1 INTRODUÇÃO

A mudança climática do planeta Terra é um tema, atualmente, em voga bastante importante, e tem recebido atenção mundial: o que vai acontecer com o Protocolo de Quioto após 2012, ano marcado para seu final? As bases para um novo documento já foram discutidas em 2007 (Bali, Indonésia) e 2008 (Poznań, Polônia). Em Copenhague, Dinamarca (COP15), no mês de dezembro de 2009, ocorreu mais uma reunião, quando se desejava que fosse firmado, entre os países, um novo protocolo, talvez até mais importante que Quioto. As negociações continuam para um novo acordo que poderá incluir a assinatura dos Estados Unidos, se o país decidir participar do debate acerca de um tema de interesse global.

A diplomacia é um item importante para um consenso entre *o que fazer* para salvar o planeta dos males do efeito estufa e *qual a diferença de responsabilidades* entre países ricos (Hemisfério Norte), incluídos no Anexo I¹ da Convenção, e os países em desenvolvimento (Hemisfério Sul), representados pelos países excluídos do Anexo I. Nota-se que as formas de posicionamento entre os países, mesmo aqueles que fazem parte de outro acordo econômico (União Européia ou Mercosul), podem ser divergentes e demonstram, salvo algumas exceções como os países europeus, a falta de políticas nacionais específicas para o assunto sobre mudança climática, principalmente nos Estados Unidos e no Brasil.

Os EUA têm a oportunidade de serem mais atuantes devido à eleição do presidente Barack Obama, pois, desde a sua campanha para a Casa Branca, tem formado grupos de trabalho propondo um plano econômico que apóia políticas públicas federais aplicadas ao incentivo do uso mais eficiente de fontes renováveis de energia. Em 2009, a Casa dos Representantes aprovou o *American Clean Energy Act* (Aces), que são propostas para uma reforma mais intensa na política energética

_

¹ As Partes Anexo I correspondem aos países-membros da OECD e os países do antigo bloco soviético, que são chamados de países em transição para economia de mercado. Esses países, que incluem os não signatários, são: Alemanha, Austrália, Áustria, Bielorrússia, Bélgica, Bulgária, Canadá, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos, Estônia, Rússia, Islândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Japão, Letônia, Liechtenstein, Lituânia, Luxemburgo, Mônaco, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Romênia, Suécia, Suíça, Turquia, Ucrânia, União Européia.

americana. Se o Senado aprovar o Aces e os EUA começarem a implementar, em um nível nacional e de forma mais agressiva, políticas regulatórias para a mudança climática e para as energias renováveis, serão criadas novas oportunidades para diálogos globais sobre boas práticas de políticas públicas.

Estados membros da União Européia têm adotado objetivos nacionais para o uso de energia renovável desde 2001², o que resultou em uma estratégia de bloco em dezembro de 2008. Todos esses exemplos regulatórios europeus³ e seus mecanismos e instrumentos de favorecimento à energia renovável e às mudanças climáticas podem ser úteis tanto para os EUA quanto para o Brasil.

Entretanto, o debate sobre energias renováveis tem se concentrado nas políticas públicas para eletricidade e biocombustíveis. Infelizmente, aquecimento renovável e suas políticas públicas ainda não estão presentes nas discussões no âmbito mundial nem no Brasil. Se países como o Brasil ou EUA decidirem promover as energias renováveis voltadas para aquecimento através de políticas públicas específicas para tal, seria um grande passo para reestruturar o sistema energético mundial, uma vez que significaria uma transição para uma infraestrutura de baixo carbono e renovável. A Europa talvez seja quem lidere os incentivos para uso de energias renováveis nos sistemas de aquecimento.

Em termos gerais, o aquecimento solar térmico no mundo está em torno de 200-210 PJ/ano; o aquecimento geotérmico é de 260-280 PJ/ano e o aquecimento de bioenergia moderna provavelmente é quase 10 vezes o total somado de solar térmico com geotérmico juntos (~4.000 PJ/ano; excluindo o uso de biomassa tradicional, que é em torno de 9-10% da energia primária mundial).

Em um relatório, a Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency*) (IEA) (2007) concluiu que as tecnologias de aquecimento e refrigeração renováveis, como geotérmica, solar térmica e biomassa, estão "entre as opções de mais baixo

² Uma iniciativa européia exemplar é o programa *ManagEnergy*, lançado em 2002, que objetiva dar suporte ao desenvolvimento de eficiência energética e de energia renovável em níveis local e regional. As principais ferramentas são treinamentos, seminários / workshops e eventos *on-line* focando profissionais de energia e gerentes de agências de energia.

³ Para mais exemplos de políticas públicas européias para o fortalecimento das energias renováveis acesse http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/index_pt.htm.

custo nas reduções de emissão de CO₂ e na diminuição da dependência em combustível fóssil." (p.156)

A IEA, nesse mesmo relatório, argumenta que, apesar do enorme potencial de energias renováveis para aquecimento e refrigeração ao redor do mundo, há uma estagnação no crescimento desse segmento, especialmente quando comparado com as energias renováveis voltadas para os mercados de eletricidade e de transporte. A principal razão para essa inércia no segmento de aquecimento e refrigeração renovável (*Renewable Heating & Cooling* ou REHC) tem sido o fato de que esse setor não tem, historicamente, sido reconhecido com uma política de prioridade distinta dos outros segmentos em renováveis, portanto, não tem recebido o suporte de incentivos exclusivos para esse fim. Durante os últimos dez anos, os governos têm estabelecido objetivos para energia renovável, mas não contemplando aquecimento e refrigeração de forma distinta, com algumas exceções.

No Brasil, reconhecido mundialmente como o país da biomassa, o programa do governo para a utilização do biodiesel por caminhões e carros movidos a diesel tem alcançado os objetivos e até antecipado alguns resultados. Pelo cronograma original do programa de biodiesel, a mistura de 4% só seria obrigatória em 2011 e a de 5% (B5), que deveria começar em 2010, ficaria para 2013. O programa começou com 2% (B2), obrigatório em janeiro de 2008, e passou para 3% (B3) em julho de 2009. A energia eólica também tem recebido apoio do governo brasileiro que, inclusive, já realizou um leilão exclusivamente para parques eólicos para geração de energia elétrica no final de 2009. Por conseguinte, o Brasil tem priorizado as políticas públicas para energia elétrica e transporte quando discute sobre renováveis.

Através da extensão do Protocolo de Quioto, o Brasil e seus parceiros buscam a estabilização climática que, por sua vez, requererá um *portfólio* de mecanismos e instrumentos que incluirá eficiência energética e energia renovável. Até a presente data tem havido amplo reconhecimento para o papel potencial da eficiência da energia térmica, mas nenhuma discussão objetiva de como integrar as fontes renováveis no setor de aquecimento e refrigeração.

As políticas atuais que apóiam uma maior participação das tecnologias de aquecimento e refrigeração são classificadas principalmente na forma de políticas de incentivos, políticas regulatórias ou políticas educativas. Essas políticas são criadas visando a ultrapassar as diversas barreiras que muitos projetos em bioenergia enfrentam, mormente durante os períodos de implantação e desenvolvimento, conforme segue:

- a) Preocupações crescentes de que a fonte que gera a biomassa não o faz com sustentabilidade;
- b) As logísticas e custos de transporte, armazenamento e manejo de volumes a granel;
- c) Qualidade do combustível é variável em termos de umidade contida e tamanho;
 e
- d) A dificuldade em negociar contratos de suprimento de longo prazo e em obter autorizações e licenças nas construções de fábricas.

As tecnologias REHC podem contribuir para atingir muitos objetivos importantes das políticas públicas brasileiras e mundiais ao substituir fontes convencionais de energia (principalmente gás, óleo e eletricidade).

Destarte, esta dissertação tem como tema políticas públicas de incentivo ao uso de resíduos de biomassa como fonte de energia em sistemas de aquecimento direto e calor de processo.

Foram divididos os objetivos. Como objetivo geral: estudar as diretrizes para elaboração de política pública que fomente o uso dos resíduos da biomassa como fonte primária de aquecimento direto e calor de processo em estabelecimentos comerciais e industriais.

Para os objetivos específicos foram escolhidos:

 a) Apresentar as tecnologias renováveis que visem à geração de calor através do uso da biomassa como fonte energética;

- Analisar a demanda por calor de processo e aquecimento direto pelas indústrias instaladas no Brasil e o avanço do gás natural nesse importante segmento econômico;
- c) Analisar a oferta dos resíduos da biomassa no Brasil;
- d) Apresentar as categorias de políticas públicas para a promoção das tecnologias renováveis para aquecimento e calor;
- e) Apresentar os exemplos relevantes de regulação utilizados por países da OCDE para o incentivo do uso da biomassa como fonte energética para geração de calor e aquecimento; e
- f) Propor caminhos para a elaboração de políticas públicas que incentivem as tecnologias renováveis para aquecimento e calor e em especial a biomassa como fonte renovável para sistemas industriais e comerciais de pequeno e médio porte.

O trabalho foca exclusivamente no tópico da energia renovável para aquecimento direto e calor de processo através do uso de biomassa para tal fim por duas razões principais:

a) Primeiro, o setor de aquecimento e refrigeração contribui largamente no consumo da energia mundial, portanto, na emissão de gases de efeito estufa. Globalmente, aquecimento e refrigeração detêm entre 40-50% da demanda final de energia no mundo, a qual girou em torno de 320 EJ em 2004 (IEA 2007). Nos EUA esse percentual, com base nas fontes mais conservadoras, é em torno de 20% (IEA, 2007). No Brasil, grande parte do principal setor de atividade nacional, o setor industrial utiliza aquecimento direto ou calor de processo na transformação dos seus produtos. Deste modo, as tecnologias à biomassa têm o potencial de obter uma parte desse imenso mercado das tecnologias do tipo REHC ao aproveitar as oportunidades para discussões e negócios internacionais. Muitos países já aproveitam essa oportunidade, como a Suécia, onde a biomassa supriu 62% do combustível para aquecimento distrital em 2006 (IEA, 2007). O Brasil, por conseguinte, tem um imenso mercado internacional a explorar com outros tipos de biomassa (pellets e cavaco, por exemplo).

b) Segundo, no Brasil, a imensa superfície do território nacional oferece excelentes condições para a produção e o uso energético de diversos tipos de biomassa. Além da produção de álcool e biodiesel, a biomassa apresenta grande potencial na queima em fornos, caldeiras e outros usos. São mais de três décadas de experiência no uso do biocombustíveis em larga escala, o que faz da nação a maior produtora e a maior consumidora mundial do etanol de cana-de-açúcar. O país aprendeu a desenvolver tecnologias eficientes à biomassa, e pode, desta forma, aproveitar esse conhecimento e desenvolver outros tipos de tecnologias de biomassa como as de menores escalas, pois atingem um maior número de segmentos econômicos e seus diversos usos.

Pesquisas dos tipos bibliográfica e documental foram desenvolvidas visando a analisar as tecnologias para utilização da biomassa sólida, quantificar o potencial dos resíduos agrícolas no Brasil e do uso de aquecimento direto e calor de processo na indústria brasileira através do avanço do uso do gás natural, um combustível fóssil, e estudar algumas experiências européias com políticas públicas que fomentam o uso de biomassa sólida.

Esta dissertação está dividida em seis seções. Além dessa primeira seção, quando se apresentam o objeto, justificativa e objetivos; a segunda seção trata sobre esse "novo" segmento da energia renovável chamado *Renewable Energy for Heating & Cooling* (REHC), ou Energia Renovável para Aquecimento e Refrigeração, sobre as tecnologias da biomassa para suprir esse segmento e sobre co-geração e trigeração. O Brasil é o tema da terceira seção, que compila informações sobre o consumo de energia pela indústria brasileira, mostrando que aquecimento e calor representam a maior fatia desse importante setor econômico. Também discorre sobre o avanço do uso do gás natural pela indústria nacional e o potencial dos resíduos de biomassa. A quarta seção discorre sobre os tipos de políticas públicas para as tecnologias REHC; e a quinta sobre os principais exemplos de políticas públicas para promoção da biomassa como fonte renovável para sistemas de aquecimento e refrigeração nos países da OCDE. Finalmente, a sexta seção apresenta as considerações finais deste estudo.

2 ENERGIA RENOVÁVEL PARA AQUECIMENTO E CALOR

Esta seção pretende introduzir as tecnologias do tipo REHC que utilizam biomassa para gerar aquecimento direto ou calor de processo, e enumera alguns tipos, a partir da biomassa, muitos já estão disponíveis no mercado, em escala comercial e que já poderiam servir para este fim.

2.1 AQUECIMENTO E REFRIGERAÇÃO RENOVÁVEL

Os termos REHC e RES-H/C (ambos com o mesmo significado: *Renewable Heating and Cooling*, sendo que o primeiro é mais utilizado nos Estados Unidos; e o segundo, na Europa) foram criados por países de clima temperado, em regiões com grande utilização de calor durante longos períodos de frio e uma curta estação de calor, entretanto intenso, exigindo a produção de frio. Não se sabe quando iniciou ou quem criou esses termos, mas sabe-se que as tecnologias envolvidas nesse novo e amplo segmento de mercado têm sinergias e podem contribuir para evitar o aquecimento global atendendo padrões e preços das tecnologias convencionais.

A quantidade de aquecimento, seja para fins domésticos ou comerciais / industriais, representa uma porção significativa da demanda mundial de energia. Em âmbito mundial, o setor de edifícios consome 35.3% da demanda final de energia, dos quais 75% são para aquecimento de ambiente e água para uso doméstico (IEA, 2006a); na Europa, a demanda final para aquecimento (48%) é mais alta do que para eletricidade (20%) ou transporte (32%) (EREC, 2006). E pode ser ainda maior em regiões com invernos longos e frios como no nordeste da América do Norte. Para refrigeração de edifícios, a demanda por energia tem crescido, contudo, os dados são incertos.

Existe uma variedade de classificações para as tecnologias que utilizam fontes renováveis de energia com propostas de aquecimento e refrigeração (Figura 1). Sabe-se que em muitas delas a energia é convertida em energia mecânica para geração de eletricidade, todavia, o calor e o frio podem ser produzidos diretamente através das tecnologias do tipo REHC. O principal foco é obter calor em um passo

único de conversão: a energia geotérmica é trazida do subsolo utilizando bombas de calor; a radiação solar é convetida em altos níveis de calor através de coletores solares; e a biomassa sofre combustão para transformar energia química em forma de calor.

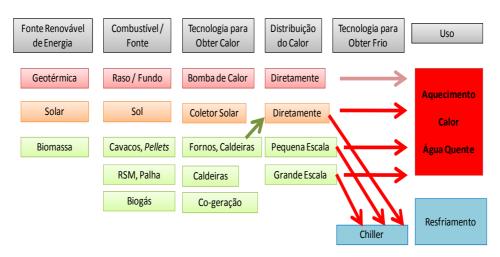


Figura 1 - Classificação das tecnologias do tipo REHC

Fonte: MVV Consulting (2007). Nota: Adaptação do autor.

O calor obtido no primeiro processo de conversão é diretamente inserido no sistema de aquecimento de um usuário final ou alimenta uma rede de distribuição de calor para vários usuários. Para pequenas aplicações, as caldeiras são as melhores opções, enquanto que para médias ou grandes escalas de produção de calor as plantas de co-geração são alternativas viáveis.

Existem no mercado comprovadas tecnologias renováveis para aquecimento e refrigeração⁴ que utilizam diversas fontes como solar (aquecimento solar), biomassa (*pellet*s de madeira) e geotérmica (bombas geotérmicas).

⁴ Aquecimento é todo aumento da temperatura de um corpo provocado pela transferência de energia térmica de outro corpo. Já refrigeração é a ação de resfriar determinado ambiente de forma controlada, tanto para viabilizar processos, processar e conservar produtos (refrigeração comercial e industrial) ou efetuar climatização para conforto térmico (ar-condicionado e ventilação). (WIKIPEDIA, 2009). Ambos (*Heating & Cooling*) sempre foram tecnologias distintas e representadas por equipamentos diferenciados (lareira e ar-condicionado). As eficiências individuais têm aumentado e essas tecnologias já se interagem (um mesmo sistema de aquecimento para um determinado ambiente também pode servir como sistema de ar-condicionado).

O termo biomassa abrange uma vasta extensão de materiais que se oferecem como combustíveis ou matérias-primas para fins diversos. Segundo o Atlas de energia elétrica do Brasil (ANEEL, 2002):

Qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica é classificada como biomassa. De acordo com a sua origem, pode ser: florestal (madeira, principalmente), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outras) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos, como o lixo). Os derivados obtidos dependem tanto da matéria-prima utilizada (cujo potencial energético varia de tipo para tipo) quanto da tecnologia de processamento para obtenção dos energéticos.

A energia geotérmica (ou energia geotermal) é obtida a partir do calor fornecido pelo interior da Terra – através de poços perfurados é possível inserir uma bomba que aproveita o calor para se obter energia elétrica de uma maneira mais limpa.

Na Europa, as tecnologias REHC, além de comprovadas comercialmente e de já terem superado os estágios de desenvolvimento técnico e mercadológico, também apresentam, muitas vezes, custos competitivos frente aos seus concorrentes fósseis, como o gás natural e o diesel, seja para uso residencial ou na indústria. Diferenciam-se de tais competidores por reduzirem as emissões de dióxido de carbono e a dependência frente aos combustíveis fósseis.

Embora a demanda por aquecimento consuma a maior parte dos suprimentos de energia primária e as fontes renováveis de energia possam oferecer alternativa prática para os combustíveis fósseis sob várias circunstâncias, as fontes de energia renováveis usadas para projetos de aquecimento e refrigeração têm recebido pouca atenção se comparadas àquelas utilizadas para gerar eletricidade e produzir combustíveis para transporte. Deste modo, o potencial para aumentar o uso dos recursos solar, geotérmico e de biomassa através das tecnologias de aquecimento e refrigeração mostra-se amplo (JURCZAK, 2006).

As tecnologias usadas nas plantas de aquecimento e co-geração, as escalas dos sistemas, bem como as matérias-primas de biomassa são diversas e complexas, e podem ser subdivididas em alimentação manual ou alimentação automática de biomassa. O calor produzido por uma unidade de produção pode ser transportado utilizando a água por tubulações que podem medir metros ou até quilômetros.

As fontes renováveis de energia de biomassa podem ser utilizadas para produzir produtos e serviços de energia como a entrega direta de aquecimento, resfrigeração e eletricidade (tri-geração ou tri-generation em Inglês) listados no Quadro 1:

Fonte de Energia Renovável	Temologia	Aquecimento Direto	Refrigeração	Eletricidade
	Combustão para Calor (somente)	*		
Biomassa	Combustão para Calor e Força	*		*
	Sistemas Integrados de Bionergia (tri-generation)	*	*	*
	Incideração de Resíduos Sólidos Municipais	*		X
	Digestão Anaeróbica para Biogás	*		*

Quadro 1 - Produtos e serviços de energia de fonte de energia renovável

Fonte: IEA (2007).

Nota: Adaptação do autor.

2.2 TECNOLOGIAS DA BIOMASSA

A biomassa oferece um bom potencial como uma fonte de energia, pois é o único portador de energia renovável que pode substituir o combustível fóssil de forma direta (MANIATIS, 2006). A energia solar armazenada na biomassa, através de matéria biodegradável, pode ser convertida em formas utilizáveis de bioenergias usadas para aquecimento, refrigeração ou em outros portadores de energia, bem como em materiais e química.

Para gerar calor, o aproveitamento da biomassa pode envolver complexos prétratamentos e melhoramentos; os processos de conversão podem ser feitos por meio da combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/quebra, entre outros), de processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou de processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação). A Figura 2 apresenta os principais processos de conversão da biomassa em energéticos:

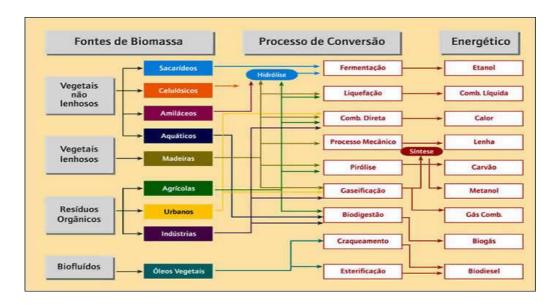


Figura 2 – Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa Fonte: ANEEL (2005).

As principais tecnologias de aproveitamento energético da biomassa para fornecimento de aquecimento ou calor são descritas a seguir com base no BEN (2006):

a) Combustão direta: é a transformação da energia química dos combustíveis em calor por meio das reações dos elementos constituintes com o oxigênio fornecido. Para fins energéticos, a combustão direta ocorre essencialmente em fogões (cocção de alimentos), fornos (metalurgia, por exemplo) e caldeiras. Problemas comuns na biomassa como a alta umidade (20% ou mais no caso da lenha) e a baixa densidade energética do combustível (lenha, palha, resíduos, entre outros) impactam na combustão direta, no armazenamento e transporte. Nos sistemas de combustão eficientes, a biomassa é queimada e o calor do processo é transferido por trocadores de calor para um circuito fechado de água ou vapor. Normalmente, a água é utilizada, mas, atualmente, outros tipos de produtos para transferência de calor estão sendo utilizados principalmente para sistemas de cogeração de baixa temperatura que desenvolvem e introduzem componentes orgânicos (Organic Rankine Cycle -ORC) no mercado. O biocombustível mais comum para combustão é a biomassa de madeira como resíduos, briquetes, pellets e cavaco. Mas também palhas, cascas ou capins assim como outros resíduos da agricultura, como babaçú ou castanhas, podem sofrer combustão direta.

b) Gaseificação: processo de conversão de combustíveis sólidos em gasosos, por meio de reações termoquímicas, envolvendo vapor quente e ar, ou oxigênio, em quantidades inferiores à quantidade de oxigênio estequiométrica (quantidade mínima para consumir todo o combustível). Há vários tipos de gaseificadores, com grandes diferenças de temperatura e/ou pressão, e os mais comuns são os reatores de leito fixo e de leito fluidizado. O gás resultante é uma mistura de monóxido de carbono, hidrogênio, metano, dióxido de carbono e nitrogênio, cujas proporções variam de acordo com as condições do processo (se é ar ou oxigênio que está sendo usado na oxidação).

