têm tratado os resíduos não mais como um problema ou passivo ambiental, mas como uma oportunidade em seu negócio, quer seja no seu processo industrial ou na comercialização do mesmo.

O aproveitamento no processamento da tora e conseqüentemente o volume de resíduos industriais gerados, estão de certa forma associados ao nível de tecnologia adotado pelas empresas e o tipo de matéria prima (plantada ou natural).

Exemplos de sucesso na utilização e destino de resíduos observado nas regiões Sul-Sudeste identificados através dos levantamentos de campo, podem servir para orientar políticas públicas em nível nacional, com benefícios entre outros para regiões onde este aproveitamento não tem sido eficiente.

No caso do resíduo de arborização urbana a destinação mais comum é o aterro sanitário. Em alguns destes aterros há segregação para compostagem e lenha, ou apenas compostagem e em menor proporção há municípios que utilizam ou destinam este resíduo para a geração de energia. Na totalidade dos municípios visitados existem conflitos entre as ações da prefeitura municipal e a companhia de distribuição de energia quanto à responsabilidade pela coleta e destinação dos resíduos.

Embora se observem iniciativas interessantes para a utilização de resíduos de madeira da construção civil, existem fatores restritivos que incluem políticas específicas sobre o tema, as dificuldades relativas à presença de elementos contaminantes nos resíduos, entre outros.

O volume de resíduos de madeira na construção civil é muito pequeno comparativamente aos demais. Além disso, as vantagens econômicas provindas da reciclagem de entulhos como cimento, argamassa, tijolos e outros são muito maiores. Assim, o resíduo de madeira não recebe na construção civil a devida atenção e ainda há muita falta de informação e de políticas específicas para este resíduo em particular.

### c. Políticas Públicas sobre Resíduos

O uso de fontes alternativas de energia é destacado entre as diretrizes das políticas energéticas brasileiras. No entanto, os programas voltados ao uso de biomassa ainda são incipientes no país, assim como as estatísticas oficiais sobre utilização de resíduos de madeira como fonte de energia.

Não há uma efetiva integração entre as políticas energéticas e as diretrizes ambientais voltadas aos resíduos no país, tampouco entre o MME e MMA, especificamente no que tange os resíduos de madeira de fontes diversas. Isto resulta em poucos projetos e ações concretas e articuladas voltados ao reaproveitamento de resíduos para geração de energia.

A maioria dos elementos constantes nas políticas existentes é bastante genérica e abrangente, representando grandes desafios de implementação. No entanto, as políticas atuais que possuem relação com o tema estão, em sua maioria, em fase inicial de implementação, não possuem um mecanismo de monitoramento de resultados a elas vinculados e são coordenadas por ministérios distintos, via de regra MMA e MME.

As políticas públicas e a legislação vigente, que tratam da responsabilidade pelo destino dos resíduos de madeira das indústrias e aqueles gerados pela manutenção da arborização urbana, não são claras.

No momento, não existe uma Política Nacional de Resíduos implementada no país, tampouco regras gerais aplicáveis a todas as atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, mas somente ao licenciamento ambiental como instrumento de tratamento e disposição adequada dos resíduos, e as Resoluções do CONAMA, programas e ações sobre setores e sub-temas específicos. Tal situação resulta em uma falta de uniformização de procedimentos e regulamentos que compromete os resultados pretendidos.

Alguns Estados têm procurado suprir as lacunas das políticas federais mencionadas, especialmente através da implementação de Políticas Estaduais de Resíduos Sólidos. Alguns possuem instrumentos de grande valia, como os Planos de Gerenciamento de Resíduos exigidos, via de regra, de Municípios e de empresas geradoras de resíduos, o que se traduz em um avanço significativo. Assim como na esfera federal, entretanto, as políticas estaduais estão ainda muito atreladas às diretrizes gerais, carecendo igualmente de regulamentações, projetos e ações efetivas.

Da mesma forma, no âmbito municipal, várias iniciativas inovadoras, inclusive voltadas ao aproveitamento de madeira oriunda de podas de árvores e a criação de usinas de reciclagem foram identificadas. Estas iniciativas podem ser aproveitadas por outros municípios brasileiros.

Considerando que a madeira normalmente é um produto de maior vida útil, observa-se que em geral o aproveitamento de tal tipo de resíduo não é tratado como prioritário pelas políticas existentes. Exceção de destaque ocorre no estado do MT, que possui o Programa de Desenvolvimento do Agronegócio da Madeira.

As previsões relacionadas com o tema existentes nas políticas atuais precisam ser melhor detalhadas no plano conceitual e institucional para resultar em ações mais claras e com resultados efetivos. Isto se apresenta como uma oportunidade para implementação de políticas e diretrizes eficientes, dado o potencial de aproveitamento de resíduos na maior parte do país.

#### **d. Análise Econômico-Financeira da Utilização de Resíduos**

O presente estudo contribuiu na identificação de alternativas ao uso de resíduos de madeira para fins energéticos através da definição e análise econômico-financeira de quatro cenários factíveis de aplicação no país.

O processo de co-geração de energia através da queima de resíduos para abastecer um motor alternativo a vapor, mostrou-se altamente atrativo. Contudo, é importante salientar que a análise avaliou a viabilidade do equipamento e do processo de geração de energia, sem avaliar necessariamente o empreendimento como um todo, por exemplo integrado com a operação de uma serraria. Este cenário é altamente plausível na maioria das serrarias e pequenas empresas transformadoras de madeira sólida em regiões remotas, com dependência na aquisição de energia elétrica para suas operações ao mesmo tempo em que são gerados volumes expressivos de energia.