A gaseificação de biomassa não é um processo recente. Atualmente, nota-se interesse, principalmente em relação à limpeza e à versatilidade do combustível gerado quando comparado aos combustíveis sólidos. A limpeza refere-se à remoção de componentes químicos nefastos ao meio ambiente e à saúde humana, entre os quais o alcatrão. A versatilidade alude-se à possibilidade de usos alternativos, como em motores de combustão interna e turbinas a gás. Um exemplo é a geração de eletricidade em comunidades isoladas das redes de energia elétrica por intermédio da queima direta do gás em motores de combustão interna (ANEEL, 2008). Outra vantagem da gaseificação é que, sob condições adequadas, produz gás sintético, que pode ser usado na síntese de qualquer hidrocarboneto.

Nos processos mais simples, o gás resultante contém cerca de 30% de nitrogênio e 20% de CO₂, o que significa um combustível de baixo conteúdo energético (cerca de 1360 kcal/Nm³) (RENDEIRO, 2008). Contudo, as vantagens da eliminação de poluentes tende a compensar o processo, de modo que o combustível resultante pode ser de grande importância para uso local.

c) Pirólise (ou carbonização): é o mais simples e mais antigo processo de conversão de um combustível (normalmente lenha) em outro de melhor qualidade e conteúdo energético (carvão, essencialmente). O processo consiste em aquecer o material original (normalmente entre 300℃ e 500℃) , na "quase-ausência" de ar, até que o material volátil seja retirado. O principal produto final (carvão) tem uma densidade energética duas vezes maior que aquela do material de origem e queima

em temperaturas muito mais elevadas. Além de gás combustível, a pirólise produz alcatrão (um vapor combustível) e ácido piro-lenhoso.

Nos processos mais sofisticados, costuma-se controlar a temperatura e coletar o material volátil, visando a melhorar a qualidade do combustível gerado e o aproveitamento dos resíduos. Embora necessite de tratamento prévio (redução da acidez), o líquido produzido (piro-lenhoso) pode ser usado como óleo combustível.

Já nos processos de pirólise rápida, sob temperaturas entre 800℃ e 900℃, há a produção de gases com altos teores de hidrocarbonetos condensáveis que formarão o bio-óleo ao condensar-se. Todavia, a pirólise convencional (300℃ a 500℃) ainda é a tecnologia mais atrativa devido ao problema do tratamento dos resíduos, que são maiores nos processos com temperatura mais elevada (ANEEL, 2008).

d) Digestão anaeróbia: assim como a pirólise, ocorre na ausência de ar, mas, neste caso, o processo consiste na decomposição do material pela ação de bactérias (microrganismos acidogênicos e metanogênicos). Trata-se de um processo simples, que acontece naturalmente com quase todos os compostos orgânicos. O tratamento e o aproveitamento energético de dejetos orgânicos (esterco animal, resíduos industriais) podem ser feitos pela digestão anaeróbia em biodigestores, onde o processo é favorecido pela umidade e aquecimento.

Em termos energéticos, o produto final é o biogás, composto essencialmente por metano (60% a 65%) e dióxido de carbono (35% a 40%) (PINTO, 1999). O efluente gerado pelo processo pode ser usado como fertilizante.

2.3 CO-GERAÇÃO E TRI-GERAÇÃO

Geração combinada de calor e eletricidade *Combined Heat and Power* (CHP), ou sistemas de cogeração, é uma tecnologia razoavelmente comprovada, eficiente em termos de benefício por unidade de biomassa. Do ponto de vista da qualidade, a CHP é mais benéfica do que produção de somente eletricidade ou somente calor, com uma possível eficiência de conversão em torno de 70-90%, onde o calor possa ser utilmente empregado (CASTRO, 2007).

Se para os engenheiros eletrotécnicos a utilização da eletricidade é evidente, o calor, que resulta da impossibilidade de converter totalmente em eletricidade a energia contida em uma fonte térmica (2ª Lei da Termodinâmica), pode ser menos evidente. Como exemplos de aplicações típicas desse tipo de sistema, podemos mencionar a indústria (com necessidades de calor no âmbito do processo industrial como as usinas de cana de açúcar) e os edifícios (por possuírem necessidades de calor para aquecimento de água para uso doméstico ou aquecimento de ambientes em países com clima frio).

A Figura 3 mostra um esquema típico de aproveitamento do calor em um sistema de co-geração usando permutadores de calor intercalados nos circuitos de refrigeração e dos gases de exaustão da máquina térmica:

No exemplo abaixo, a biomassa funciona como combustível de uma caldeira que produz vapor para um processo industrial. Além da geração de vapor, há o aproveitamento do calor residual para produção de água quente, seja para uso doméstico, comercial ou industrial:

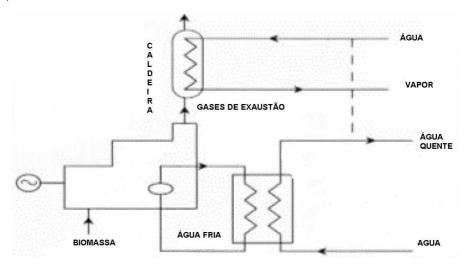


Figura 3 – Esquema do princípio de aproveitamento do calor em um sistema de cogeração (CHP) Fonte: Castro (2007).

Nota: Adaptação do autor.

Nos países com climas temperados – como é o caso de alguns países europeus e dos EUA – as necessidades de calor confinam-se aos meses de inverno. Contudo, nos meses de verão o calor pode ser aproveitado para produção de frio usando um

equipamento (conversão de calor em frio) chamado *chiller* de absorção. Os sistemas com estas características são designados sistemas de tri-geração⁵ (Figura 4).



Figura 4 – Esquema de princípio de um sistema de trigeração

Fonte: Brandão (2007 apud CASTRO, 2007). Nota: Adaptação do autor.

Na figura acima, a biomassa serve como combustível para gerar energia elétrica através de uma turbina a vapor. Os gases da exaustão são recuperados em uma caldeira que gera água quente para, através de um *chiller* de absorção, refrigerar água e gerar frio. O calor residual da turbina é aproveitado para aquecer água para consumo, como, por exemplo, na cozinha ou no banho.

Um sistema de co-geração é mais eficiente do que o sistema tradicional alternativo para obtenção do mesmo serviço de eletricidade e calor, composto por um sistema gerador e por uma caldeira, pois, para obtenção do mesmo produto final, os sistemas de co-geração requerem apenas cerca de 70% da energia primária necessária em um sistema tradicional. Como conseqüências deste ganho de eficiência, advêm benefícios ambientais significativos, decorrentes da diminuição das emissões poluentes por unidade de energia útil produzida (CASTRO, 2007).

Os processos de inovação tecnológica (no que diz respeito a combustíveis à biomassa) não são muito diferentes do que ocorre com outras tecnologias: há um número elevado de alternativas que passam por um processo de seleção e convergência, sendo que, ao final, algumas delas serão escolhidas em detrimento de outras.

_

⁵ Em inglês chama-se *Combined Heat, Cooling and Power* (CHCP).

As escolhas consideram as opções tecnológicas existentes e suas vantagens, mas a alternativa determinante envolve, sobretudo, aspectos de ordem política e geopolítica: depende da posição dos atores, da diplomacia dos países, da análise de riscos internacionais e das alianças que se formam dentro e fora das fronteiras de cada país. Essa é uma das razões pelas quais a agenda para as tecnologias dos biocombustíveis tem sido protelada, apesar das vantagens significativas acumuladas em sua comparação com o uso exclusivo do petróleo. Além da diversificação de sua própria matriz de combustíveis, o Brasil pode assumir a liderança competitiva internacional da produção e consolidar-se como o maior exportador mundial de biomassa (líquida – etanol e biodiesel – e sólida – pellets, briquetes e cavaco). O país também se candidata como exportador de tecnologia e serviços associados às cadeias de produção e utilização desses combustíveis.

No mundo atual, a detenção da vanguarda tecnológica gera um enorme diferencial de poder entre as nações e suas populações, que ocasiona a ampliação exponencial da distância entre as que estão incluídas tecnologicamente e as demais. O Brasil não deve apenas focar nas fontes renováveis para geração de eletricidade ou para transporte, mas deve também seguir as experiências de agentes internacionais como os EUA e a Europa na formulação de estratégias e políticas públicas para o desenvolvimento das tecnologias do tipo REHC, principalmente as tecnologias que utilizam biomassa como fonte renovável de energia para aquecimento e calor.

2.4 TECNOLOGIAS MODERNAS PARA AQUECIMENTO E CALOR

Aquecimento direto e calor de processo são usos finais⁶ utilizados pelo Balanço de Energia Útil (BEU), elaborado pelo Ministério das Minas e Energia (MME). Seguindo as orientações desse balanço considerou-se como calor de processo a geração de vapor, o aquecimento de água e de fluídos térmicos (principalmente por caldeiras) e, como aquecimento direto, a transferência direta de calor sem o aquecimento de fluídos intermediários.

_

⁶ Maiores detalhes sobre usos finais e sobre o BEU serão discutidos na próxima seção.

As indústrias de transformação são os grandes usuários de calor de processo através da utilização de equipamentos como caldeiras ou aquecedores de fluidos. Os combustíveis variam e podem ser eletricidade, combustíveis líquidos, gasosos ou sólidos (BEU, 2005).

O aquecimento direto é utilizado em fornos, fornalhas, aquecimento por indução, condução, micro-ondas e radiação. É um dos usos finais mais frequentes porém muito diversificado. É possível encontrar, dentro de um mesmo setor industrial, equipamentos bastante diferentes que utilizam o mesmo insumo energético (BEU, 2005).

A figura a seguir lista as principais indústrias que utilizam calor de processo e aquecimento direto nos seus processos produtivos e o percentual de energia para estes dois usos finais por setor industrial:

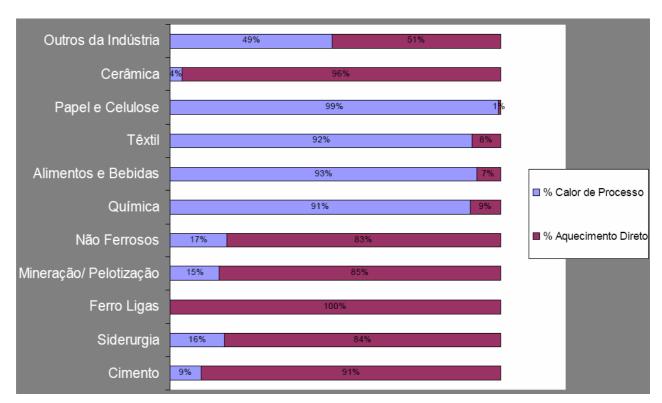


Figura 5 – Percentual de energia para calor de processo e aquecimento direto por setor industrial Fonte: MME (2008).

Cada setor industrial listado na figura anterior tem sua necessidade tecnológica com intuito de obter aquecimento e calor com determinados padrões. Alguns têm

similaridade, como as indústrias têxtil e de alimentos e bebidas, que precisam obter vapor e/ou água quente para seus processos.

A transformação energética de uma empresa que utiliza combustível fóssil para iniciar a utilização de um combustível renovável sólido originará mudanças tecnológicas no processo (mudança de caldeira) e na fonte energética (mudança de combustível). Portanto, quando o assunto sobre tecnologias REHC para utilização de biomassa está em discussão deve-se considerar duas cadeias tecnológicas: a cadeia tecnológica para coleta e transformação da biomassa em combustível (*pellet*, briquete ou cavaco de madeira torrificado, por exemplo) e a cadeia tecnológica para utilização desse combustível para geração de calor (caldeiras, queimadores, fornos ou turbinas, no caso de co-geração ou tri-geração).

Essa seção se propõe a descrever quatro tecnologias modernas que podem ser utilizadas nos usos finais de aquecimento direto e calor de processo. Essas tecnologias são os queimadores de biomassa, as caldeiras à biomassa, os *pellets* e os briquetes que são descritos a seguir.

2.4.1 Queimadores de biomassa

Compactos e de simples manuseio, esse tipo de equipamento pode ser facilmente adaptado aos mais diversos setores industriais. Com baixo custo de manutenção e gerador de economia em energia pode ser usado em aquecimento direto (cerâmicas, pizzarias e padarias, por exemplo) ou em calor de processo quando adaptado à caldeira ou em forno rotativo em processos de pré-secagem, por exemplo. A Figura 6 mostra um queimador de biomassa denominado "Biodragão" e fabricado pela empresa MDL Ambiental em Minas Gerais:



Figura 6 – Queimador de biomassa "Biodragão"

Fonte: MDL (2009).

O "Biodragão" é composto de silo e rosca-sem-fim para estocagem e alimentação da biomassa numa câmera de combustão onde a combustão ocorre. Um exaustor para "soprar" a chama e um motor elétrico para movimentação da biomassa do silo para câmera de combustão (acionado por um painel de controle) completam o sistema desse equipamento de origem brasileira. Os ciclones e lavadores de gases são opcionais e a instalação dos mesmos vai depender do tipo de biomassa utilizada e da legislação local. O "Biodragão" pode ser usado com resíduos de madeira como serragem, cavaco, briquetes ou com outros resíduos de biomassa seca como casca de café, casca de algodão e outras biomassas.

2.4.2 Caldeiras à biomassa

O Brasil tem uma tradição no uso de caldeiras à biomassa nos setores sucro energético e papel e celulose mas esses sistemas são de grande escala e, portanto, fora do escopo de estudo dessa dissertação.

As caldeiras de pequeno e médio porte que utilizam biomassa como fonte de energia são mais fáceis de encontrar na Europa. São equipamentos utilizados em residências para gerar conforto de ambiente em momentos de temperatura baixa e água quente para uso doméstico (banho e cozinha). No comércio (hotéis e lavanderias, por exemplo) e na indústria (laticínios e refrigerantes, por exemplo), as

caldeiras são utilizadas para gerar o vapor e/ou água quente necessários para o calor de processo. A Figura 7 demonstra as principais partes de um sistema à biomassa utilizado por pequenos e médios estabelecimentos europeus e norte americanos e a Figura 8 mostra parte (queimador, caldeira) de um sistema do fornecedor sueco Swebo Bioenergy⁷ em funcionamento nos EUA (PROPELL, 2009):

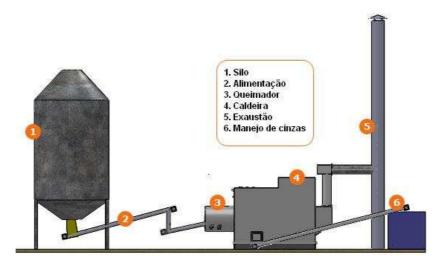


Figura 7 – Sistema de uma caldeira à biomassa

Fonte: PROPELL (2009). Nota: Adaptação do autor.



Figura 8 – Caldeira e queimador da Swebo Bioenergy em funcionamento nos EUA. Fonte: PROPELL (2009)

Swebo Bioenergy, Froling⁸, KWB⁹, Viessmann¹⁰, Propell Energy¹¹, AES¹² são alguns fornecedores internacionais que comercializam pequenas e médias caldeiras à pellet

⁷ http://www.swebo.com/foeretag.html?L=1

⁸ http://www.froeling.com/en/

⁹ http://www.kwb.at/en/index.php?option=com_frontpage

ou à cavaco na Europa, Estados Unidos e em outros países. Os fornecedores nacionais trabalham com equipamentos de grande porte e não serão listados aqui.

2.4.3 Pellets

Os *pellet*s de biomassa são produzidos por máquinas do tipo prensa (pelletização) que produzem pequenos combustíveis sólidos conforme pode ser visto na Figura 9:



Figura 9 – *Pellets* de biomassa Fonte: PFI (2009).

O pellet de biomassa já é um produto bastante conhecido nos países de clima temperado. Nos EUA existem mais de 80 fábricas instaladas¹³. Na Europa, esse número é ainda maior¹⁴. No Brasil, são poucos os fabricantes de máquinas para produzir *pellets* de biomassa, como a Lippel¹⁵, e raramente se acha *pellets* no mercado pois a maioria das fábricas de *pellets* de biomassa focam o mercado internacional.

_

¹⁰ http://www.viessmann.com/com/en

¹¹ http://www.propellenergy.com/

¹² http://www.aesenergy.net/

¹³ A lista de fabricantes de *pellets* de biomassa nos EUA pode ser acessada através do endereço http://www.pelletheat.org/3/residential/fuelAvailability.cfm

¹⁴ O mapa com todos os fornecedores europeus pode ser acessado através do endereço http://www.pelletcentre.info/cms/site.aspx?p=9138

¹⁵ http://www.lippel.com.br

2.4.4 Briquetes

Os briquetes são similares aos *pellets* porém têm tamanho maior. O processo de briquetagem também é similar ao processo de pelletização. Conhecidos como densificação, estes processos são realizados a elevadas temperaturas e pressões visando obter combustível de maior poder calorífico e densidade energética (RENDEIRO, 2008).

O mercado de briquete de biomassa nacional indica ser maior que o de *pellets* pois há mais facilidade para encontrar fornecedores¹⁶ de equipamentos e fabricates¹⁷ de briquetes de biomassa.

¹⁶ Exemplos de fornecedores de máquinas para fabricação de briquetes são Lippel e Bio Max (http://www.biomaxind.com.br)

Exemplos de fabricantes de briquetes de biomassa no Brasil são Briquetes Lage (http://www.briqueteslage.com.br/index.html) e Briket Future Energy (http://www.briket.com.br/).

3 BRASIL: O POTENCIAL DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA E O AVANÇO DO GÁS NATURAL NO SETOR INDUSTRIAL

Esta seção objetiva o estudo sobre importantes aspectos para a implantação de tecnologias do tipo REHC à biomassa no Brasil: o avanço do uso do gás natural na indústria, o uso final de energia por este importante setor da economia e a disponibilidade de resíduos de biomassa.

3.1 O CONSUMO FINAL DE ENERGIA NOS SETORES ECONÔMICOS BRASILEIROS

O setor industrial brasileiro tem, desde 1973 até 2008, aumentado sua representação de 29,8% para 36,5% no consumo final de energia, portanto, é o setor com maior representatividade na matriz de consumo final brasileira (Tabela 1). O setor de transportes vem em segundo lugar, com 27,8%:

Tabela 1 - Matriz de consumo final de energia (%)

ESPECIFICAÇÃO	BRASIL		OECD		OUTROS (*)	
ESPECIFICAÇÃO	1973	2008	1973	2006	1973	2006
INDÚSTRIA	29,8	36,5	30,8	21,0	35,8	27,9
TRANSPORTE	25,0	27,8	23,3	31,6	23,4	19,7
SETOR ENERGÉTICO	3,3	10,4	8,3	7,1	6,9	8,1
OUTROS SETORES	38,7	18,7	30,4	30,9	29,7	36,6
USO NÃO-ENERGÉTICO	3,1	6,6	7,1	9,4	4,2	7,7
TOTAL (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
TOTAL - milhões tep	76,3	225,2	3.097,4	4.118,9	1.478,3	4.436,0

(*) Exclusive Brasil e países da OECD

Fonte: MME. Resenha Energética Brasileira (2008) (versão preliminar).

Para entender o consumo final de energia no Brasil, quais setores usam mais energia e qual a finalidade desse uso, se faz necessário entender o Balanço de Energia Útil, publicado pelo MME. A Energia Final é composta pela soma de duas parcelas: a Energia Útil e a Energia Perdida. A partir de dados do Balanço Energético Nacional (BEN), o Balanço de Energia Útil (BEU) apresenta um gráfico da distribuição da Energia Final e da Energia Útil por setores de atividades (Figura 10). O BEU de 2005, ano base 2004, mostra como o Brasil distribui o seu consumo

de energia entre cinco setores de atividade: Energético, Residencial, Público/Comercial/Agropecuário, Industrial e Transportes (em milhões de tEP):

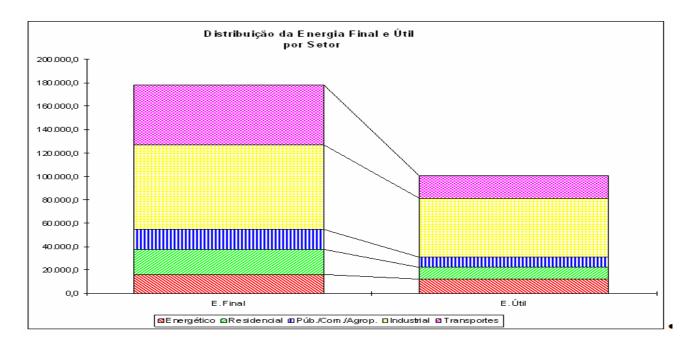


Figura 10 - Distribuição da energia final e útil por setor Fonte: BEU (2005).

O Balanço de Energia Útil (BEU) é um modelo que permite processar as informações setoriais do Balanço Energético Nacional (BEN) para obter estimativas da Energia Final destinada a sete diferentes Usos Finais (Figura 11) – Força Motriz, Calor de Processo, Aquecimento Direto, Refrigeração, Iluminação, Eletroquímica e Outros Usos – e, com base nos rendimentos do primeiro processo de transformação energética, estimar a Energia Útil (em milhões de tEP):

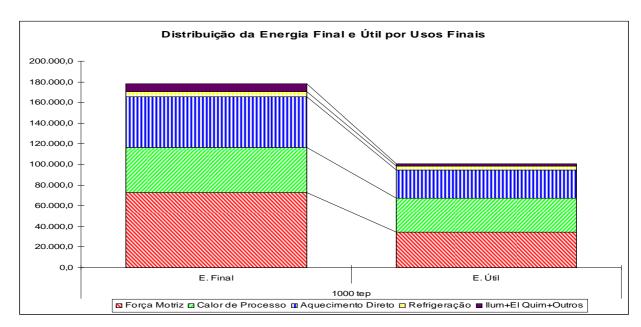


Figura 11 - Distribuição da energia final e útil por usos finais (em milhões de tEP) Fonte: BEU (2005).

Aquecimento Direto e Calor de Processo, dois usos finais de energia, são concentrados no setor industrial (Figura 12):

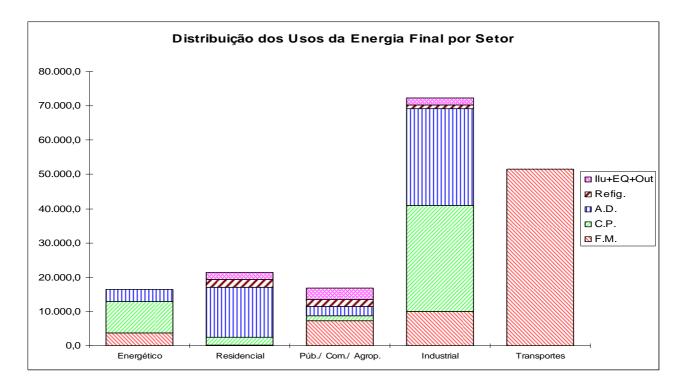


Figura 12 - Distribuição dos usos da energia final por setor (em milhões de tEP) Fonte: BEU (2005).

A definição do perfil industrial brasileiro tem grande impacto na quantidade e tipo de energia final que teremos que produzir.

3.2 O AVANÇO DO USO DO GÁS NATURAL NA INDÚSTRIA DO BRASIL

O gás natural no Brasil foi fortemente introduzido a partir dos anos 1990 como energia alternativa às fontes tradicionais, tais como energia elétrica, óleo combustível e outras fontes de petróleo. Destarte, o gás natural vem ganhando cada vez mais destaque como uma fonte energética para o Brasil.

Além da diversificação da matriz energética, podemos citar também, entre as suas vantagens, o baixo impacto ambiental em comparação com outras fontes fósseis de energia. Observa-se que o aumento da importância do gás natural foi acompanhado por uma maior dependência de importações, principalmente da Bolívia, que responde pela maioria do gás importado. Entre seus aspectos negativos estão o de ser um combustível fóssil e sua fórmula de preços indexada a uma cesta de óleo internacional e ao dólar.

A infraestrutura de energia, transporte e comunicações é condição básica para o processo de desenvolvimento nacional brasileiro. Serviços energéticos somente são adquiridos por meio de uma combinação de tecnologia, infraestrutura e suprimento de energia. Considerando que a segurança do abastecimento energético é um tema de interesse do Estado brasileiro, importa analisar quais as alternativas que permitiriam diversificar a estrutura de oferta de energia, com especial ênfase para os combustíveis utilizados no setor industrial, tendo como ponto de partida uma orientação de política energética de longo prazo, a saber, a redução progressiva dos combustíveis fósseis na estrutura da matriz de combustíveis.

Entretanto, não é o que vem ocorrendo nessas últimas três décadas, pois o gás natural, um combustível fóssil, tem aumentado sua participação tanto na matriz energética brasileira como na mundial. No Brasil, entre 1973 e 2008, o gás natural aumentou sua participação em 8,7 vezes; os outros produtos secundários do petróleo tiveram um aumento de 3,9 vezes; a energia elétrica de 2,1 vezes e o álcool de 1,6 vezes (MME, 2009). Apesar das profundas modificações nas matrizes

energéticas brasileiras e mundiais entre 1973 e 2008 (Tabela 2), a energia nãorenovável ainda predomina no mundo como principal fonte de energia (Figura 13).

Tabela 2 - Estrutura da oferta interna de energia – por fonte

ESPECIFICAÇÃO -	BRASIL		OECD		MUNDO	
	1973	2008	1973	2006	1973	2006
PETRÓLEO e DERIVADOS	45,6	37,3	52,8	39,3	46,1	34,4
GÁS NATURAL	0,4	10,2	18,8	22,6	16,0	20,5
CARVÃO MINERAL	3,1	5,7	22,5	20,8	24,5	26,0
URÂNIO	0,0	1,5	1,3	10,6	0,9	6,2
HIDRÁULICA E ELETRICIDADE	6,1	13,9	2,1	1,9	1,8	2,2
BIOMASSA	44,8	31,5	2,5	4,8	10,7	10,7
TOTAL (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
TOTAL - milhões tep	82	252	3.747	5.590	6.115	11.741

Fonte: MME. Resenha Energética Brasileira (2008) (versão preliminar).

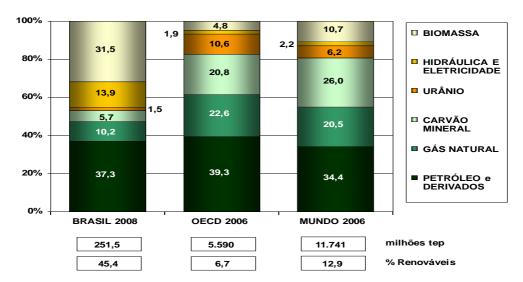


Figura 13 - Matriz de oferta de energia (%)

Fonte: MME (2008).

Nota: (Dados preliminares, abr. 2009).

O aumento na participação da energia não-renovável na matriz energética brasileira em 2008 deu-se em função do gás natural e da energia nuclear. Nesse mesmo ano, aumentou-se a dependência global do País por energia, que passou para 10,4% (em 2007 foi 8%) em conseqüência dos aumentos nas importações de gás natural da Bolívia e de energia elétrica do Paraguai (EPE, 2008).

Com base na tabela 2, nota-se a perda de 13,5 pontos percentuais do petróleo e derivados na matriz energética da OECD, entre 1973 e 2006, refletindo o enorme

esforço de substituição desses produtos, decorrente, especialmente, dos choques nos preços de petróleo ocorridos em 1973 (de US\$ 3 o barril para em torno de US\$ 12) e em 1979 (de US\$ 12 o barril para em torno de US\$ 40).

O Brasil tem 45,4% da sua matriz energética sendo ofertada por energia renovável (BEN, 2008), uma das maiores proporções do mundo e muito diferente da média mundial de 12,9%, e mais ainda da média dos países que compõem a Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OECD), em sua grande maioria formada por países desenvolvidos, de apenas 6,7%. No caso do Brasil, a expressiva participação da energia hidráulica e o uso representativo de biomassa proporcionam indicadores de emissões de CO₂ bem menores que a média dos países desenvolvidos. No País, a emissão é de 1,44 toneladas de CO₂ por tep, enquanto nos países da OECD a emissão é de 2,32 toneladas de CO₂ por tep, ou seja, 62% maior (EPE, 2008).

A máxima participação do petróleo e seus derivados na matriz energética brasileira ocorreu em 1979, quando atingiu 50,4%. A redução de 8,3 pontos percentuais entre 1973 e 2008 evidencia que o País, seguindo a tendência mundial, desenvolveu um esforço de substituição desses energéticos, sendo digno de nota, nesse caso, o aumento da hidreletricidade e do uso de derivados da cana (álcool carburante e bagaço para fins térmicos e de comercialização de eletricidade). Contudo, o Brasil poderia ter uma parcela ainda maior de energia renovável se o gás natural, um combustível fóssil e em grande parte importado, não tivesse recebido tanto apoio das políticas públicas brasileiras e mundiais, principalmente no setor industrial. A Figura 14 mostra um aumento contínuo no uso de combustíveis fósseis, portanto, as políticas públicas brasileiras não têm sido desenvolvidas para uma maior participação das fontes renováveis, que também têm crescido sua participação na oferta interna de energia brasileira, mas não na mesma proporção que os combustíveis de origem fóssil:

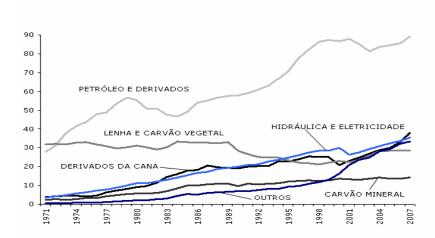


Figura 14 – Oferta interna de energia (10⁶ tep) Fonte: BEN (2008).

O gráfico seguinte mostra quais as principais fontes energéticas que alimentam o setor industrial brasileiro:

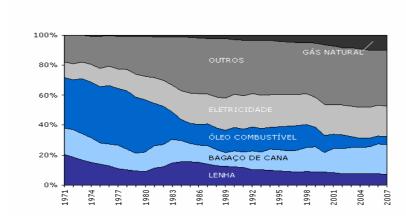


Figura 15 – Estrutura do consumo no setor industrial (1971-2007) Fonte: BEN (2008).

O gás natural tem aumentado sua penetração nesse importante setor para a economia do Brasil em um curto espaço de tempo. É clara a política pública brasileira para incrementar o uso do gás natural pela indústria através de mudanças importantes ocorridas a partir dos anos 90, como, por exemplo, a criação da Agência Nacional do Petróleo (ANP), abertura ao investimento privado, regulação de preços, leilões, o direito aos estados da federação para explorar os serviços locais de gás canalizado, a regulação do livre acesso à estrutura de transporte entre outras. Atualmente, o setor industrial é o principal destino do gás natural (Figura 16):

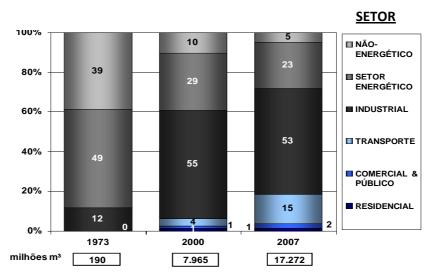


Figura 16 – Consumo final de gás natural por setor (%) Fonte: MME (2008).

Dentre os diversos ramos do setor industrial brasileiro, os de Química, Metalurgia e Outras Não Especificadas são os principais destinos do gás natural, conforme podemos ver na figura seguinte. Além desses, Alimentos e Bebidas, Papel e Celulose e Cerâmica são também potencias setores econômicos para foco das políticas públicas de energia em busca de uma maior utilização da biomassa como fonte renovável em sistemas de aquecimento em detrimento das fontes fósseis como o gás natural:

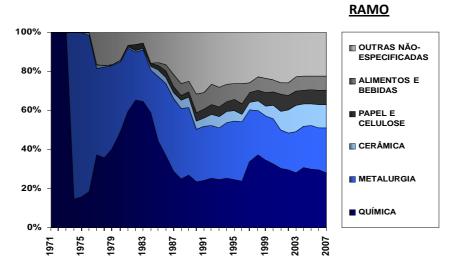


Figura 17 – Consumo final de gás natural por ramo (%) (1971-2007) Fonte: MME (2007)

Dentre as principais formas de energia, a biomassa (carvão vegetal, lenha e produtos da cana) ainda representa a maior parcela de energia útil no setor industrial (Figura 18). Todavia, o gás natural e a eletricidade também representam importantes parcelas da distribuição da energia útil nesse setor, assim como Outros. A biomassa, na melhor das hipóteses, representa um terço da distribuição da energia útil. Sabese que a maior parte desse consumo útil de biomassa vem das usinas e destilarias de cana-de-açúcar que utilizam o bagaço da cana para usos térmicos e de cogeração. Melhor seria se outros ramos industriais também pudessem ter acesso aos incentivos que os usineiros recebem¹⁸, pois, ao defenderem sua classe patronal, políticas públicas poderiam ser implementadas para o incremento do uso da biomassa como fonte de energia renovável para aquecimento direto ou calor de processo em sistemas industriais e comerciais de pequeno e médio porte.

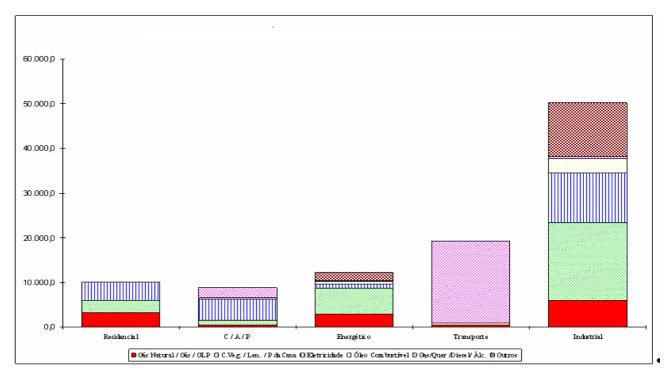


Figura 18 – Distribuição da energia útil nos principais setores por formas de energia (em milhões de tEP)

Fonte: BEU (2005).

¹⁸ As políticas do pró-alcool nos 70 e 80 e, atualmente, a obrigação de mistura do álcool anidro na gasolina são exemplos de incetivos aos usineiros. Maiores detalhes serão discutidos no tópico 3.4 Experiências e Oportunidades para a Biomassa no Brasil.

O setor industrial é muito complexo quando se discute as tecnologias utilizadas nos seus usos finais, principalmente para os usos finais de aquecimento, incluindo as fontes de energia renovável. As políticas públicas para o incentivo da biomassa como fonte de energia renovável deveriam focar nos existentes sistemas de aquecimento como potenciais tecnologias a receberem incentivos para, assim, aumentarem suas eficiências quando já utilizarem a biomassa como fonte energética ou para adaptarem ao uso da biomassa quando essas tecnologias empregarem combustíveis fósseis ou eletricidade.

3.3 POTENCIAL DOS RESÍDUOS DE BIOMASSA NO BRASIL

O lixo passou a ser chamado de resíduo e pode até ser resíduo para alguns; no entanto, para outros é matéria-prima. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), resíduo é algo que seu proprietário não mais deseja, em um dado momento e em determinado local, e que não tem um valor de mercado. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), resíduos são materiais decorrentes de atividades antrópicas, gerados como sobras de processos, ou os que não possam ser utilizados com a finalidade para a qual foram originalmente produzidos.

Vários tipos e tamanhos de empresas brasileiras geram resíduos de biomassa dentro de um processo produtivo. Esses deveriam ser reaproveitados, reciclados na mesma unidade produtiva da geração do resíduo ou deveriam ser vendidos como matéria-prima à outra empresa, que os transformariam em produto e os devolveriam ao mercado como um novo produto. Tal resíduo de biomassa (serragem ou casca de arroz, por exemplo), que é matéria-prima para essas empresas transformadoras, ganha no custo e no valor agregado (pellets ou briquete). O que para alguns é um problema – sobra de resíduo – para outros é matéria-prima que agrega valor e gera mais renda. O ciclo de vida desse produto, que momentaneamente tornou-se um resíduo dentro de um processo qualquer, foi revitalizado através da solução encontrada: reutilização do mesmo e assim a devolução no ponto de consumo na forma de um subproduto.

A biomassa está disponível em base renovável por meio de processos naturais ou como subproduto das atividades humanas. Entre os exemplos de biomassa mais conhecidos no Brasil, assim como seus resíduos algumas vezes utilizados para fornecer aquecimento direto ou calor de processo, ou ainda geração de energia, podemos citar:

Cana-de-açúcar (bagaço, palha e pontas)	Madeira (serragem e cavaco)
Milho (sabugo e colmo, folha e palha)	Resíduos de sorgo
Arroz (casca e palha)	Resíduos de algodão
Castanha de caju (casca)	Resíduos de fumo
Castanha do Pará (casca)	Resíduos de aveia
Cacau (casca)	Resíduos de trigo
Coco da Bahia	Resíduos de soja
Babaçu	Resíduos de feijão
Dendê (palma)	Resíduos de sorgo
Bagaço de laranja	Resíduos de cevada

Quadro 2 – Tipo de resíduos de biomassa no Brasil

Nota: Adaptação do autor

A utilização da energia advinda da biomassa apresenta dois aspectos de grande importância: sua renovabilidade em um espaço de tempo menor que o tempo de vida médio humano, e a manutenção do equilíbrio de CO₂, o que é capturado no processo de fotossíntese é liberado no processo de queima.

A utilização da biomassa residual sempre concorrerá com a incorporação do resíduo no solo para reposição de nutrientes. O desafio é fazer do resíduo de biomassa uma matéria-prima energética sem prejudicar a cultura, e, com isso, criar um novo produto sustentável e capaz de suprir com segurança e constância a demanda do mercado de aquecimento direto e calor de processo no Brasil.

A disponibilidade e as características de produção e acesso aos resíduos de biomassa são muito diferentes. As estimativas são muito difíceis de fazer, pois não houve até o momento uma preocupação mais firme na sua quantificação devido ao desinteresse por seu uso.

A utilização dos resíduos da biomassa produzida no Brasil necessita ainda de melhores avaliações quanto ao seu potencial econômico e de análises sobre ciclos de vida como produtos energéticos. Apesar da pouca informação disponível sobre

estes parâmetros, decorrente principalmente da ausência até agora de interesse de sua utilização como produto energético, alguns estudos como o PNE 2030 do MME, ou os estudos do CENBIO, como o Panorama do Potencial de Biomassa no Brasil (COELHO, 2002), começam a ser desenvolvidos de forma mais consistente frente às expectativas da valorização destes resíduos para diversas aplicações sustentáveis em um futuro próximo.

A precariedade e a falta de informações oficiais sobre o uso da biomassa para fins energéticos devem-se principalmente aos seguintes fatores (ANEEL, 2008):

- a) O público em geral tem a imagem de que se trata de um energético tradicionalmente utilizado em países pobres e setores menos desenvolvidos;
- b) Apesar da alta quantidade de resíduos gerados no Brasil ainda é uma fonte energética dispersa, cujo uso, historicamente, tem sido ineficiente;
- c) O uso da biomassa para fins energéticos é indevidamente associado a problemas de desflorestamento e desertificação.

Entretanto, essa imagem da biomassa está mudando, auxiliadas por os seguintes fatores (ANEEL, 2008):

- a) Esforços recentes de mensuração mais acurada do seu uso e potencial por meio de novos estudos, demonstrações e plantas-piloto;
- b) Uso crescente da biomassa como um vetor energético moderno (graças ao desenvolvimento de tecnologias eficientes de conversão), principalmente em países industrializados;
- c) Reconhecimento das vantagens ambientais do uso racional da biomassa, principalmente no controle das emissões de CO₂ e enxofre (ANEEL, 2008)

Os resíduos de biomassa podem ser classificados de acordo com sua fonte: resíduos industriais, resíduos rurais e resíduos urbanos.

3.3.1 Resíduos industriais

São assim considerados os resíduos provenientes do beneficiamento de produtos agrícolas e florestais e os resíduos do uso de carvão vegetal no setor siderúrgico de ferro-gusa e aço ou o gás de alto-forno a carvão vegetal.

A indústria madeireira, serrarias e mobiliário produzem resíduos a partir do beneficiamento de toras. Os tipos de resíduos produzidos são casca, cavaco, costaneira, pó de serra ou serragem, maravalha e aparas.

As indústrias de alimentos e bebidas produzem resíduos no fabrico de sucos e aguardente (laranja, caju, abacaxi, cana-de-açúcar, etc) no beneficiamento de arroz, café, trigo, milho (sabugo e palha), coco da Baía, amendoim, castanha-de-caju ou leite, entre outros.

No setor de papel e celulose existem indústrias de papel e indústrias de celulose, e também indústrias integradas, aquelas que produzem papel e celulose. Haverá, nesses casos, diferenças nos tipos de resíduos produzidos, porém, em linhas gerais, esse setor produz – como resíduos – casca, cavaco e lixívia. Existem 220 companhias no Brasil com unidades industriais localizadas em 16 estados, utilizando madeira de reflorestamento das espécies eucalipto (62%) e pinus (36%) (GALVÃO JR., 2004).

Uma pequena parte desses resíduos agroindustriais de biomassa serve para geração de energia no Brasil, mais precisamente geração de eletricidade. Estamos falando de média e grande escala. São caldeiras com alta pressão (67 bar e algumas usinas de açúcar e etanol já migrando para 120 bar) e alto consumo de biomassa (120 t / h de bagaço em uma usina de cana-de-açúcar moderna). Além do bagaço de cana-de-açúcar, e apenas na classe biomassa, o Brasil também fomenta outras fontes para aquecimento e calor de processo como o carvão vegetal, resíduos de madeira, casca de arroz, licor negro e biogás com uma potência em operação de 3.462,2 MW, representando 16,9% da capacidade termelétrica e apenas 3,6% do total do país (MME, 2007).

O bagaço de cana-de-açúcar é o resíduo mais utilizado no parque termoelétrico brasileiro, tendo uma capacidade em operação correspondente a 70,5% do total

termelétrico, ou seja, 2.440 MW, distribuídos em 255 usinas. O licor negro, resíduo industrial do processo de produção de papel e celulose, é o segundo combustível da classe biomassa em termos de potência em operação, com 22,6% do total (782,6 MW em 13 instalações). Por fim, os resíduos de madeira correspondem a 5,9%, significando 205 MW em operação em 24 instalações. Os demais combustíveis da classe biomassa apresentam potências negligenciáveis. (MME, 2007).

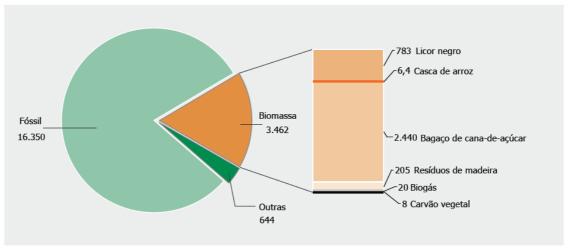


Figura 19 - Potência em operação em usinas termelétricas por fonte (MW) – Brasil Fonte: MME (2006).

A seguir, o mapa contendo a distribuição das termoelétricas à biomassa pelo Brasil em 2003, e o tipo de resíduo / fonte por região. Por exemplo, bagaço de cana no centro sul do país e resíduos de madeira no norte, regiões tradicionais no cultivo dessas culturas agrícolas:

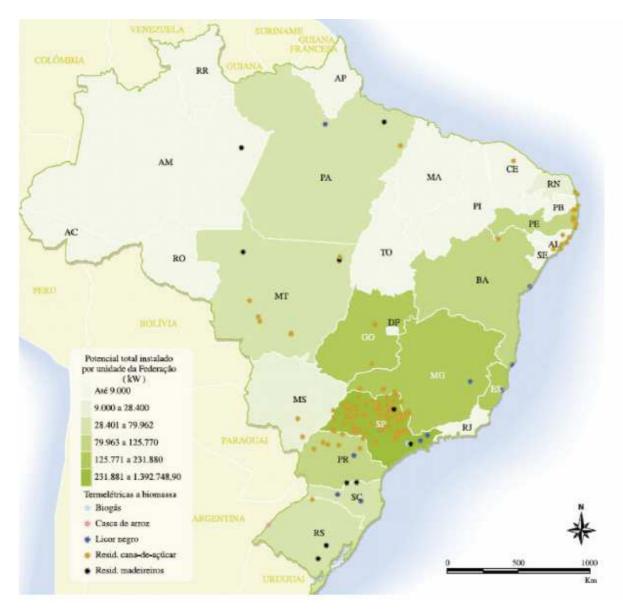


Figura 20 – Mapa das usinas termelétricas à biomassa em operação e potência instalada por estado situação em setembro de 2003

Fonte: MME (2007)

3.3.2 Resíduos rurais

Os resíduos rurais incluem todos os tipos de resíduos gerados pelas atividades produtivas nas zonas rurais, quais sejam: resíduos agrícolas, florestais e pecuários. Os resíduos agrícolas são aqueles produzidos no campo, resultantes das atividades de colheita dos produtos agrícolas. Tal retirada do terreno de cultivo para utilização em outros fins deve ser realizada de maneira racional, pois quando permanecem na zona de plantio exercem importante papel agrícola, contribuindo para a proteção dos solos entre os períodos de colheita e novo plantio, retendo a umidade do solo,

protegendo a biota, evitando a erosão e restaurando os nutrientes que foram extraídos pela planta.