No segundo cenário avaliado, utilizando o benefício CCC disponível para investidores que têm a intenção de instalar uma termelétrica abastecida com resíduos de madeira, a viabilidade econômica do empreendimento passa a depender basicamente de dois elementos: (i) o preço da matéria prima e (ii) o preço de venda da energia. Neste caso, o preço de venda da energia elétrica é o elemento que permite envolvimento rápido e eficaz de políticas públicas, onde existe o precedente de negociação entre o empreendedor e o Governo, objetivando o benefício de abastecimento de toda uma comunidade ou município, isolados ou não. Contudo este preço deve estar sujeito a uma análise criteriosa do custo benefício de tais empreendimentos por parte de ambos os interessados (setores público e privado).

Observou-se uma relação estreita da não viabilidade econômica do Cenário 3 (produção de briquete) com a baixa produtividade do equipamento e o baixo preço atual do produto no mercado analisado (Belém-PA). Nesta região é abundante a oferta de madeira para fins energéticos (ex: lenha), competindo diretamente com o mercado do briquete e reduzindo seu preço regional.

O Cenário 4 (produção de pélete) mostrou-se bastante viável, principalmente devido à alta produtividade do equipamento e perspectiva de retorno através de preços mais atraentes do produto nos mercados consumidores. Contudo, é importante observar que um empreendimento como o analisado precisa considerar sua distância máxima de seu destino final (consumidor ou porto de exportação) em função principalmente do custo de frete e do destino final (mercado de exportação).

### **e. Diretrizes e Linhas de Ação para Políticas Públicas de Uso Energético de Resíduos de Madeira**

Faz-se necessária uma consolidação da mudança de paradigma já iniciada, que considere os resíduos de madeira como um insumo e sub-produto do processo produtivo, especialmente para fins energéticos, o que passa pela adoção de mecanismos de estímulo e fomento.

Assim sendo, é fundamental uma revisão das políticas públicas atuais relacionadas com o tema, bem como a análise e adoção de novos elementos (diretrizes e linhas de ação) que estimulem e fomentem o uso de resíduos de madeira de forma sustentável e eficaz.

Sob esta perspectiva, foram propostos novos elementos (diretrizes e linhas de ação) que podem ser utilizados tanto para subsidiar as políticas atuais, quanto para integrá-los em uma política específica e independente voltada ao tema.

As diretrizes e linhas de ação propostas foram eleitas a partir dos elementos das políticas existentes, de exemplos encontrados em outros países, dos levantamentos de campo e dos temas considerados prioritários para o fomento ao uso e aproveitamento energético de resíduos de madeira.

A condução e implementação de tais diretrizes e linhas de ação pode se dar sob duas perspectivas (estratégias): (i) revisão e aprimoramento das políticas já existentes; ou (ii) criação de uma política, programa ou plano específico, no âmbito do MMA.

A decisão sobre a perspectiva de condução e implementação a ser dada às diretrizes e linhas de ação propostas passa por uma análise dos aspectos positivos e negativos de cada opção por parte do MMA, especialmente no que se refere ao potencial de eficácia de cada uma.

Independentemente da perspectiva dada à condução e implementação de tais diretrizes e linhas de ação (estratégia a ser adotada), um trabalho de integração com os elementos das demais políticas atualmente vigentes relacionadas com o tema é fundamental, assim como uma maior sinergia do MMA com outras instituições e ministérios, especialmente com o MME.

O MMA deve estar ciente que o uso de resíduos de madeira para fins energéticos possui um viés ambiental (problemática dos resíduos como fontes de poluição e danos ambientais) além do energético razão pela qual as primeiras iniciativas (curto prazo) devem ser lideradas por este ministério.

Acredita-se que as diretrizes e linhas de ação específicas propostas - vinculadas à identificação de mecanismos de estímulo e fomento - permitam trazer subsídios suficientes para a construção de maior sinergia e debate sobre o tema entre o MMA e o MME, bem como com outras instituições de interesse, no curto e médio prazos.

Para os novos mecanismos de estímulo e fomento que possam ser considerados mais complexos e polêmicos, o MMA pode levar em conta a possibilidade de realização de um debate técnico e estratégico mais amplo sobre os mesmos,

internamente (âmbito ministerial) ou externamente (com especialistas sobre os temas).

Após a análise das diretrizes e linhas de ação específicas propostas, sugere-se que as mesmas sejam validadas, detalhadas e implementadas, no médio prazo por ambos os ministérios (MMA e MME). Já o aprimoramento das mesmas e o monitoramento de seus resultados devem ocorrer no médio e longo prazo, sob a condução de tais ministérios. Na validação, recomenda-se uma análise dos impactos econômicos, ambientais e sociais de cada qual.

No entanto, o aprimoramento de quaisquer das diretrizes e linhas de ação propostas inclui a possibilidade de revisão de seus conteúdos, bem como a possibilidade de adaptação das mesmas às peculiaridades regionais e locais. Isto porque as políticas públicas, para serem eficazes, devem considerar a dinâmica das relações, das necessidades de cada realidade e público-alvo e das tecnologias e soluções disponíveis, as quais estão em constante mudança.

Como resultado, espera-se que as propostas deste estudo tragam resultados no curto, médio e longo prazos, o que deve consolidar a madeira e seus resíduos como fonte de energia renovável e sustentável, bem como ampliar sua participação e importância no cenário nacional e internacional.