A quantificação dos resíduos rurais é feita com base nos "índices de colheita", que expressam a relação percentual entre a quantidade total de biomassa, gerada por hectare plantado de uma determinada cultura, e a quantidade de produto economicamente aproveitável.

São considerados resíduos florestais aqueles gerados e deixados na floresta como resultado das atividades de extração da madeira. Estima-se que existe um potencial muito grande de aproveitamento energético de resíduos florestais no Brasil, uma vez que as atividades extrativas da madeira tanto para o carvoejamento quanto para o uso não energético desenvolvem-se de forma intensiva de Norte ao Sul do País.

3.3.3 Resíduos urbanos

Vivemos em uma sociedade que estimula o consumo e a produção em grande escala. A filosofia do descartável e do excesso de embalagens predomina em diversos setores do mercado, o que diretamente significa mais rejeitos. Grande parte do lixo ainda não é coletada, permanecendo junto às residências. A produção de lixo per capita, hoje, gira em torno de 600g/hab/dia e há poucos aterros sanitários ou aterros controlados no Brasil. Em São Paulo, por exemplo, estima-se que cada habitante produz 1 kg de lixo por dia, e esse valor tende a crescer, tornando a problemática do lixo inexorável e irreversível e legitimando a necessidade de alternativas eficazes e custo-efetivas.

Os resíduos urbanos de madeira, principalmente as podas de árvores feitas pelos municípios em praças e jardins e as feitas pelas concessionárias de serviços públicos, estão, aparente e momentaneamente, esquecidas pela sociedade quanto ao seu valor energético e, da mesma forma, poder-se-ia dizer dos órgãos ambientais, que os têm tratado como simples lixo, sem aproveitamento.

O uso energético dos resíduos de biomassa competirá, no futuro, com outros usos, como o preparo de cama para criação de animais, adubação orgânica, controle de

erosão, alimentação de animais, entre outros. Também será necessário consolidar o conceito de resíduo sob a óptica da sustentabilidade da exploração, ou seja, não retirar do local de produção da biomassa excesso de matéria orgânica que venha a depauperar o solo e prejudicar futuras explorações.

Para viabilizar o aproveitamento dos resíduos agrícolas das culturas diversas, como soja, milho e arroz, deve-se determinar as rotas econômicas e adequadas de coleta, recuperação, transporte e disponibilização da biomassa. Isso deve envolver tanto o estudo da oferta do resíduo quanto seu aproveitamento por uma demanda pré dimencionada e potencial para absorver o produto energético.

A utilização dos resíduos da biomassa requer a avaliação sistêmica da cadeia produtiva desses resíduos e das características inerentes do produto a fim de que se possa projetar um sistema logístico apropriado para a sua coleta. Diversos cuidados devem ser tomados quanto aos aspectos de degradação do produto, do odor decorrente de longos períodos de estocagem e do relacionamento com os produtores. Cada empresa possui um tipo de resíduo e cada tipo deve ser tratado de maneira diferente, com técnicas adequadas ao tipo de resíduo de biomassa para que não haja contaminação com elementos externos – como areia ou pedra – e para que não se misturem os tipos de resíduos entre si, pois esses têm diferentes componentes energéticos e de umidade.

Parece haver um consenso de que, de modo geral, os empreendimentos que utilizam a biomassa como combustível principal produzem baixos índices de substâncias como óxido de nitrogênio, gás carbônico, enxofre, hidrocarbonetos e particulados. As emissões de dióxido de carbono são consideradas quase zero, posto que não existe contribuição adicional de carbono, uma vez que está em equilíbrio com o carbono absorvido pelas florestas ou plantações de onde se originam as respectivas biomassas. Não se deve ignorar as emissões locais de dióxido de carbono feitas pelas fábricas de bioenergia, pois são significativas.

As empresas geradoras de grandes volumes de resíduos de biomassa, tais como as indústrias de papel e celulose ou usinas açúcar e álcool, vêm demonstrando preocupação com a falta de energia e, sempre que possível, implantam suas

próprias termelétricas ou sistemas de geração de vapor e/ou energia, ou seja, sistemas de co-geração (ANEEL, 2008). Entretanto, as pequenas e médias empresas que produzem tais resíduos em menor quantidade, ou que não dispõem de capacidade financeira suficiente para implantar caldeiras ou termelétricas ou ainda sistema de co-geração, como, por exemplo, as indústrias do setor madeireiro (serrarias, indústrias moveleiras dentre outras), ou do setor arrozeiro, acabam dando outros destinos à biomassa ou simplesmente as descartam de forma descontrolada.

De outra parte, o aproveitamento atual da maioria dos resíduos de biomassa é inapropriado, causando problemas ambientais e de saúde pública. Resíduos agrícolas são queimados sem qualquer aproveitamento ou mesmo monitoramento governamental, ou ocorre que parte dos constituintes dessa biomassa acaba sendo carreado pelas águas das chuvas, o que determina diversos episódios de contaminação de águas por todo o país.

Estimar o potencial energético brasileiro dos resíduos de biomassa e propor soluções econômicas é um desafio devido à precariedade das estatísticas e às variações regionais. Com base em alguns trabalhos selecionados e que foram realizados com este objetivo (mensurar o potencial dos resíduos de biomassa no Brasil), listamos abaixo algumas considerações:

- a) Coelho (2002) Panorama do Potencial de Biomassa no Brasil, estudo do CENBIO que calculou o potencial energético de resíduos agrícolas para todas as regiões do país (vide em anexo os mapas representados pelas Figuras 1 a 7), focando em silvicultura, cana-de-açúcar, dendê, arroz, castanha de caju e côco da Bahia. Assumindo eficiência de conversão térmica de 15%, o relatório apresenta que apenas pelo aproveitamento dos resíduos destas culturas o potencial de geração de energia seria da ordem de 400 MW de energia elétrica para todo o país.
- b) Silva (2002) Geração de Energia a Partir de Resíduos de Mandioca para Agricultura Familiar no Estado do Pará, calcularam o potencial energético do resíduo proveniente da fabricação da farinha de mandioca para o estado do Pará, que gera em torno de 2,6 Mton de resíduo na produção de mandioca. Os autores estimam em 1255 MW/ano o potencial energético desta biomassa.

c) Oliveira (2006) – A geração de energia elétrica através do uso de biomassa na Bahia: Condicionantes e oportunidades, calculou a disponibilidade de biomassa no estado da Bahia com o intuito de estudar a possibilidade de utilização para fins de geração de energia. Utilizou como metodologia básica a mesma empregada pelo estudo feito pelo CENBIO, apresentado no Panorama do Potencial de Biomassa no Brasil (2002). Resumindo, esse potencial estimado em quantidade de energia por ano ficou distribuído desta forma:

a) Cana-de-açúcar: entre 200 e 1000 GWh/;

b) Resíduos Agrícolas: entre 50 e 500 GWh;

c) Resíduos de madeira: entre 200 e 500 GWh/ano;

d) Óleos vegetais: entre 2 e 10 GWh/ano.

Em recente e importante estudo sobre a quantificação dos resíduos do Brasil, a EMBRAPA (2009) desenvolveu o gráfico a seguir sobre a geração brasileira de resíduos entre as safras de 1990/1991 e 2005/2006 com base na produção de resíduos de cana-de-açúcar, algodão, aveia, milho, trigo, arroz, soja, feijão, sorgo, cevada. Esse mesmo estudo que mostra uma quantidade de 345 milhões de toneladas de resíduos de biomassa anuais no Brasil ainda não inclui a mandioca, o dendê, a castanha de caju, a silvicultura, o côco da Bahia, entre outros:

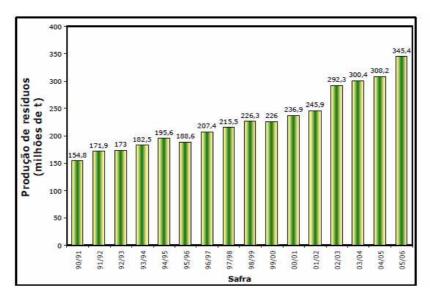


Figura 21 – Geração brasileira de resíduos agrícolas/agro-industriais Fonte: EMBRAPA (2009).

Brasil líder produção agrícola O mundial na de vários produtos. Consequentemente, também é líder na geração de alguns resíduos agrícolas. As duas tabelas seguintes mostram alguns números retirados do PNE 2030 (MME, 2007) sobre a geração de resíduos de algumas culturas agrícolas (soja, milho, arroz e cana-de-açúcar) e seus respectivos valores energéticos. Esses resíduos, na sua grande maioria, ainda não são aproveitados como recurso energético, mas poderiam ser coletados e transformados visando a suprir a demanda por aquecimento no comércio e na indústria:

Tabela 3 - Estimativa da geração de resíduos agrícolas Brasil (10⁶ tBbs/ano)

Resíduo	1990	1995	2000	2003	2004	2005
Palha da soja	72,36	93,36	116,44	187,26	179,25	185,23
Sabugo, colmo, folha e palha do milho	120,48	187,21	158,20	237,05	208,94	175,67
Palha de arroz	34,26	48,32	49,12	44,58	55,17	56,88
Folhas e ponteiros da cana-de- açúcar	36,78	42,52	45,66	55,44	58,13	60,39

Fonte: MME (2007) Nota: Adaptação do autor

Tabela 4 - Energia primária contida nos resíduos agrícolas Brasil (10⁶ GJ/ano)

Resíduo	1990	1995	2000	2003	2004	2005
Palha da soja	1.056,5	1.363,1	1.700,0	2.734,0	2.617,1	2.704,3
Sabugo, colmo, folha e palha do milho	2.132,5	3.313,6	2.800,2	4.195,9	3.698,2	3.109,4
Palha de arroz	548,19	773,17	785,91	713,26	882,66	910,05
Folhas e ponteiros da cana-de-açúcar	588,40	680,29	730,51	887,07	930,06	966,30

Fonte: MME (2007)

NotaS: 1,0 barril equivalente de petróleo contém 5,95 Giga Joules de energia (1 bep = 5,95 GJ).

1,0 Megawatt-hora (MWh) equivale a 3,6 GJ.

Adaptação do autor.

A tabela a seguir mostra o futuro potencial brasileiro para o aproveitamento dos resíduos de biomassa provenientes das principais culturas agrícolas do Brasil que ainda não são, na sua grande maioria, aproveitados. O potencial da energia primária desses resíduos agrícolas requer investimentos para o desenvolvimento de rotas tecnológicas para sua recuperação, referentes ao maquinário capaz de recuperar de forma adequada a biomassa que fica no campo, e dispêndios de disponibilização, referentes aos custos desta operação e do seu transporte até uma unidade que efetivará sua aplicação como combustível para geração de aquecimento ou calor. O

aspecto de maior significância é a disponibilidade, que inclui todo o processo de colheita, acondicionamento e transporte ao ponto de utilização, onde as distâncias envolvidas são determinantes bem como a manipulação e o pré-tratamento que na maioria das vezes se fazem necessários, como secagem e adequação de tamanho (pellets).

Tabela 5 - Estimativa do conteúdo energético primário da biomassa por resíduo agrícola, agroindustrial e silvicultural – Brasil (10⁶ tep / dia)

	2005	2010	2015	2020	2030
Total	4,24	5,68	6,93	8,22	10,81
Resíduos agrícolas	3,54	4,70	5,70	6,71	8,88
Soja	1,25	1,69	2,03	2,41	3,24
Milho	1,43	2,05	2,48	2,94	3,95
Arroz (palha)	0,42	0,43	0,46	0,48	0,51
Cana-de-açúcar (palha)	0,44	0,53	0,74	0,88	1,18
Resíduos agroindustriais	0,59	0,71	0,95	1,13	1,51
Cana-de-açúcar (bagaço)	0,46	0,55	0,76	0,90	1,21
Arroz (casca)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Lixívia ⁽¹⁾	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20
Madeira ⁽²⁾	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09
Florestas energéticas	0,11	0,27	0,28	0,38	0,41
Madeira excedente (3)	0,11	0,27	0,28	0,38	0,41

Notas (1) Licor Negro com concentração entre 75 e 80 % de sólidos secos.

(2) Resíduos de madeira da indústria de celulose: lenha, resíduos de madeira e cascas de árvore.

(4) 1,0 barril equivalente de petróleo contém 5,95 de Giga Joules de energia (1 bep = 5,95 GJ). Fonte: MME (2007).

Características favoráveis do Brasil, como a alta incidência de radiação solar e boas condições climáticas, localização entre os trópicos, extenso território com disponibilidade expressiva de terras agriculturáveis e indústria agropecuária madura não estão ainda refletidas no aproveitamento do potencial energético da biomassa, em especial na geração de aquecimento e calor a partir dos seus resíduos. O baixo aproveitamento deste potencial não se deve às condições de produção e oferta das diversas fontes de biomassa disponíveis no país. A evolução tecnológica, contudo, vem reduzindo os custos de investimento, aumentando a eficiência e, conseqüentemente, a competitividade e o potencial de aproveitamento energético da biomassa, principalmente na Europa.

Embora conte com uma atividade agrícola bastante intensa, o Brasil ainda dispõe de muita terra agricultável disponível, sem prejudicar as florestas e áreas de

⁽³⁾ Representa a diferença entre a quantificação teórica da produção potencial nas áreas ocupadas pela silvicultura e o consumo de madeira em tora para uso industrial oriundo de florestas plantadas.

preservação, como pode ser verificado pelos números de ocupação do solo e distribuição por área no Brasil, apresentados graficamente na Figura 22:

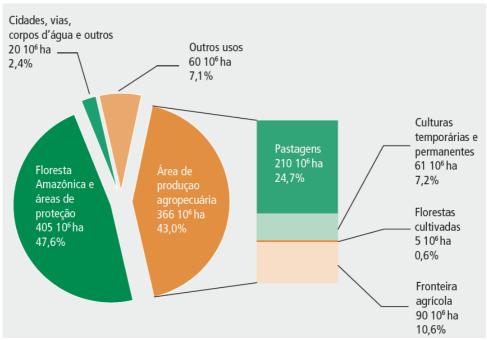


Figura 22 - Ocupação do solo e distribuição por área, Brasil – 2005

Fonte: MME (2007)

3.4 EXPERIÊNCIAS E OPORTUNIDADES PARA A BIOMASSA NO BRASIL

O Brasil tem na biomassa uma característica particular de aproveitamento dessa fonte de energia renovável em grande escala industrial, como exemplo, a produção do etanol a partir da cana-de-açúcar e o aproveitamento do bagaço para a cogeração de eletricidade; carvão vegetal oriundo de plantações de eucaliptos, e o uso da biomassa de indústrias de papel e celulose (cascas e resíduos de árvores, serragem, licor negro, etc.).

Para atingir essa expressiva participação na matriz energética brasileira, a biomassa, fazendo parte do sistema agroindustrial brasileiro, tem passado por diversas fases de crescimento e recebido muitos investimentos, reflexo também da regulamentação do setor, mas, também, devido à competição internacional na busca por uma maior produtividade.

O papel das políticas setoriais e do ambiente institucional tem determinado a dinâmica do sistema agrícola produtivo formado por segmentos com diversos graus de dependência e capacidade de coordenação entre eles.

Apesar do histórico das políticas brasileiras ter focado no uso da biomassa em grande escala para a geração de energia elétrica ou para a produção de biocombustíveis para transporte, algumas dessas experiências podem servir para a formatação de políticas públicas visando ao desenvolvimento do uso dos resíduos de biomassa em sistemas de aquecimento, principalmente pela indústria brasileira de pequeno e médio porte PROALCOOL, PROINFA, Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) ou a exigência de adição do álcool anidro na gasolina são exemplos de políticas públicas federais que ajudaram a matriz energética brasileira a fazer da biomassa a segunda maior fonte de energia do país e a de maior participação entre as fontes renováveis, superando até mesmo a hidroeletricidade.

É importante citar como exemplo de política pública de apoio à biomassa no Brasil a experiência com o PROALCOOL, mesmo não atingindo seu objetivo na íntegra, mas ajudando a criar o parque sucro energético atual, o maior do mundo. Essa política setorial brasileira, que se iniciou nos anos 70 para o incremento da utilização da biomassa para fins de transporte, foi fortemente calcada em políticas públicas que tinham como objetivo fomentar a produção e o uso de etanol no Brasil. Diversos incentivos e subsídios por parte do governo, tanto para os usineiros, quanto para a indústria automobilística, foram constituídos naquela época com a finalidade de viabilizar o programa, que prometia ser o propulsor da utilização em larga escala do álcool. Dentre as condições, extremamente favoráveis para o produtor, pode-se destacar: taxas de juros negativas; três anos de carência para o pagamento dos empréstimos; e doze anos para o pagamento dos empréstimos. Além disso, o governo estabeleceu preços mínimos para o etanol, mais atrativos em relação ao preço do açúcar. Do lado do consumidor, a redução da tributação permitiu que o preço do álcool nas bombas, em termos de combustível por quilômetro rodado, ficasse sempre menor que o da gasolina.

Outros fatores inerentes à cadeia produtiva de uma biomassa para fins energéticos, como a safra de cana de açúcar, estocagem de etanol, preço do açúcar no mercado

internacional, preço do petróleo e da gasolina, estão entre aqueles que influenciam o mercado de etanol no Brasil e que também servem de rica experiência para uma nova política pública visando ao incremento dos outros resíduos da biomassa na indústria brasileira, principalmente em sistemas de aquecimento. Outra forma de atuação das políticas públicas têm sido através dos estados da federação que podem influenciar os preços por meio da alteração nas alíquotas de ICMS e do percentual de álcool anidro a ser misturado à gasolina A.

Sem a intenção de entrar em detalhes sobre quantidade, disponibilidade ou os custos diretos e indiretos envolvidos com o aproveitamento dos resíduos de biomassa no Brasil, tentamos demonstrar que o país tem experiência em política pública para o fomento do uso da biomassa e uma grande variedade e quantidade dessa fonte renovável, seja na forma de resíduos já disponíveis e não utilizados, seja em potencial futuro como na forma de plantio energético. Essas experiências e oportunidades devem ser melhor aproveitadas, pois, como ocorre para todas as fontes renováveis de energia, a efetiva viabilização do potencial de produção de energia, seja ela na forma de calor ou elétrica ou líquida, a partir da biomassa residual da cana, da madeira, do arroz ou de qualquer outra fonte de biomassa, requer a definição e a implantação de políticas públicas de fomento com horizonte de médio a longo prazo e que definam condições claras e efetivamente motivadoras para que o potencial, que é economicamente viável e é estrategicamente de interesse nacional, possa ser aproveitado.

A relevância do tema da utilização de resíduos de biomassa para fins de aquecimento industrial e comercial é clara em relação à contribuição e estímulo para a melhoria da matriz energética brasileira, não só nos momentos de escassez, mas também como uma alternativa para incitar o modelo tecnológico renovável e, portanto, sustentável por gerações.

O mais importante é a discussão sobre políticas públicas que incentivem o uso dos resíduos de biomassa por parte de uma demanda já existente, como o setor industrial brasileiro, que apresenta necessidade de grandes quantidades de calor de processo e aquecimento direto nos seus estabelecimentos.

Talvez seja o momento ideal para motivar a utilização de resíduos de biomassa pela indústria brasileira. Na Europa, o grande mercado a ser explorado pelos brasileiros através da oferta de produtos de biomassa sólida como os *pellets*, cavacos e briquetes é a indústria da biomassa, que já está estabelecida após anos de discussão sobre políticas públicas nacionais e regionais, como de bloco que resultaram em regulamentações sobre o tema.

A biomassa é uma realidade em muitos países (como veremos na próxima seção), não só como um combustível, mas também como o centro para desenvolvimento de equipamentos especializados em manejo de um combustível sólido, muito mais difícil e desafiador do que os combustíveis líquidos. Porém, são esses desafios tecnológicos que estão dando suporte ao desenvolvimento do mercado de biomassa na Europa. Governos de vários países têm desenvolvido programas de políticas públicas que apóiam a biomassa em toda sua cadeia, desde a coleta do resíduo através de centros de coleta, como na transformação desse resíduo em produto de alto poder calorífico, baixa produção de cinzas, baixo nível de umidade, ou seja, alto valor agregado por tonelada. As políticas desses países também apoiam o transporte e a entrega desse combustível renovável para serem usados em equipamentos nacionais altamente sofisticados, incluindo baixa emissão de poluentes como os particulados, automação para limpeza de cinzas e alimentação regular respondendo a sensores de vários tipos e objetivos, além de controles monitorados pela Internet ou celular, por exemplo.

O Brasil pode e deve ir pelo mesmo caminho europeu. A indústria brasileira tem experiência e competência para ajudar a alcançar objetivos nos mesmos padrões da Europa e, conseqüentemente, abrir portas para os combustíveis renováveis originados dos diversos resíduos de biomassa. Para isso, é necessário que o Brasil aprenda sobre as experiências dos outros países em políticas públicas para, assim, poder aproveitar o seu potencial como grande produtor de resíduos agrícolas.

4 AS POLÍTICAS PARA PROMOÇÃO DAS TECNOLOGIAS RENOVÁVEIS DE AQUECIMENTO

Esta seção intenciona discutir uma visão geral das políticas que vêm sendo utilizadas para promover o aumento no uso de fonte renovável para aquecimento. As tecnologias do tipo REHC foram discutidas na segundaa seção. Deste modo, esta seção introduz as categorias de políticas públicas para promoção dessas tecnologias.

Apesar das tecnologias de aquecimento estarem comercialmente consolidadas na Europa, o suporte público foi e é necessário para assegurar o crescente número de lançamentos de máquinas e equipamentos no mercado.

Historicamente, na maioria dos países do mundo, o aquecimento renovável não tem recebido suporte político como tem recebido a eletricidade renovável ou os biocombustíveis para transporte. Essa disparidade é, em parte, devido à falta de ferramentas legislativas e políticas para dar sustentáculo ao desenvolvimento de mercado das tecnologias específicas para aquecimento que já estão, na sua maioria, em estágio comercial consolidado, como os sistemas de aquecimento solar e as caldeiras a *pellets*.

As políticas para o suporte de tecnologias do tipo REHC podem ser inerentemente diferentes daquelas que oferecem geração de eletricidade renovável, por conseguinte, refletem as diferentes características dos mercados. Já os mercados de eletricidade são claramente atribuídos para um (ou pouco mais) operador de rede centralizado, enquanto que, com a exceção dos sistemas de aquecimento distrital, o calor é, muitas vezes, a responsabilidade de produtores individuais. Além disso, o calor gerado de fontes renováveis de energia deve ser utilizado localmente, pois não é possível alimentar uma rede extensiva de distribuição, como é prática comum com a eletricidade renovável. Deste modo, instrumentos de política pública precisam ser especificamente focados para atender as seguintes características únicas e locais: os recursos de biomassa disponíveis (que servirão de fontes renováveis para as

tecnologias do tipo REHC), as tecnologias de pequena escala envolvidas e a demanda amplamente distribuída.

A experiência tem demonstrado que a situação da tecnologia REHC no mercado em estudo influencia os níveis de políticas públicas de suporte exigidos para desenvolver este mercado em estudo e, consequentemente, influencia também no sucesso dos produtos e serviços lançados no mercado. Em um ambiente que inclua políticas de suporte e um ciclo de desenvolvimento de tecnologia, o avanço do mercado torna-se autogenerativo em termos de economia de escala, queda de preços e conhecimento público. Os mercados que ainda não atingiram o estágio de massa (ou estão em declínio) não são objetos de tal benefício, assim, exigirão políticas mais fortes de suporte para ganhar uma difusão mais rápida.

Com base nas publicações da IEA (*International Energy Agency*) sobre as technologias REHC, os tipos de instrumentos para lançamento das políticas que têm sido usadas são agrupados nas seguintes categorias (Figura 23):

- a) Políticas de Incentivos: financeiros e/ou fiscais:
- b) Políticas Regulatórias;
- c) Políticas Educativas.



Figura 23 – Categorias de instrumentos utilizados para implantação de políticas para suporte de tecnologias renováveis para o setor de aquecimento e refrigeração (REHC) Fonte: IEA (2007).

Nota: Adaptação do autor.

As três categorias são designadas para o suporte dos mesmos objetivos, mas elas tentam superar as barreiras de modos diferentes. As políticas para aquecimento

renovável recebem ênfase aqui porque muito poucas são exemplos para o incentivo do resfrigeração renovável até essa data.

4.1 POLÍTICAS DE INCENTIVOS

Normalmente, as políticas de incentivos agem para atrair um estabelecimento comercial ou industrial à utilização de uma fonte de energia renovável a fim de atingir necessidades locais de aquecimento. Objetiva determinar a diferença de custos entre as tecnologias de energia renovável e as tecnologias convencionais fósseis utilizadas direta ou indiretamente para aquecimento. Segundo a IEA (2006), esses programas de incentivos podem ser categorizados em:

- a) Incentivos financeiros: baseados em suporte financeiro direto, como as doações de capital (também conhecidas como capital a fundo perdido), utilizadas para reduzir o custo do capital para distribuição das tecnologias de energia renovável, ou redução do risco de investimento utilizando empréstimos facilitados como os empréstimos a juro zero e/ou de longo prazo; e
- b) Incentivos fiscais como os benefícios tributários que visam a diminuir a carga de impostos (municipal, estadual ou federal) sobre a coleta e o transporte de resíduos de biomassa, a fabricação ou instalação de tecnologias ou sobre seus usos (sobre a produção de calor, por exemplo).

Geralmente, esses tipos de incentivos são financiados por orçamentos governamentais. Objetivando ser efetiva, a formatação desses incentivos necessita alocar níveis suficientes de recursos para tornar o custo das tecnologias de energia renovável competitivo frente ao preço de mercado da energia de calor convencional que utiliza combustíveis fósseis. Esses incentivos devem ser previsíveis e consistentes para gerar segurança nos investimentos feitos pela contrapartida da iniciativa privada.

Doações de capital ou capital a fundo perdido, empréstimos a juro zero e de longo prazo ou programas de incentivos fiscais não podem afiançar a segurança do investimento no longo prazo sem um amplo investimento com orçamento público. Embora as políticas de incentivo tenham adquirido sucesso no crescimento do setor

específico de aquecimento renovável na Europa, o encargo significativo nas finanças públicas, inerentes ao formato desses planos, pode requerer maiores considerações sobre as políticas regulatórias ou ainda uma combinação dos dois planos.

4.1.1 Incentivos financeiros

a) Doações de capital e abatimentos

As instalações de sistemas de aquecimento solar térmico e geotérmico são usualmente intensivos em capital e com relativamente baixo custo para o funcionamento, pois o recurso renovável é "gratuito" (o sol e o poço geotérmico, respectivamente). Plantas de calor ou aquecimento à bioenergia podem ser similares se a fonte de biomassa é gratuita no local, mas o combustível, normalmente, precisa ser coletado ou comprado, muitas vezes resultando em custos mais altos de operação comparado aos sistemas de aquecimento solar e geotérmico. Deste modo, doações de capital e abatimentos são um incentivo direto para reduzir o custo de investimento inicial para os sistemas à biomassa.

Doações podem ser ofertadas tanto para desenvolvedores como para proprietários das instalações de aquecimento renovável, ou diretamente para os fabricantes das tecnologias de aquecimento renovável. É recomendado que doações sejam ofertadas em suporte ao lado da demanda de mercado, uma vez que doações para fabricantes podem interferir na competição. Para os proprietários de plantas de aquecimento à biomassa, as doações podem ser oferecidas em termos de:

- a) Capacidade instalada (\$ / GJ) focando diretamente os custos de investimento de capital para a planta e sua instalação;
- b) Um pagamento de incentivo fixo por instalação;
- c) Abatimentos na forma de reembolso de uma percentagem específica do custo de instalação.

Quando o orçamento estipulado pelo governo para subsidiar as doações é pequeno em relação à demanda potencial, então, essas doações podem ser recompensadas com base no "primeiro que solicita, primeiro é servido" ou até leiloada. Um risco

consiste em prover doações para instalação que não garantam a quantidade de energia de calor a ser gerada ou para equipamentos importados de má qualidade e com certificação técnica duvidosa. Além disso, recursos limitados e de curta duração para doação podem proporcionar um "desincentivo" para investimento em tecnologias de alta qualidade, uma vez que os fornecedores não percebem aquele incentivo como sendo de longo prazo e acabam não investindo em pesquisa e desenvolvimento.

b) Doações operacionais

Este incentivo para produção de calor proporciona pagamentos em dinheiro com base na geração de energia, em uma base \$ / kWh para produção de eletricidade renovável, contudo, focando no calor como produto energético final também é possível em termos de \$ / GJ ou \$ / BTU. Pagamentos com base em geração de energia e, portanto, no desempenho da planta, ao invés de com base em investimento de capital, podem colocar mais ênfase na escolha de melhores instalações. Mais ainda, investindo na geração de energia assegura-se que calor renovável é realmente gerado.

c) Empréstimos facilitados e garantias para empréstimos

Assistência financeira nas formas de baixíssima taxa de juros ou taxa de juros zero, empréstimo de longo prazo, e/ou flexibilidade com as garantias exigidas para empréstimos efetivamente diminuem os custos de capital para implantação de tecnologias de aquecimento renovável. Desde que o alto custo inicial seja, na maioria das vezes, considerado importante para potenciais investidores em tecnologias do tipo REHC, diminuindo-o através de empréstimos facilitados, pode-se reduzir o risco do investimento. Empréstimos oferecidos por bancos estatais com taxas de juros subsidiadas também fazem baixar as taxas de mercado ao incentivar a competição entre os bancos privados e estatais que, em paralelo, podem incorporar longos períodos de amortização.

Uma vantagem associada com esse tipo de incentivo é sua fácil implementação por instituições financeiras que, em geral, proporcionam suporte ao investimento de

desenvolvedores de projetos como as agências de fomento regionais. Os bancos, muitas vezes, hesitam em oferecer empréstimos para equipamentos que ainda estão se desenvolvendo no mercado, mas quando a "bancabilidade" é garantida por instituições estabelecidas no mercado local, isso pode pavimentar o caminho para os desenvolvedores de projeto adquirirem fundos adicionais.

4.1.2 Incentivos fiscais

Os incentivos fiscais (incluindo créditos e reduções fiscais) e depreciação acelerada¹⁹ podem ser baseados em custos do investimento ou produção de energia. Uma ampla série de incentivos fiscais existe e aumenta a competitividade do aquecimento renovável. Os incentivos fiscais são uma opção atrativa, porém o nível geral de incentivos fiscais precisa ser cuidadosamente estabelecido para atingir resultados de sucesso.

Onde impostos diretos ou indiretos ou encargos sobre carbono existem, esses podem afetar o custo-competitividade das tecnologias do tipo REHC. Os impostos como o ICMS, IPI, PIS-COFINS são, muitas vezes, reduzidos para eletricidade e gás, entretanto, uma taxa cheia é aplicada para a comercialização de produtos de biomassa ou para as tecnologias de aquecimento, pois ainda não há o suporte de políticas públicas para o desenvolvimento desse mercado e das suas tecnologias através de incentivos fiscais. Nos locais onde seja possível, a regulação governamental para reduções desses impostos deveria ser ajustada para incluir os resíduos de biomassa e as tecnologias do tipo REHC.

Os encargos sobre carbono também podem ajudar as tecnologias de aquecimento renovável caso todas as fontes de energia fossem taxadas com base em um percentual fixo medido por emissão de carbono. A biomassa estaria isenta dessa taxa, pois o seu balanço de carbono é quase nulo, gerando maior custo para os usuários de fontes fósseis.

. .

¹⁹ A depreciação acelerada à aplicada a bens (ativo) que são utilizados por períodos maiores que os períodos estipulados em lei (oito horas por dia, por exemplo). Maiores informações sobre a depreciação acelerada através do link http://www.receita.fazenda.gov.br/PessoaJuridica/DIPJ/2005/PergResp2005/pr374a378.htm.

a) Créditos fiscais

Sob a ótica da dedução de imposto, as instalações de aquecimento renovável representam uma despesa para o contribuinte. Créditos ou deduções podem ser uma percentagem do investimento total ou um valor já pré-definido por instalação. A despesa da instalação é deduzida do valor total do capital taxável no imposto de renda ou IPTU, por exemplo, e, deste modo, resulta em uma menor taxa para quem paga imposto. Depreciação acelerada também pode incentivar os investimentos em equipamentos novos quando taxas impostas sobre ativo fixo são limitadas a um pré-determinado número de anos depois da instalação. Créditos fiscais podem proporcionar um maior benefício para os negócios com maiores níveis de receita e carga fiscal. Somente essas empresas, com grandes propriedades ou lucros, podem se beneficiar, porém, sem esse passivo fiscal não se promove incentivo para investidores potenciais.

Os créditos fiscais em investimentos que cobrem uma percentagem ou todo o custo de instalação são especialmente bons para uma difusão de tecnologias em estágio inicial de mercado que têm custos relativamente altos (IEA, 2007). Alternativamente, créditos fiscais em produção de energia renovável podem proporcionar benefícios fiscais para o montante de aquecimento ou frio renovável realmente produzido, aumentando, assim, a taxa de retorno ou decrescendo o período de pagamento do investimento. Em geral, incentivos em produção de energia renovável são preferenciais aos incentivos sobre investimentos porque eles promovem o resultado desejado, que é o aumento da geração de calor renovável.

b) Reduções fiscais e isenções

Um sistema de redução fiscal ou isenção reduz o montante de taxa que deve ser pago, reduzindo o custo total de investimento em tecnologias do tipo REHC. Sistemas de redução fiscal incluem diminuição das taxas sobre vendas, ativos e isenções em imposto. Outros benefícios para as tecnologias REHC poderiam também ocorrer em forma de isenções de ecotaxas, encargos sobre carbono ou taxas de energia impostas sobre combustíveis para aquecimento convencionais, como o gás natural ou derivados de petróleo. Essas reduções ou isenções atuam

como um suporte indireto fazendo das tecnologias para aquecimento mais competitivas em custo. Tal instrumento político tem alcançado notável sucesso na Suécia, onde as isenções para biomassa das taxas de energia, em 1990, favoreceram tanto a competição no mercado que, hoje, a maioria do calor gerado é de biomassa (IEA, 2007).

4.2 POLÍTICAS REGULATÓRIAS

Geralmente, ao implementar os instrumentos políticos da regulação, os governos podem interferir no mercado colocando exigências em setores específicos. Esse tipo de instrumento força as indústrias de tecnologias do tipo REHC a requererem o desenvolvimento de tecnologias cada vez mais específicas. Os custos administrativos e legais da participação da administração pública são, muitas vezes, mantidos em um mínimo pelos governos, embora monitorar e implantar as novas obrigações legais possam exigir maiores custos no nível local ou regional.

Para manter a qualidade do equipamento, da instalação e do *design*, quando os governos estiverem implementando as obrigações legais para aquecimento renovável, é oportuno criarem um sistema de monitoramento incluindo inspeções periódicas das instalações e / ou padrões mínimos de qualidade para cada parte do sistema.

Os custos são, em muitos casos, substancialmente menores se as tecnologias do tipo REHC puderem ser integradas desde o estágio inicial de planejamento do negócio comercial ou industrial, justificando, assim, a obtenção de licenças e autorizações da prefeitura, por exemplo.

Contudo, os programas regulatórios tendem a exigir a instalação de apenas um tipo de tecnologia de aquecimento renovável, as tecnologias complementares, como aquecimento solar e aquecimento à biomassa, podem não ter suporte em conjunto, mas apenas individualmente.

a) Regulamentações em estabelecimentos

Essas obrigações se aplicam para uma tecnologia renovável para aquecimento específica ou toma uma forma mais geral de regulamentação para promover economia de energia, por exemplo. As regulamentações, exigindo sistemas solar térmico para água quente em prédios novos ou reformados, têm sido crescentemente comuns em anos recentes. A cidade de São Paulo é um exemplo, com a Lei número 14.459, de 3 de julho de 2007 (vide ANEXO I), que, no seu artigo segundo, torna "obrigatória a instalação de sistema de aquecimento de água por meio do aproveitamento da energia solar, nas novas edificações do Município de São Paulo." A Lei 14.459 determina as categorias de negócios que têm a obrigatoriedade estabelecida, como os hotéis, clubes esportivos, hospitais, escolas, quartéis, etc.

Nas casas localizadas em áreas de clima frio no inverno ou das indústrias situadas em distritos ou centros industriais essas regulamentações também poderiam ser exigidas aos proprietários, visando a se conectarem em uma rede de aquecimento distrital abastecido por energia renovável, seja para aquecimento de ambiente (residencial) ou aquecimento industrial (vapor para caldeiras). Desta forma, permissões ou autorizações poderiam ser retidas se os planos não incorporassem as instalações necessárias.

Essas regulamentações são justificadas onde as tecnologias renováveis para aquecimento podem ter custos competitíveis se instaladas durante a construção, ao invés de ocorrerem como uma exigência para um período de reformas. A obrigatoriedade em edifícios ou indústrias novos cria uma massa mínima crítica dentro do mercado levando, assim, a custos menores e mais uso das tecnologias renováveis para aquecimento.

Fornecer uma porção da demanda por água quente em um edifício com tecnologia solar térmica é relativamente simples e direto. Contudo, regulamentar para o suprimento de vapor em indústrias é mais difícil para sistemas de aquecimento à biomassa. Dependerá, principalmente, do tipo de biomassa disponível, sua coleta, transporte e transformação em combustível. Regulamentações para um tipo de indústria (alimentos (frigoríficos) e bebidas (cervejarias) ou cerâmicas (telhas))

poderiam ser criadas para incentivarem sistemas de aquecimento distrital à biomassa, reduzindo os custos fixos e operacionais de todos envolvidos.

b) Padrões

Especificações para equipamentos de aquecimento definidas pelos governos previnem tecnologias (e seus *designs*) menos eficientes de entrarem no mercado (como têm sido sucesso alcançado por vários artigos domésticos e motores elétricos). Uma maior confiança na fidedignidade da tecnologia é, portanto, criada reduzindo o risco do investimento. Os padrões mínimos de qualidade podem ser estabelecidos por desempenho, segurança ou localidades para as plantas de aquecimento.

4.3 POLÍTICAS EDUCATIVAS

Os programas educativos para promover as tecnologias do tipo REHC objetivam incrementar o conhecimento do público envolvido com essas tecnologias através de campanhas informativas e proporcionar treinamento para aumentar o conhecimento do instalador e/ou do operador. Esse tipo de suporte pode tomar a forma de assistência técnica, auxílio financeiro, etiquetagem de equipamentos ou distribuição gratuita de informação. Disponibilidade do recurso financeiro (períodos e formas de acesso aos incentivos ou financiamentos), como ter acesso aos benefícios (operacionalização até o desembolso e formas de pagamento dos empréstimos), potencial da energia renovável em um estado específico (exemplos de tecnologias disponíveis, caldeiras a vapor ou sistemas de gaseificação, lista de fornecedores), estatísticas sobre o tipo de planta como a capacidade e a produção de calor – estudos de caso, indústria (cervejarias) e comércio (escola pública), lista de empresas credenciadas para venda de biomassa certificada e incentivos governamentais disponíveis podem ser distribuídos em uma variedade de formas e mídias.

Além disso, programas de treinamentos podem ser estabelecidos em escolas, universidades, ou entre grupos de profissionais-chave, deste modo, eles consistem de indivíduos experientes, bem informados e resultando em uma rede de

especialistas sempre atualizada. Profissionais dentro da cadeia de fornecimento de aquecimento incluem instaladores de equipamentos, engenheiros e arquitetos que deveriam ser motivados para incorporar os sistemas do tipo REHC nos seus projetos e designs. Fornecer informação e promover conhecimento básico são objetivos a serem atingidos em conjunto com outras ferramentas políticas. Uma falta de informação com relação à disponibilidade dos recursos de energia renovável, o estágio de desenvolvimento da tecnologia e disponibilidade do produto em uma determinada localidade pode inibir investimentos em aplicações do tipo REHC simplesmente devido à falta de conhecimento.

Isto posto, é recomendado incluir estratégia de distribuição de informação em sintonia com outra política que promova as tecnologias REHC. Instrumentos como campanhas de informação em feiras especializadas, treinamentos gratuitos e projetos de demonstração asseguram que uma falta de informação não impeça o sucesso de uma política pública para o uso da biomassa em sistemas de aquecimento.

5 EXPERIÊNCIAS COM POLÍTICAS PARA REHC À BIOMASSA NA OCDE

Com base, principalmente, nas públicações da IEA (*International Energy Association*) e em outras publicações específicas, assim como em *websites* sobre o assunto REHC, foram desenvolvidos estudos sobre alguns países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) objetivando investigar estratégias apropriadas para promoção dessas tecnologias. Nesta seção, resumemse os resultados de políticas de países da OCDE visando a mostrar as lições aprendidas dessas experiências com REHC. A Suécia, Dinamarca e Canadá foram escolhidos como os melhores exemplos de políticas públicas para aquecimento utilizando biomassa com fonte renovável de energia.

5.1 RESUMO DAS POLÍTICAS ATUAIS NA OCDE

Nos últimos anos, o aquecimento renovável tem ganhado suporte como um segmento independente de energia e, conseqüentemente, sendo visto separadamente da eletricidade e dos biocombustíveis líquidos, principalmente nos EUA e Europa, que têm aumentado o conhecimento acerca de seu potencial. Das políticas identificadas dentro dos treze países aqui estudados²⁰, somente cinco estavam em aplicação em 1990, porém, em maio de 2007, mais de 55 políticas (diretas e indiretas) já havia sido introduzidas para o suporte ao aquecimento / calor renovável, sendo que a refrigeração renovável quase não foi cogitada. (IEA, 2007)

Dois terços dos instrumentos de políticas identificadas que apoiavam alguma forma de calor renovável tinham sido do tipo "políticas de incentivos" (Figura 24).

_

²⁰ Os países estudados em políticas públicas para a promoção das tecnologias REHC foram os seguintes: Canadá, Dinamarca, França, Alemanha, Irlanda, Itália, Japão, Holanda, Noruega, Espanha, Suécia, Estados Unidos e Reino Unido.

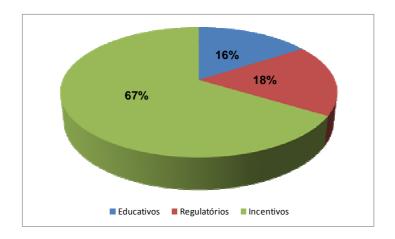


Figura 24 – Representação dos instrumentos existentes nos países da OCDE para aquecimento renovável por categoria

Fonte: IEA (2007).

Nota: Adaptação do autor.

O sucesso dos programas de incentivos é difícil de mensurar, mas tem sido executado em conjunto com as políticas do tipo regulatória e do tipo educativa. Entre 2000 e 2005, a média anual de investimento nas políticas de incentivos ficou na faixa de €0.07 e €2.50 per capita (Figura 25) (IEA, 2007). Em muitos casos, as políticas educativas foram empregadas em conjunto com incentivos através de alocação de recursos do orçamento para distribuição de informação e conhecimento público sobre os incentivos, como proceder para sua obtenção, entre outros:

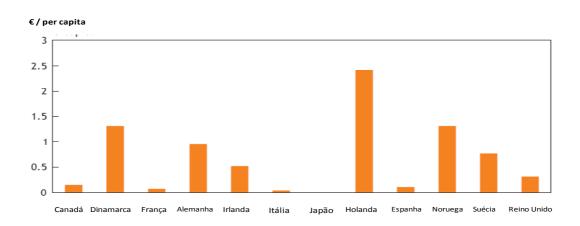


Figura 25 – Média anual do orçamento investido em políticas do tipo *incentivo* entre 12 países da OCDE, 2000 – 2005

Fonte: IEA (2006).

Nota: Adaptação do autor.

Muitas políticas focam múltiplas tecnologias renováveis para aquecimento. Em muitas circunstâncias, uma política "guarda-chuva" foi implementada cobrindo tecnologias renováveis como um todo, com especificações individuais feitas para tecnologias para aquecimento renovável como painéis solar térmico, *pellets* ou bombas geotérmicas. Em 2006, a Irlanda disponibilizou um orçamento de €65 milhões para investimento multianual (2006 a 2010) em energia renovável com programas individuais (*Greener Homes Scheme e Bioheat Boiler Deployment Programme*) aplicados especificamente para aquecimento renovável que utilizem cavaco ou *pellets* em sistemas industriais, comerciais, públicos ou comunitários. Em 2007, o governo irlandês anunciou a alocação de mais €4 milhões para a expansão do programa *Bioheat Boiler Deployment Programme* com a inclusão dos sistemas solar e geotérmico, sendo esses equipamentos também elegíveis para as doações disponíveis²¹. Esses programas visam a apoiar a implantação, principalmente através de doações, cobrindo uma parte do investimento necessário, incluindo os estudos de viabilidade ou custos do capital e a combinação dos dois.

Com base nas disponibilidades das fontes renováveis, muitas políticas de apoio ao aquecimento renovável na OCDE focaram solar térmico e biomassa, com geotérmico recebendo muito menos atenção política. Incentivos indiretos para promover CHP, eficiência energética para aquecimento e contribuições para sistemas de aquecimento distrital estavam evidentes em menos de 13% das políticas estudadas (IEA, 2007).

Na média, biomassa representa em torno de 95% do calor renovável produzido hoje (IEA, 2007). A contribuição da biomassa tradicional para uso doméstico de aquecimento e preparação de alimentos é excluída dessa discussão. A combustão moderna da biomassa, principalmente na Europa e salvo exceções nos EUA, é uma das tecnologias mais maduras e competitivas em custos entre as tecnologias renováveis disponíveis para aquecimento, conseqüentemente, pode exigir menos suporte político do que outras fontes alternativas. No Brasil, existem alguns fornecedores de equipamentos de grande escala, como as caldeiras de alta pressão

_

²¹ Maiores informações detalhadas sobre essa importante política pública irlandesa para o desenvolvimento das tecnologias REHC podem ser obtidas através do link http://www.sei.ie/Grants/Renewable_Heat_Deployment_Programme/.

da indústria sucro energética que disputam mercado com fabricantes europeus, americanos e asiáticos. Mas o sistema de média e pequena escala ainda não recebem suporte de políticas públicas específicas para promover o uso dessas tecnologias e o desenvolvimento dessa cadeia produtiva.

Além da disponibilidade da tecnologia, a confiabilidade no suprimento do recurso da biomassa é uma consideração importante para investidores potenciais em calor de biomassa (IEA, 2007b). O suprimento no longo prazo de um combustível de biomassa consistente e com qualidade deve ser assegurado para um investidor que financiará um projeto de aquecimento abastecido por biomassa. Se a cadeia de suprimento para o aquecimento com uma fonte de biomassa não pode ser garantido para um longo prazo, ou a biomassa não garante uma qualidade específica, significa que existe uma barreira para o lançamento do projeto de aquecimento renovável.

Mecanismos de suporte para o desenvolvimento das cadeias de suprimento de biomassa, incluindo isenção em ICMS no transporte, necessitam ser considerados pelos legisladores que focam aquecimento com base na biomassa. Por exemplo, o Reino Unido alocou €5.25 milhões entre 2005 e 2008 para desenvolver a cadeia de suprimento e a infraestrutura do mercado para combustíveis de madeira e palha dentro do seu *Bioenergy Infrastructure Scheme*²². Essa política objetiva especificamente em desenvolver a cadeia de suprimento necessária para colheita, estoque, processo, e suprimento da biomassa. Atualmente, outra política pública também apóia a promoção da biomassa na Inglaterra como fonte de calor: *Bioenergy capital grants scheme*. Essa política distribui doações para a instalação de sistemas à biomassa em escala comercial, industrial e comunitária²³.

O crescimento do mercado de aquecimento e calor à biomassa tem tido mais sucesso em países que têm empregado uma combinação de políticas públicas

http://www.defra.gov.uk/foodfarm/growing/crops/industrial/energy/infrastructure.htm

.

Em 2008 foi lançada uma segunda rodada deste mesmo programa com o objetivo de distribuir até £ 200 mil por projeto que desenvolvesse a cadeia de suprimento necessária para a coleta, processamento, armazenagem e fornecimento de biomassa para aquecimento, co geração de calor e energia, e usuários elétricos. Outra rodada já está disponível para distribuição de mais recursos. Maiores informações sobre esse programa pode ser acessado através do link

²³ Essa política já está na sua sexta rodada de distribuição de doações visando à instalação de projetos à biomassa para aquecimento. Maiores informações podem ser obtidas em http://www.bioenergycapitalgrants.org.uk/.

incluindo incentivos indiretos para aquecimento distrital e CHP. Como exemplo, Suécia e Dinamarca têm visto crescimento expressivo nos seus mercados de calor à biomassa em uma base *per capita* devido ao emprego de taxas de energia para permitir competição de mercado entre todas as tecnologias comercialmente existentes (renováveis e convencionais fósseis). Esses países já ofereceram subsídios diretos para aquecimento de biomassa gerado em plantas de CHP conectadas a redes de aquecimento. Como tal, esses países de alta latitude com muitos residentes morando em altas densidades populacionais e em blocos de apartamentos têm desenvolvido com sucesso políticas de desenvolvimento para a geração de aquecimento à biomassa em uma escala comunitária que inclui infraestrutura não só na coleta da biomassa e sua transformação em combustível, mas também na distribuição do calor para os usuários finais.

Infraestrutura de aquecimento tem sido importante para aumentar a participação de calor renovável em muitos países. Com imediato acesso a um grande número de consumidores, o calor distrital permite a medição individual de cada consumidor. Além disso, pode ser uma opção para o resíduo de calor da geração de eletricidade das plantas de co-geração.

Aumentar a confiança sobre o fornecimento da biomassa pode levar a um impacto positivo no lançamento de mercado das tecnologias de aquecimento renovável. Investimento privado em infraestrutura, tecnologia, *marketing* e estrutura de distribuição e o treinamento de instaladores de equipamentos tendem a seguir políticas públicas estáveis, previsíveis e de longa duração. No médio prazo, isso leva a uma maior presença de mercado dessas tecnologias, economias de escala, menores custos e melhoramentos na qualidade do produto (Figura 26). A citada Figura mostra que a configuração de uma política pública segue uma seqüência até atingir a escala de mercado (massa crítica). A base é um mercado em crescimento, ou seja, há uma força que impulsiona a política. Essa política deve garantir a qualidade mínima ao consumidor final para que haja disputa entre os competidores / fornecedores visando a maiores vendas sem perda de qualidade. O resultado é um mercado cada vez maior e com vários *players* competindo.

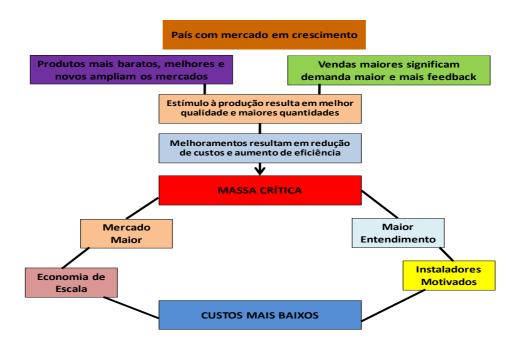


Figura 26 – Esquema de penetração de mercado para uma nova tecnologia de massa

Fonte: IEA (2007).

Nota: Adaptação do autor.

Sistemas de pouca eficiência e instalações de qualidade inferior comprometem a reputação da tecnologia e pode produzir a perda da confiança do consumidor, dessa forma, geralmente, um *mix* de instrumentos é essencial para o sucesso. Por exemplo, instrumentos de incentivos em combinação com campanhas informativas e programas de treinamento (políticas educativas) podem ser estruturados para construir suporte profissional para o crescimento das demandas tecnológicas por REHC.

5.2 SUÉCIA: INCENTIVO FISCAL PARA BIOMASSA

Os impostos de energia têm sido aplicados de forma substancial na Suécia desde 1973, quando a primeira alíquota foi criada com o petróleo, seguindo sua primeira crise. Como resultado, durante os anos 80 houve uma redução no consumo de petróleo e um paralelo aumento no uso de carvão, eletricidade e biomassa.

Impostos de dióxido de carbono (CO₂) e dióxido de enxofre (So_x) em combustíveis fósseis foram introduzidos em 1991 como parte de uma reforma fiscal de energia

para focar em objetivos ambientais²⁴. Em 2008, os níveis de impostos de CO₂ estavam em aproximadamente €100/t CO₂ para residências e €20/t CO₂ para indústria, sendo em torno de 250% mais altos do que quando a política foi primeiramente introduzida. Esses impostos altos têm tido significante repercussões no desenvolvimento da biomassa porque, quando a mesma é utilizada em sistemas de aquecimento distrital, são isentas da combinação de taxas de óleo, CO₂, e dióxido de enxofre (SO_x). A Isenção de Imposto de Energia para Biomassa (*Energy Tax Exemption for Biomass*) tem criado uma competitividade de custo que, em sistema de aquecimento distrital, o calor de origem de biomassa pode ser produzido em um custo muito mais baixo que o calor produzido por combustíveis fósseis (IEA, 2007). Como uma fonte de aquecimento, biomassa tem sido menos cara que carvão desde 1991, e isso é resultado de incentivos legislativos (IEA, 2007).

Para manter a competitividade da indústria sueca foram concedidas isenção de impostos para geração de eletricidade e redução em alíquotas de impostos e taxas ambientais. Os níveis dessas reduções fiscais têm flutuado durante a existência dos impostos de energia (IEA, 2007). A isenção foi estendida em 2000 para incluir os setores de agricultura, florestal e de aquicultura.

Os impostos sobre uso de energia têm crescido com aumentos nas alíquotas de CO₂ em 1996, 1997 e 2001. Em 2000, um total de €3.3 bilhões²⁵ de receita fiscal migrou da tributação relacionada com o emprego (contribuição social, por exemplo) na indústria (taxando o bom) para a tributação do uso de energia pela indústria (taxando o ruim) durante um período de 10 anos. Impostos de energia e ambiental foram aumentados, compensando uma redução correspondente de impostos sobre o emprego (IEA, 2007). A receita de taxas de energia desde 1993 tem totalizado €53.5 bilhões, taxas de CO₂ têm gerado €25.7 bilhões desde 1993 e taxas de enxofre têm gerado €219 milhões desde 1993 (IEA, 2007).

²⁴ Uma taxa também foi empregado sobre emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) em 1992.

²⁵ SEK 30 billion. Taxa de conversão da moeda com base no valor médio comercializado em 2006. 1 SEK = €0.11.

5.2.1 Infraestrutura

A Suécia é um país rico em recursos naturais de biomassa e tem uma longa história em produção de florestas em larga escala. Em torno de 52% da área total é composta de terra com floresta produtiva, e como resultado muito dos recursos para aquecimento à biomassa vêm diretamente da indústria florestal incluindo combustíveis à biomassa e liquor negro usados em usinas de papel. Em torno de 40% da madeira consumidos pela indústria florestal termina em subprodutos e resíduos de processos que são usados para bioenergia (IEA, 2007). A combinação de abundantes recursos de biomassa a uma infraestrutura bem desenvolvida para sua entrega tem contribuído significativamente para o sucesso do mercado de calor à biomassa. Políticas desenvolvidas originalmente para dar suporte à indústria florestal sueca foram expandidas para a cadeia de suprimento do calor à biomassa, e o suporte "privado" da indústria florestal para o calor à biomassa também teve um impacto *no design* da legislação.

A extensa infraestrutura de aquecimento distrital também facilitou a rápida implantação da biomassa. Aquecimento distrital de larga escala foi primeiro empregado nos anos 60 quando o *mix* de combustível era completamente dominado pelo óleo. Entre 1982 e 1994, a Lei sobre Combustível Sólido (*Solid Fuel Act*) exigiu que novas plantas de aquecimento distrital com mais de 50GWh (180 TJ) de capacidade produtiva tivesse que ser desenhada para ser compatível com combustíveis sólidos (IEA, 2007). Portanto, a infraestrutura de aquecimento poderia ser facilmente convertida para fazer uso do recurso de biomassa. A existência de atores já estabelecidos (estrutura florestal) e o aquecimento distrital (infra estrutura de distribuição) têm facilitado a resposta para os compromissos políticos fortes e de longa duração para biomassa na Suécia (IEA, 2007).

5.2.2 Crescimento do mercado

O uso de biomassa para calor na Suécia tem aumentado significativamente desde 1990 (Figura 27), alcançando 48% do calor total para indústria, 30% para aquecimento distrital e 12% pelo setor residencial. Para preencher a demanda que aumenta por cavacos de madeira e *pellets* de madeira desde o começo dos anos 90,

a Suécia começou a importar esses combustíveis (estimados em 12.6 PJ-32.4 PJ ou 4-9 TWh de energia equivalente por ano) dos Estados Bálticos, Rússia, e Canadá²⁶. Isso modificou os padrões tradicionais do consumo e uso regionais. Turfa, resíduo municipal, palha e capins são também utilizados para produzir calor, embora sejam minoria:

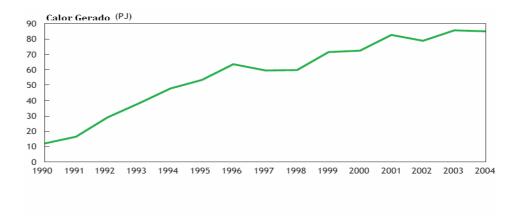


Figura 27 – Calor produzido por fonte de biomassa na Suécia de 1990 até 2004

Fonte: IEA (2007).

Nota: Adaptação do autor.

O uso de biomassa em sistemas de aquecimento distrital tem aumentado substancialmente desde que o plano de taxação somente apoiou o uso de biomassa para produção de calor. A partir do começo dos anos 80 o uso de biomassa em sistemas de aquecimento distrital aumentou de 18 PJ (5.0 TWh) em 1984, para 150 PJ (42.1 TWh) em 2004 (Figura 28) (IEA, 2007). A rápida expansão de biomassa utilizada em aquecimento distrital começou depois da Reforma Fiscal de Energia (*Energy Tax Reform*) de 1991 (IEA, 2007).

²⁶ Em 2000 foi estimado que 760.000 toneladas de combustível de madeira foram importadas pela Suécia, equivalente à 14.3 PJ (ERICSSON; NILSON, 2004).

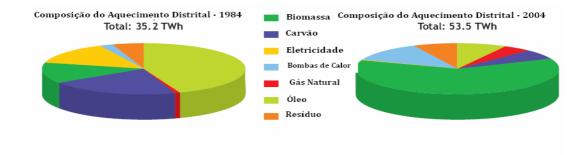


Figura 28 – Fontes de combustíveis utilizadas pelos sistemas de aquecimento distrital na Suécia em 1984 e em 2004

Fonte: IEA (2007).

Nota: Adaptação do autor.

Ao isentar a biomassa das taxas de energia suecas, o governo promoveu forte e indireto suporte para calor à biomassa. A biomassa tornou-se a opção de custo mais baixo para produção de aquecimento distrital desde 1991 devido a essas isenções. Também foram oferecidos como promoção das instalações à biomassa subsídios e esforços de PD&D²⁷ de longa duração. Devido ao pacote de incentivos governamentais para a existente infraestrutura florestal produzir fontes de combustíveis à biomassa e a adaptabilidade dos sistemas de aquecimento distrital (facilitado pelo *Solid Fuel Act* de 1982), a Suécia é um líder global na geração de calor à biomassa.

A Suécia foi um dos primeiros países a criar uma taxa sobre energia no mundo há 30 anos, atualmente continua com suas taxas de energia tanto para fins gerais quanto para fins ambientais. A seguir, a tabela 6, retirada do relatório *Energy in Sweden* 2008²⁸, especifica como as atuais taxas incidem sobre os combustíveis suecos. A biomassa, representada pela Turfa abaixo, continua a ser beneficiada, o que representa importante passo desse país para o aproveitamento de fontes renováveis:

_

²⁷ Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração.

²⁸ Esse relatório é disponibilizado nos idiomas suecos e inglês anualmente pela Agência Sueca de Energia (*Swedish Energy Agency*). Maiores informações e acesso aos relatórios e políticas públicas dessa agência para a promoção da biomassa como tecnologia REHC acesse http://www.energimyndigheten.se/en/.

Tabela 6 - Impostos de energia e ambientais em janeiro de 2008 na Suécia

Combustível / Imposto	Imposto de	Imposto	Imposto	Imposto	
	Energia	CO_2	Enxofre	Total	
				(Ore/kWh)	
Óleo Diesel SEK ²⁹ /m3 (<0,05 % enxofre)	764	2 883	-	36,6	
Óleo Residual SEK/m3 (0,4 % enxofre)	764	2 883	108	35,5	
Carvão SEK/ton (0,5 % enxofre)	325	325	150	39,5	
GLP SEK/ton	150	3 033	-	24,9	
Gás Natural SEK/1000 m3	247	2 159	-	21,8	
Turfa SEK/tonne, 45 % umidade contida (0,3 % enxofre)	-	-	50	1,8	

Fonte: Swedish Energy Agency (2009).

Nota: Adaptação do autor.

5.3 DINAMARCA: REGULAÇÃO PARA BIOMASSA

Em junho de 1993, o governo dinamarquês estabeleceu o Acordo da Biomassa (*Biomass Agreement*) com o objetivo de expandir seu uso em eletricidade centralizada e produção de calor. Concessionárias foram obrigadas por esse decreto do governo a substituir 6% dos seus consumos de carvão com palha e madeira. Dessa forma, as plantas de CHP tinham que comprar e utilizar biomassa como uma fonte de energia. Diferentemente da Suécia, a Dinamarca não tem um setor florestal como principal indústria, assim, a palha foi selecionada como a fundamental fonte de biomassa. Requerimentos específicos foram estipulados para a compra e combustão de, no mínimo, 1,2 Mt de palha e 0,2 Mt de cavaco de madeira por ano até 2000, para fornecer 19,5 PJ de energia de calor (DEA, 2006).

O *Biomass Agreement* foi retificado em julho de 1997 para fornecer melhores flexibilidades na proporção da palha e cavaco de madeira em uma tentativa para mitigar problemas de preço. Novas metas foram estipuladas: 1 Mt de palha, 0.2 Mt de cavaco de madeira.

A implementação de sucesso do *Biomass Agreement* alongou-se mais do que o previsto. Quando a política foi primeiramente implantada em 1993, tecnologias de CHP à biomassa não tinham sido desenvolvidas para implementação em larga

_

²⁹ A moeda sueca chama-se Krona e é representada pelo SEK. 1 SEK = 100 Ore.

escala, e quando a legislação foi passada para liberar o mercado de eletricidade, em 1999, o *Biomass Agreement* foi desestabilizado e resultou em preços mais baixos de eletricidade, assim, a biomassa precisava de suporte adicional para permanecer competitiva em custo. Isso foi fornecido através de emenda ao *Biomass Agreement* em 2000, embora o tempo tomado para que esse suporte tomasse efeito adiou a efetividade do acordo.

Emendas adicionais ao *Biomass Agreement* foram feitas em março de 2000 adiando a data alvo para as conversões à biomassa para 2004. Além disso, duas ou três novas e grandes plantas de CHP compatíveis com biomassa foram desenvolvidas no final de 2005. Finalmente, em resposta à liberalização do mercado de eletricidade, foram determinadas tarifas do tipo *feed-in*³⁰ de €0,04/kWh para eletricidade gerada de biomassa em plantas de CHP para um período de produção de 10 anos. Foi estabelecido um preço mínimo garantido de €0.01. Essas emendas, juntamente com a introdução de tarifas do tipo *feed-in* para biomassa, viram a renovação do crescimento da geração de calor à biomassa (Figura 29):

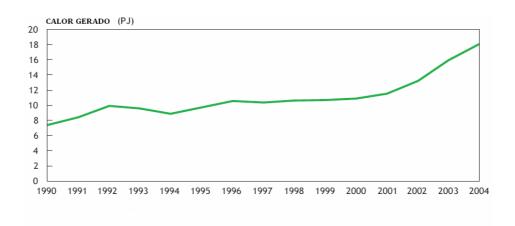


Figura 29 – Crescimento da produção de calor à biomassa na Dinamarca de 1990 até 2005 Fonte: IEA (2007).

Nota: Adaptação do autor.

Na Dinamarca, atualmente, biomassa representa aproximadamente 70% do consumo de energia renovável, a maioria na forma de palha, madeira e resíduos

-

³⁰ As tarifas do tipo *feed-in*, também conhecidas como sistema de aquisição compulsória, são instrumentos de políticas públicas que obriga, por lei, todas as concessionárias de energia a comprar, de um produtor independente de fonte de energia renovável, a energia produzida. Essa compra é garantida por contrato de longo prazo a fim de dar segurança ao investidor, sendo os custos repassados a todos os consumidores finais.

renováveis, enquanto biogás representa a menor parte. O consumo de biomassa tem sido concentrado em plantas de co-geração de energia, mas aquecimento distrital e calor para uso doméstico, para pequenos e médios processos industriais e comerciais, também continua a aumentar sua participação na matriz energética (DEA, 2009).

Existem mais de um milhão e meio de sistemas distritais para distribuição de calor na Dinamarca. Essa infraestrutura é peça-chave, a tubulação tem o comprimento em torno de 50 mil kilômetros se colocadas em linha reta. Mais de 80% das plantas de CHP produzem eletricidade através de co-geração, utilizando um modo muito eficiente de aproveitamento energético: calor mais eletricidade, além de utilizar a biomassa como fonte energética na maioria desses sistemas (DEA, 2009).

5.3.1 Crescimento do mercado

A produção do calor à biomassa na Dinamarca dobrou desde a implementação do *Biomass Agreement* em 1993. Muitas plantas centralizadas de CHP à biomassa têm sido construídas e o já extensivo uso de biomassa em instalações independentes de geração de calor tem também crescido, especialmente pequenas caldeiras a *pellets* de madeira. Em 2007, a agência de energia dinamarquesa *Danish Energy Agency* (DEA) estimou que 500 mil fogões e 70 mil caldeiras à madeira, 30 mil fornalhas a *pellet* de madeira e 9 mil fornalhas à palha estavam produzindo calor.

A maioria do consumo de biomassa dinamarquês utiliza resíduos da agricultura e da floresta. *Pellets* e cavacos de madeira são populares para caldeiras individuais e sistemas de aquecimento distrital³¹, como resultado tem havido um aumento nos recursos importados dos Estados Bálticos e Canadá para alcançar a demanda crescente de energia. Em 2005, 13,8 PJ de energia foi fornecido por *pellets* de madeira, cavacos de madeira e lenha (IEA, 2007), conforme pode ver na Figura 30.

Embora até 2000 somente metade do volume de biomassa anual planejado tenha sido utilizada em plantas centrais de CHP, em maio de 2007, o alvo de 19,5 PJ foi

³¹ A biomassa atualmente contabiliza em torno de 38% do calor gerado por sistemas de aquecimento distrital na Dinamarca (DEA, 2006).

alcançado. Contrário às expectativas do acordo original, a quantidade de palha usada em combustão nas plantas de CHP tem sido menor e a quantidade de cavaco de madeira maior, provavelmente devido ao preço:

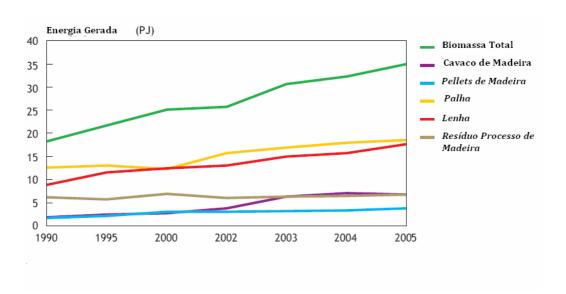


Figura 30 – Produção de calor à biomassa na Dinamarca de 1990 até 2005 categorizada por tipo de

recurso

Fonte: IEA (2007).

Nota: Adaptação do autor.

Em 2007, os seguintes combustíveis foram usados para produzir aquecimento distrital para os 2 milhões de consumidores conectados na infraestrutura dinamarquesa. O percentual representa a participação de cada fonte na matriz de aquecimento dinamarquesa:

a) Biomassa: 41% (incluindo 19,3% de resíduo renovável);

b) Gás natural: 26,4%;

c) Carvão: 22,4%;

d) Diesel: 4,6%;

e) Resíduos não-renováveis: 5,6%.

5.4 CANADÁ: DIRECIONAMENTO PARA BIOMASSA

Em dezembro de 1997, como parte do Renewable Energy Strategy do Natural Resources Canada (NRCan), a iniciativa Renewable Energy Deployment Initiative

(REDI) foi anunciada para começar em 1º de abril de 1998 e continuar até 31 de março de 2011. O programa REDI foi desenhado para estimular a demanda por aquecimento de água, aquecimento de ambiente e aquecimento para processo industrial gerados por sistemas de energia renovável; em 2007 foi substituído pelo ecoENERGY for Renewable Heat Programme³². A missão do REDI / ecoEnergy é aumentar a confiança do consumidor nas tecnologias renováveis de energia, aumentar suas fatias de mercado, diminuir seus custos, e aumentar o design industrial, infraestrutura e capacidade de fornecer renováveis (NRCan, 2006). É responsável em fornecer informação, análise e conselho para melhorar o desenvolvimento e o uso da energia renovável no Canadá.

O *ecoENERGY* foi desenhado (Figura 31) para focar no estímulo do mercado, apoio à infraestrutura industrial, desenvolvimento de parcerias e distribuição de informação:



Figura 31 – Design e esboço estrutural do Programa ecoENERGY, antigo REDI, Canadá Fonte: IEA (2007).

Nota: Adaptação do autor.

Sob seu pilar de desenvolvimento de mercado, o programa ecoENERGY promove o conhecimento das tecnologias de aquecimento solar, biomassa e geotérmica sendo ativamente envolvido com as feiras de comércio da indústria, financiando estudos para identificar mercados alvos, publicando peças informativas (como manual de

compras e materiais promocionais), e fornecendo seminários de treinamento. Além

³² Maiores informações podem ser obtidas através do link http://www.ecoaction.gc.ca/ecoenergy-ecoenergie/index-eng.cfm.

disso, o *ecoENERGY* colabora ativamente com parceiros das associações da indústria canadense de energia renovável.

Um importante componente do desenvolvimento de mercado foi de, ativamente, formar parcerias estratégicas e alianças com o objetivo de fortalecer a infraestrutura, apoiando organizações posicionadas para influenciar o aquecimento renovável, e encorajando o desenvolvimento de planos estratégicos para acelerar o crescimento do aquecimento renovável. Em acréscimo, *ecoENERGY* desenvolve apoio para toda a cadeia de suprimento. Treinamentos são fornecidos para técnicos, instaladores, arquitetos, *designers*, desenvolvedores, e engenheiros cobrindo a infraestrutura do aquecimento renovável.

Simpósios para indústria e governo, com um foco em promoção da biomassa, foram patrocinados pelo REDI / ecoENERGY em 2000 e 2001. Também o tem sido responsável pela publicação de manuais³³ para consumidores sobre aquecimento à biomassa incluindo An Introduction to Home Heating with Wood (Uma introdução ao aquecimento residencial com madeira), Guide to Residential Wood Heating (Manual para aquecimento residencial à madeira), Buying a High-Efficiency Wood-Burning Appliance (Comprando um equipamento altamente eficiente à madeira), Discover Large-Scale Biomass Energy (Descubra a energia de biomassa em larga escala), e Getting the Most out of Your Woodstove (Tirando o máximo do seu fogão à lenha). Mais de 40 mil cópias do Guide to Residential Wood Heating (Manual para aquecimento residencial à madeira) foram distribuídos, gratuitamente, em cada temporada de aquecimento para residentes canadenses. O ecoENERGY também apoiou uma campanha nacional educacional e social intitulada Burn it Smart (Queime-a com inteligência), que encorajou canadenses que aqueciam suas casas com madeira a queimar de modo mais eficiente e limpo. Essa campanha foi vista em 359 workshops por 28 regiões do Canadá (IEA, 2007).

Durante sua vida útil, o foco do programa foi modificado do desenvolvimento de mercado para o estímulo do mercado. A ênfase no desenvolvimento de mercado

³³ Para ter acesso às publicações acesse o link http://www.ecoaction.gc.ca/publications-eng.cfm.

ajudou a mudar o conhecimento dos consumidores e influenciar a aceitação do mercado pelas tecnologias de aquecimento renovável.

O estímulo do mercado juntou uma política, do tipo educativa, através do desenvolvimento do mercado, com uma política do tipo incentivo, através da promoção de subsídios para o custo de compra e instalação de sistemas de aquecimento renovável. Na média, 25% desses custos estão disponíveis através do ecoENERGY para instituições públicas (incluindo escolas e municípios), empresas, indústrias e organizações não governamentais. Instalações em comunidades remotas são elegíveis para 40% do preço de compra e todos os custos com instalação para um sistema qualificado.

Atualmente, o fundo está disponível apenas para sistemas de aquecimento solar, mas já promoveu sistemas eficientes, de baixa emissão, de combustão à biomassa entre 75 kW e 2 MW, até um reembolso máximo de €52,000 por projeto, ou €162,500 por entidade corporativa para múltiplas instalações (EIA, 2007). O fundo disponível vem sendo anunciado em revistas e jornais e promovido em várias feiras especializadas e conferências³⁴.

5.4.1 Financiamento

O REDI / ecoENERGY foi primeiramente estabelecido como um programa de três anos e €7,8 milhões. O Plano de Ação 2000 em Mudança Climática (*The Action Plan 2000 on Climate Change*) iniciou um segundo ciclo de três anos em 2001 com um adicional €9,1 milhões. Um terceiro ciclo de três anos começou em 2004 com €16,25 milhões, terminando em março de 2007, até ser substituído pelo programa ecoENERGY. Durante seus nove anos de vida, o REDI alocou €33,15 milhões do governo canadense conforme apresentado na Tabela 7:

-

³⁴ Maiores informações sobre os fundos disponíveis atualmente para consumidores ou para empresas podem ser acessadas através do link http://www.ecoaction.gc.ca/grantsrebates-subventionsremises/index-eng.cfm.

Tabela 7 - Distribuição dos fundos do REDI desde seu início em 1999 até seu término em 2007

PERÍODO	TOTAL FUNDO ALOCADO Milhões de Euros	FUNDO ANUAL Milhões de Euros	FUNDO ANUAL €/capita*
1999-2001	7,8	2,6	0,08
2001-2003	9,1	3,0	0,09
2004-2007	16,25	5,4	0,16
1999-2007	33,15	Média : 3,7	Média : 0,11
* Número per capita con	m base na população de 2006 de 32 825 10	0 habitantes	

Fonte: IEA (2007).

Nota: Adaptação do autor.

Aproximadamente, 50% dos fundos do *ecoENERGY* são alocados para incentivos financeiros sob o pilar de estímulo do mercado. Nos primeiros dois ciclos, €4,03 milhões das contribuições do *ecoENERGY* alavancaram €22,4 milhões em investimentos. O número de interessados nos fundos do *ecoENERGY* tem aumentado desde então. No primeiro ciclo do REDI a maioria dos sistemas foi de biomassa, o tamanho e o custo médio de suporte de €133.900 por projeto apoiado, sendo muito maior do que o solar térmico (IEA, 2007). Ultimamente, o programa *ecoENERGY for Renewable Heat*³⁵ tem apoiado somente o uso de sistemas para aquecimento solar de água.

5.4.2 Crescimento de mercado

Com milhões de hectares de florestas manejadas, o Canadá apóia um recurso natural significante e potencial para calor à biomassa. Sem surpresas, a biomassa sólida constitui uma maioria no suprimento de aquecimento renovável no Canadá. Produto de madeira e indústria de papel e celulose contabilizam a maioria do uso de biomassa sólida no Canadá, principalmente na forma de resíduo de madeira e liquor negro.

No setor de aquecimento de ambiente residencial, a madeira é usada como fonte primária ou secundária em três milhões de domicílios, isso significa algo em torno de 90-100 PJ de produção anual de energia (IEA, 2007). O setor industrial tem recebido apoio através do estabelecimento de plantas para coleta de resíduos de biomassa

³⁵ Maiores informações sobre esse programa inteiramente focado em aquecimento solar de água através do link http://www.ecoaction.gc.ca/ecoenergy-ecoenergie/heat-chauffage/index-eng.cfm.

que são usados como fonte de calor em processos industriais e sistemas de cogeração. Em parte, devido ao abundante recurso de biomassa disponível de florestas, o Canadá gera, comparativamente, altos níveis de calor desse recurso renovável (Figura 32):

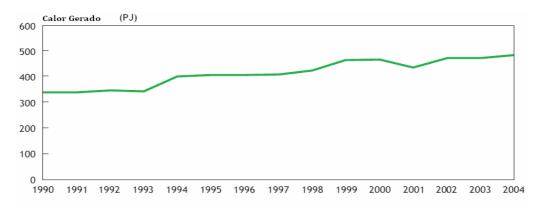


Figura 32 – Geração de calor por fonte de biomassa entre 1990 e 2004 no Canadá

Fonte: IEA (2007).

Nota: Adaptação do autor.

A maioria dos fundos do ecoENERGY tem sido alocada para desenvolver o conhecimento público sobre aquecimento à energia renovável. Contudo, é difícil discernir quanta capacidade ou calor gerado tem sido, na verdade, apoiado como um resultado desse investimento, embora um indicador possa ser tirado da capacidade instalada, com base na fração de fundo que apóia o estímulo do mercado. Depois de completar o primeiro e segundo ciclos em 2003, o REDI / ecoENERGY tinha apoiado a instalação de 66,17 MW_{th} de capacidade de biomassa investindo €0,78 milhões em 35 projetos individuais. Em março de 2006, a capacidade tinha aumentado para 246 MW_{th} e o programa tinha apoiado 128 projetos de aquecimento à biomassa. (IEA, 2007).

O REDI / ecoENERGY desenvolve um importante papel no mercado de alta eficiência e baixa emissão de sistemas de combustão à biomassa. Embora o orçamento total para ecoENERGY não tenha sido comparado com outros programas de incentivos, a ênfase em educação e conhecimento público sobre as tecnologias de aquecimento renovável tem sido importante para o crescimento do mercado. Desde que o número de interessados tem aumentado anualmente, assim como o número de instalações apoiadas, parece que o ecoENERGY tem sido um sucesso

ao promover aquecimento renovável e aumentar a confiança do consumidor. O grande número de publicações distribuídas em respostas às solicitações verifica uma audiência de bom tamanho.

O programa atual e subseqüente ao REDI, de abril de 2007, ecoENERGY for Renewable Heat, estende muitos dos princípios do REDI com um orçamento maior de €23,4 milhões para os primeiros quatro anos (IEA, 2007).

5.5 DIRETRIZES PARA APLICAÇÃO DAS POLÍTICAS DE AQUECIMENTO RENOVÁVEL NO BRASIL

A primeira e grande atitude para promover as tecnologias do tipo REHC no Brasil consiste em utilizar o investimento público como elemento indutor inicial do crescimento dessas tecnologias. Essa frente consiste em sinalizar para o setor privado a construção de um cenário econômico e regulatório de longo prazo, que estimule a atividade produtiva dessa cadeia tecnológica (REHC).

Abaixo, alguns temas para a discussão e elaboração de diretrizes sobre essas políticas para o Brasil:

- a) Estudo sobre a disponibilidade e os custos das fontes de resíduos de biomassa: excluindo os resíduos sólidos urbanos de biomassa que atualmente vão para os aterros municipais e estão perto dos potenciais clientes, as outras fontes de resíduos de biomassa estão localizadas em fazendas ou indústrias agrícolas e essas, por sua vez, são concentradas no interior dos estados brasileiros e, muitas vezes, precisarão de incentivo na coleta e no transporte, além de uma infra estrutura para logística.
- b) Introduzir uma cultura de contratos de longa duração (10 anos ou mais) entre a fonte, a coleta, a transformação e o usuário final do combustível à biomassa é muito importante para o sucesso desse tipo de política pública.

- c) Desenvolvimento de um banco de dados relacionado com um modelo para análise da viabilidade econômica financeira do mercado de biomassa: cada região, estado e município produtor de biomassa deve ser inserido neste modelo econômico-financeiro para avaliar e manter atualizado os custos de coleta, transformação e comercialização de resíduos de biomassa. Por ser uma potência agrícola e com dimensões continentais, o Brasil necessitará criar um sistema integrado que possa equilibrar demanda por aquecimento com oferta de biomassa, tendo como base de planejamento a sazonalidade das culturas agrícolas, as distâncias a serem percorridas entre a demanda e a oferta e a possível ocorrência de eventos naturais como secas e inundações.
- d) Planejamento e monitoramento de resíduos de biomassa: após a atualização das principais fontes de resíduos de biomassa com base na sua abundância e disponibilidade e após o estudo de viabilidade de cada região produtora, é necessário estimar seus usos e, conseqüentemente, um monitoramento é também exigido para comparar o planejado com o realizado. Caso haja uma diminuição da oferta de resíduo de uma determinada fonte, uma espécie de "gatilho" deve ser disparada em uma das pontas da cadeia para que o suprimento nunca acabe e se torne interruptível. Por exemplo, se o resíduo utilizado for a serragem de madeira para fabricação de *pellets* e, por algum motivo, este tipo de resíduo desaparece ou há uma diminuição considerável da sua oferta, um outro resíduo deve ser escolhido para a fabricação do mesmo *pellet* de biomassa visando não prejudicar o mercado.
- e) Programa de PD&D e de eficiência dos equipamentos: um programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração federal deveria ser criado somente para o incentivo de tecnologias renováveis de aquecimento à biomassa. O governo federal poderia alocar recursos para o incentivo dos experimentos para o uso da biomassa como fonte de energia em equipamento de aquecimento de pequena e média escalas, e assinar contratos de troca de conhecimentos tecnológicos com governos europeus que têm interesse em trazer suas tecnologias para o Brasil, pois a indústria de aquecimento renovável da Europa já se encontra em estágio de crescimento.

- f) Programa de parcerias com parcerias com países da OCDE: é interessante ter parceiros europeus nesse segmento específico por dois aspectos principais: primeiramente, porque poderá exportar biomassa pelletizada ou briquetada muito utilizada na Europa; e, segundo, porque encurtará o caminho para o desenvolvimento de tecnologias genuinamente brasileiras através do aprendizado, principalmente com os países europeus.
- g) Programa de PD&D para biomassa moderna: o Brasil já tem uma tradição no uso de biomassa como nos setores sucro energético, siderurgia, papel e celulose, contudo, o seu potencial é muito maior, principalmente tratando-se do aproveitamento dos resíduos provenientes da agricultura. Esses resíduos podem e devem ser transformados em biomassa moderna dentro dos padrões europeus e americanos como, por exemplo, estipular o tamanho padrão e umidade máxima por tonelada de combustível final, definir o poder calorífico e o teor de cinzas após a queima desse combustível em caldeiras ou fornos, definir os parâmetros de emissão de particulados entre outros.
- h) Compromisso com o meio ambiente: qualquer programa que foque na utilização da biomassa como fonte de energia deve obter o comprometimento das principais partes envolvidas com a defesa do meio ambiente. Representantes da indústria, como os fabricantes de equipamentos, comercializadores e transportadores dos recursos naturais em forma de resíduo, ONGs, entidades de classe e poder público, têm que concordar em uma série de princípios básicos que devem ser apoiados por todos os envolvidos durante o desenvolvimento, implantação e operação de qualquer projeto de biomassa.
- i) Custos competitivos: é essencial que os projetos a serem propostos demonstrem que são capazes de serem economicamente auto-sustentáveis nos mercados atuais e futuros. Se a opção for subsídio financeiro com o governo local se responsabilizando por parte do capital investido para uma nova planta de biomassa industrial qualquer (produtora ou consumidora), então, o sistema não deve receber 100% do capital necessário, mas apenas uma pequena parte, a saber, o valor da instalação dos equipamentos.

- j) Geração de valor econômico e social: deve ser cuidadosamente avaliado, uma vez que o Brasil poderia aproveitar a oportunidade para implementar projetos de biomassa em regiões que ainda apresentam baixos níveis de desenvolvimento econômico e social como as regiões norte e nordeste. Projetos de biomassa podem ser uma poderosa força de desenvolvimento econômico em áreas rurais onde estão concentrados a maior parte dos resíduos de agricultura, e aonde poderiam ser cultivados outras fontes de biomassa para fins energéticos. Portanto, devem ser motivados os projetos que apresentem altos níveis de contribuição para o desenvolvimento econômico e social local em áreas que apresentem déficits em relação ao resto do país.
- k) Geração de valor agregado ao resíduo: a criação de valor econômico e social é substancialmente afetada pelo nível com que os empreendimentos criados em toda a cadeia produtiva do resíduo estão integrados com os estabelecimentos que utilizarão a biomassa. Propostas que desenvolvam, ou motivem, a localização conjunta de empreendimentos para tratamento e comercialização do resíduo com os estabelecimentos que utilizarão essa biomassa gerarão um maior valor agregado ao resíduo. Contratos de longo prazo entre o fornecedor do resíduo e com o fabricante de combustível sólido são tão importantes quanto o contrato entre este último e o consumidor industrial ou comercial final. Quanto mais perto essas três partes estiverem, melhor será para o sucesso do projeto.
- I) Mercados de carbono: assim como vários países em desenvolvimento, o Brasil tem muito a lucrar com a redução das emissões de gases de efeito estufa. Ao criar um mercado de carbono, que pode ser através de taxas para os consumidores de combustíveis fósseis e/ou créditos para os usuários de sistemas do tipo REHC, o governo cria condições financeiras e culturais para a entrada do Brasil na moderna sociedade do baixo carbono.
- m) Orçamento público: com o objetivo de utilizar o mínimo de orçamento público possível, o Brasil deveria se espelhar nos países que tiveram o melhor mix de políticas incluindo as regulatórias, de incentivos e educativas. Qualquer que seja o mix entre essas três categorias de políticas, o governo brasileiro deverá disponibilizar um capital público para financiar a introdução e a manutenção

dessas políticas no curto, médio e longo prazo. Esse orçamento público deve ser detalhado, transparente e de fácil acesso, além de estipular um prazo para início e fim.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise aqui contida demonstra que as políticas de apoio bem desenhadas têm sido altamente eficazes para expandir os mercados para a biomassa através das tecnologias para aquecimento. Entretanto, devido aos altos custos de algumas tecnologias renováveis para aquecimento, fazer uma tecnologia passar de um estágio de "quase comercial" para um estágio de "mercado de massa" somente vai acontecer em países onde fortes políticas públicas de apoio existem, como é o caso da Suécia.

As tecnologias do tipo REHC (*Renewable Energy for Heating & Cooling*) utilizam fontes renováveis de energia para a geração de calor e/ou frio. Energia solar, geotérmica e biomassa são as principais fontes desse novo segmento no setor de energia renovável. Contudo, geração de energia elétrica ou produção de biocombustível para transporte são o foco das políticas públicas atuais que incentivam o uso de fontes renováveis. As políticas públicas para tecnologias REHC visam criar uma nova percepção para as fontes renováveis de energia ao elegerem o aquecimento e o frio como prioridades. A geração de energia elétrica passa a ser um segundo objetivo, pois trata-se de pequenos e médios equipamentos que ainda dependem de vários fatores para tal fim, principalmente disponibilidade tecnológica, comercial e de serviços para a co-geração e tri-geração neste tipo de escala.

As tecnologias para aquecimento e calor estão disponíveis em muitos países da OCDE. As caldeiras (ou *boilers*, em inglês) que utilizam biomassa moderna são equipamentos cada vez mais eficientes, menos poluentes, silenciosos e automatizados. A biomassa moderna tem sido representada, na sua maioria, por *pellets* e briquetes. Os equipamentos continuam a evoluir, apresentam níveis de eficiência energética comparáveis aos convencionais e já competem no mercado de energia, apesar de ainda exigirem políticas públicas específicas para sua introdução e manutenção no mercado de aquecimento.

O crescimento econômico do Brasil exigirá um maior suprimento de energia para atender o setor industrial, principal setor econômico brasileiro. O avanço do gás

natural na matriz energética pode ser uma ameaça à introdução da biomassa moderna no setor industrial e comercial brasileiro pois este combustível fóssil atua na maioria dos usos finais que a biomassa moderna poderia atuar. A compensação, pelo menos em parte, poderia ocorrer com a transformação de pequenos e médios sistemas de aquecimento direto e calor de processo, que atualmente utilizam eletricidade e gás natural, para utilizarem biomassa sólida moderna.

Os dados agrícolas mostram que o Brasil já é uma potência na agricultura mundial e tem alcançado altos índices de produtividade em determinadas culturas. Como resultado, tem havido um aumento na geração de resíduos de biomassas diversas que não podem ou não devem ser re-utilizados no campo. Esses resíduos poderiam receber apoio de políticas públicas para serem coletados, transformados e comercializados dentro de padrões de qualidade, de poder calorífico, de emissões e sustentabilidade.

A experiência brasileira no aproveitamento de resíduos de biomassa, apesar de focar na geração de energia elétrica em grande escala, deve ser aproveitada para desenvolver políticas públicas para o uso de outros resíduos de biomassa visando aquecimento direto e calor de processo em sistemas de pequeno e médio porte, industrais e comerciais. Além de criar valor para os resíduos que por hora não têm valor comercial, a coleta, transformação e comercialização do combustível produzido geraria empregos na zona rural. Por outro lado, a utilização desse combustível moderno por uma indústria ou estabelecimento comercial terá um impacto positivo no desenvolvimento de novas tecnologias para biomassa, além de impactos sociais (criação de empregos) e resultados ambientais (mudança para uma sociedade de baixo carbono) nas médias e grandes cidades.

As políticas públicas dos países da OCDE para as tecnologias REHC têm sido abordadas dentro de três categorias principais: incentivos, regulatórias e educativas. Apesar das políticas de incentivos (financeiros e fiscais) serem as mais utilizadas atualmente nos países da OCDE, as mesmas necessitam de orçamento público disponível. As políticas regulatórias são indicadas para serem utilizadas juntamente com as políticas de incentivos e educativas através de um *mix* que diminua a dependência de orçamentos públicos cada vez mais escassos.

As experiências da Suécia, da Dinamarca e do Canadá com políticas públicas para aquecimento são importantes para o Brasil. Apesar de grande parte desse aquecimento ser utilizado para fins de aquecimento de ambiente nos meses de inverno, as indústrias e estabelecimentos comerciais desses países também são beneficiados por tais políticas. Cabe ao Brasil aprender como essas nações fazem para motivar duas cadeias produtivas inter dependentes: a cadeia da coleta, transformação e comercialização de biomassa moderna e a cadeia do desenvolvimento, produção e comercialização (e serviços) de equipamentos para a utilização dessa biomassa. Por exemplo, a Suécia tem tido muito sucesso com a implementação de uma isenção fiscal para biomassa, pois aumentaram os níveis de projetos com uso de biomassa porque o país tem uma forte indústria florestal e uma infraestrutura bem desenvolvida para biomassa sobre os quais o incentivo fiscal pode manter-se.

As políticas públicas federais juntamente com cada estado e município brasileiro têm um conjunto único de circunstâncias, necessidades e recursos que praticam um papel importante na formatação e no sucesso de políticas públicas para aquecimento renovável e que pode influenciar se a política é apropriada para aquela região ou não. No caso das dimensões continentais brasileiras e na diversidade de recursos de biomassa disponíveis, cada estado brasileiro ou região produtora de resíduo de biomassa deve formatar seu próprio sistema e fomentar a combinação de políticas com base na sua situação individual, seus recursos disponíveis e no seu conjunto de objetivos.

A lista de temas para discussão de uma política pública brasileira para as tecnologias REHC poderia continuar, entretanto, o importante é entender que não é fácil desenhar ou executar uma política pública para aquecimento renovável. Enquanto existem diversas literaturas sobre os mecanismos de apoio aos sistemas renováveis para produção de eletricidade ou biocombustíveis, há muito pouca literatura sobre políticas públicas para o desenvolvimento das tecnologias renováveis para aquecimento ou calor de processo. A comunidade, que não é técnica nesse assunto, deveria discutir mais sobre esse tópico, gerando discussões importantes

sobre as melhores políticas públicas disponíveis e como essas poderiam ser aplicadas no Brasil.

REFERÊNCIAS

AES ENERGY. [Site oficial]. Disponível em: http://www.aesenergy.net/. Acesso em: 3 jul 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). [Site oficial]. Disponível em: http://www.aneel.gov.br. Acesso em: 4 set. 2008

______. Atlas de energia elétrica do Brasil. 1. ed. Brasília, DF: Aneel, 2002. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf. Acesso em: 16 fev 2008

_____. Atlas de energia elétrica do Brasil. 2. ed. Brasília, DF: Aneel, 2005. Disponível em: http://www3.aneel.gov.br/atlas/atlas_2edicao/download.htm. Acesso em: 6 fev 2008

_____. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3. ed. Brasília, DF: ANEEL, 2008. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689. Acesso em: 26 jan 2009

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). [Site oficial]. Disponível em: http://www.anp.gov.br. Acesso em: 5 set. 2009

AGROENERGIA na Embrapa: Rede PD&I – Resíduos Equipe Embrapa Agroenergia In: SEMINÁRIO EMBRAPA AGROENERGIA, PD&I BIODIESEL, Brasília. **Anais...** Disponível em: http://www.google.com.br/#hl=pt-BR&q=Res%C3%ADduos+Equipe+Embrapa+Agroenergia+SEMIN%C3%81RIO+EMBRAPA+AGROENERGIA&meta=&fp=5cf1e8665e93ca75. Acesso em: 19 ago.2009.

ANDRADE, T. C. G. R. et. al. Estimativa dos resíduos gerados na cultura do eucalipto (eucalyptus spp.) no estado do Tocantins. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS, 2., Recife, 2009. **Anais...** Recife, 2009. Disponível em: http://www.abq.org.br/biocom/2009/trabalhos/-13-5642.htm. Acesso em: 3 jun. 2009.

ARAÚJO, Moisés Silva; SANTOS, Eyde Cristianne Saraiva dos; MOURA, Rodolfo Pessoa de Melo. **Aspectos agrômicos e energéticos da cultura do babaçu**. Disponível em: http://www.nipeunicamp.org.br/agrener/anais/2008/Artigos/20.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2009.

ASTOLPHO, Sílvia Martarello. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. In: SEMINÁRIO PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, 1., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: http://abrelpe.org.br/panorama_2007.php>. Acesso em: 5 out. 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS. [Site oficial]. Disponível em: http://www.abiove.com.br. Acesso em: 1 fev 2008

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA. [Site oficial]. Disponível em: http://www.cogensp.org.br. Acesso em: 3 mar. 2008

BANCO DE DADOS DE BIOMASSA NO BRASIL. Disponível em: http://infoener.iee.usp.br/cenbio/biomassa.htm. Acesso em: 9 out 2009

BIOMAX INDÚSTRIA DE MÁQUINAS LTDA. [Site oficial]. Disponível em http://www.biomaxind.com.br. Acesso em: 28 dez 2008

BIRCHAL, Sérgio de Oliveira. **Empresa e indústria alimentícia no Brasil**. Disponível em: http://www.ceaee.ibmecmg.br/wp/wp17.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2009.

BOOG, Emilio Gruneberg; BIZZO, Waldir Antonio; VALLE, Teresa Losada. **Avaliação do potencial energético dos resíduos de campo da cultura da mandioca.**Disponível em: http://www.cerat.unesp.br/revistarat/volume3/artigos/44%20Emilio%20Boog.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2009.

BP GLOBAL. [Site oficial]. Disponível em: http://www.bp.com. Acesso em: 2 jul 2008

BRANDÃO, Sérgio da Silva. Cogeração. Lisboa: DEEC/UC, 2004

BRIKET FUTURE ENERGY. [Site oficial]. Disponível em http://www.briket.com.br/. Acesso em: 26 dez 2008.

BRIQUETES LAGE. [Site oficial]. Disponível em: http://www.briqueteslage.com.br. Acesso em: 29 dez 2008.

BÜRGER, Veit. The missing piece in climate change: renewable heating and cooling. Washington, DC: Heinrich Böll Foundation North America, 2008.

CASTRO, Rui M.G. **Energias renováveis e produção descentralizada:** introdução à cogeração. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa; Instituto Superior Técnico 2007.

CLEMENTE, Leonardo. Avaliação dos resultados financeiros e riscos associados de uma típica usina de co-geração sucro-alcooleira. 2003. 93f. Monografia. (Especialização em Planejamento, Operação e Comercialização na Indústria de Energia Elétrica, Setor de Tecnologia) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

COELHO, Suani Teixeira et al. **Projeto BRA/00/029:** capacitação do setor elétrico brasileiro em relação à mudança global do clima. Brasília: ANEEL, 2002. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/panorama_biomassa.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2009

_____. Projeto fortalecimento institucional do CENBIO Convênio 007/2005.

Brasília: MME, 2005. Disponível em: http://cenbio.iee.usp.br/download/atlas_cenbio.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2008.

CORTEZ, Deraldo Marins. **Utilização da biomassa no MERCOSUL**. Disponível em: http://www.fao.org/docrep/T2363s/t2363s0k.htm. Acesso em: 18 ago. 2009

COSTA, Heloise Helena Lopes Maia da. **A regulação da indústria do gás natural no Brasil**: fatos e desafios. 2003. 148f. Dissertação. (Mestrado em Ciências em Planejamento Energéstico) — Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.

DANICH ENERGY AUTHORITY (DEA). **Energy in Denmark 2008**. Copenhague: Danish Energy Authority, 2009. Disponível em: http://www.ens.dk>. Acesso em: 12 nov 2009.

_____. **Heat supply in Denmark**, Who, What, Where, and Why. Copenhague: Danish Energy Authority, 2005. Disponível em: http://www.ens.dk>. Acesso em: 24 out 2008.

_____. **Energy Statistics 2005**. Danish Energy Authority, Copenhague, 2006. Disponível em: http://www.ens.dk>. Acesso em: 25 out 2008.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS. **Bio-energy infrastructure** scheme, round 2. Disponível em: http://www.defra.gov.uk/foodfarm/growing/crops/industrial/energy/infrastructure.htm. Acesso em: 3 mar 2009.

DEPARTMENT OF ENERGY AND CLIMATE CHANGE. **Bioenergy capital grants scheme**. Disponível em: http://www.bioenergycapitalgrants.org.uk/. Acesso em: 4 mar. 2009.

ECOACTION. [Site oficial]. Disponível em: http://www.ecoaction.gc.ca/ecoenergy-ecoenergie/index-eng.cfm. Acesso em: 27 set. 2008

ECOACTION. **Ecoenergy for renewable heat**. Disponível em: http://www.ecoaction.gc.ca/ecoenergy-ecoenergie/heat-chauffage/index-eng.cfm. Acesso em: 28 set. 2008

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). SEMINÁRIO EMBRAPA AGROENERGIA: PD&I BIODIESEL. 2009, Brasília-DF. **Anais...** Brasília-DF, 2009. Disponível em: http://www.embrapa.gov.br. Acesso em: 19 jul. 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional** (**BEN**) **2008**: Ano base 2007. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: http://www.epe.gov.br. Acesso: em: 19 out. 2009

ERBER, Pietro. Resíduos agro-industriais como biomassa energética. In: SEMINÁRIO DE MADEIRA ENERGÉTICA, 1., **Anais...** Disponível em: http://www.inee.org.br/down_loads/biomassa/Residuos%20Agro_industriais.pdf. Acesso em: 25 jun. 2009.

FROELING. [Site oficial]. Disponível em http://www.froeling.com/en/. Acesso: em: 12 abr. 2009

GALVÃO JR., Flávio de Almeida. **Otimização do sistema de coleta de resíduos de biomassa de madeira para fins energéticos**. 2003. 218f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GUARNIERI, Patrícia et al. A logística reversa agregando valor aos resíduos de madeira através de uma visão empreendedora. In: ENCONTRO PARANAENSE DE EMPREENDEDORISMO E GESTÃO EMPRESARIAL, 2., 2005, Ponta Grossa. Grossa. 2005. Disponível http://www.pg.cefetpr.br/setor/incubadora/wp- content/themes/2o_epege/A%20logistica%20reversa.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2009. HEATING and cooling from renewable energies: costs of national policies and administrative barriers Disponível http://ec.europa.eu/energy/res/sectors/doc/heating_cooling/2007_06_15_res_hc_st udy_en.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2008. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Renewables for heating and cooling. Disponível em: http://www.iea.org/textbase/npsum/Renewables_Heating_Cooling07SUM.pdf. Acesso em: 17 set. 2008. _. Renewable energy: market and policy trends in IEA countries. Paris, 2004. Disponível em http://www.iea.org. Acesso em: 2 set. 2008 . Energy policies of IEA countries. Paris, 2005. Disponível em: >a href="http://">>a www.iea.org.>. Acesso em: 2 set. 2008 _. Barriers to technology diffusion: the case of solar thermal technologies. Paris, 2006. Disponível em: http://www.iea.org.. Acesso em: 2 set. 2008 _. Renewables information 2006: IEA statistics.Paris, 2006. Disponível em: ">. Acesso em: 3 set. 2008 _____. Renewable Energy: R&D priorities. Insights from IEA Technology programmes. Paris, 2006. Disponível em: http://www.iea.org.. Acesso em: 5 set. 2008. _. Global renewable energy policy and measures database. Paris, 2006.

_____. Energy Outlook 2006. Paris, 2006. Disponível em: http://www.iea.org.. Acesso em: 10 set 2008. _____. Energy prices and taxes. Quarterly Update, fourth quarter 2006. Paris, 2006. Disponível em: http://www.iea.org.. Acesso em: 9 set. 2008.

Disponível em: http://www.iea.org/textbase/pamsdb/grindex.aspx.. Acesso em: 5

set. 2008.

_____. **Energy statistics by country.** Paris, 2007. Disponível em: http://www.iea.org.. Acesso em: 8 set 2008.

_____. Good practice guidelines for biomass and bioenergy project development. Paris, 2007. Disponível em: http://www.iea.org.. Acesso em: 7 set. 2008.

IRMÃOS LIPPEL & CIA LTDA. [Site Oficial]. Disponível em http://www.lippel.com.br/. Acesso em: 24 ago. 2008.

JURCZAK, Christophe. White certificates – a working solution? In: RENEWABLE HEATING AND COOLING - FROM RD&D TO DEPLOYMENT. Paris: IEA, 2006 Disponívelem: http://www.iea.org/Textbase/work/workshopdetail.asp?WS_ID=243. Acesso em: 9 set. 2008

KOBLITZ, Luiz. **Resíduos agrícolas energéticos no Brasil**. Disponível em: http://www.inee.org.br/down_loads/eventos/0945LuizKoblitz%20KOBLITZ.ppt. Acesso em: 21 nov. 2008.

KWB. [Site oficial] Disponível em http://www.kwb.at/en/index.php?option=com_frontpage. Acesso em: 29 jun. 2008

LEÃO, Maurício de Souza; NAVEIRO, Ricardo Manfredi. **Fatores de competitividade da indústria de móveis de madeira no Brasil.** Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART466.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2009.

MDL INDÚSTRIA DE QUEIMADORES DE BIOMASSA Ltda. [Site oficial]. Disponível em http://www.mdlambiental.com.br. Acesso em 29 nov. 2009.

MACEDO, Isaias C. Geração de energia elétrica a partir de biomassa no Brasil: situação atual, oportunidades e desenvolvimento. Disponível em: http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo003_02.pdf>. Acesso em: 22 set. 2008.

MACHADO, Priscila. **Termoelétricas holandesas buscam biomassa no Brasil**. Disponível em: http://www.yousol.com/j/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=435. Acesso em: 9 nov. 2008.

MANIATIS, Kyriakos. **Progress in biomass gasification**. Disponível em: http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/doc/bioenergy/2001_km_tyrol_tony.p df>. Acesso em: 11 out. 2008.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. Receita Federal. [Site oficial]. Disponível em: http://www.receita.fazenda.gov.br/PessoaJuridica/DIPJ/2005/PergResp2005/pr374a3 78.htm. Acesso em: 3 maio 2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). [Site oficial]. Disponível em: http://www.mme.gov.br. Acesso em: 5 abr. 2009

MINISTE	ÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Balanço de energia útil (BEU).
Brasíla,	2005.
•	Biomassa. Brasília, DF: MME: EPE, 2007.
	Avaliação do mercado interruptível de gás natural no Brasil. Rio de
Janeiro,	RJ: MME: EPE, 2008.
	Resenha energética brasileira (Exercício de 2008, Preliminar). Brasíla,
2009.	

MOURAD, Ann; AMBROGI, Vinícius; GUERRA, Sinclair M. G. **Potencial de utilização energética de biomassa residual de grãos**. Disponível em: http://www.cenbio.com.br. Acesso em: 18 out. 2008.

NOGUEIRA, Luiz Augusto; WALTER, Arnaldo César da Silva. **Experiências de geração de energia elétrica a partir de biomassa no Brasil**: aspectos técnicos e econômicos. Disponível em: http://www.fao.org/docrep/T2363S/t2363s0c.htm. Acesso em: 9 jun. 2008.

NATURAL RESOURCES CANADA (NRCan). Priming the green heating and cooling market for take-off. Renewable Energy Deployment Programme, Strategic Business Plan 9-51 2004-2007. Canada, 2006. Disponível em http://www.nrcan.gc.ca.. Acesso em: 19 dez. 2008.

OLIVEIRA, José Maria da Conceição de. **Avaliação do potencial energético de resíduos de biomassa amazônica**. 2001. 158f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2001. Disponível em: http://146.164.33.61/termo/Orientacao/Gaseificacao/0119.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2008.

OLIVEIRA, Ricardo Alexandre Freitas de. **A geração de energia elétrica através do uso de biomassa na Bahia:** condicionantes e oportunidades. 2006. 210f. Dissertação. (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) — Universidade Salvador, Salvador, 2006.

PELLET FUEL INSTITUTE (PFI). **Pellet fuel manufacturers**. Disponível em: http://www.pelletheat.org/2/index/index.html>. Acesso em: 9 jan. 2009.

PINTO, Cláudio Plaza. **Tecnologia da digestão da vinhaça e desenvolvimento sustentável.** 1999 162f. Dissertação. (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

PIRES, Adriana M. Moreno; MATTIAZZO, Maria Emília. Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura. **Circular Técnica**, Jaguariúna, n. 19, 2008. Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/download/circular_19.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2009

PIRÓLISE de resíduos do coco-da-baía (Cocos nucifera Linn) e análise do carvão vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.5, set./out. 2004.

PROPELL ENERGY. [Site oficial]. Disponível em:4 http://www.propellenergy.com. Acesso em 11 out. 2009.

RAMOS, Luiz Pereira. **Aproveitamento integral de resíduos agrícolas e agroindustriais.**Disponível

em: http://www.cca.ufscar.br/lamam/disciplinas_arquivos/res/artigo_pretratamento.pdf>. Acesso em: 7 maio 2009.

RENDEIRO, Gonçalo et al. **Combustão e gasificação de biomassa sólida**: soluções energéticas para a Amazônia. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2008.

SENHORAS, Elói Martins. **Estratégias de uma agenda para a cadeia agroindustrial do coco:** transformando a ameaça dos resíduos em oportunidades eco-eficientes. Disponível em: http://www.cocoverderj.com.br/CocoMonografia.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2008.

SILVA, Ivete Teixeira da; SILVA, Isa Maria Oliveira da; ROCHA, Brígida Ramati Pereira da. **Geração de energia a partir de resíduos de mandioca para agricultura familiar no estado do Pará**. Disponível em: http://www.nipeunicamp.org.br/agrener/anais/2002/0037.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2008.

SOARES, Thelma Shirlen et al. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, n.8, ago. 2008.

SUSTAINABLE ENERGY AUTHORITY OF IRELAND. [Site oficial]. Disponível em http://www.sei.ie/Grants/Renewable_Heat_Deployment_Programme/. Acesso em: 9 abr 2009

SWEBO BIOENERGY. [Site oficial]. Disponível em http://www.swebo.com/foeretag.html?L=1. Acesso em: 14 mai 2008

SWEDISH ENERGY AGENCY. [Site oficial]. Disponível em http://www.energimyndigheten.se/en/. Acesso em: 12 nov 2008.

TECNOLOGIA térmica gira R\$ 100 bilhões no ano. **Jornal DCI**, 23 ago. 2007. Disponível em: http://www.aquecimentoindustrial.com.br/ler_noticia.php?id_noticia=87>. Acesso em: 1 dez. 2008

TECNOLOGIAS de micro-geração e sistemas periféricos. Disponível em: http://www.eolica.org.. Acesso em: 9 ago. 2008

TOLMASQUIM, Mauricio; A. Soares, J. B. S. Potential for energy alternatives sources generation in Brazil. Energy and the environment in Brazil: present concerns, future trends and international comparisons. In: ANNUAL PETROBRAS CONFERENCE, 2002, Oxford, **Anais...** Oxford, 2002.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. Disponível em: http://www.unica.com.br. Acesso em: 5 set. 2009

UNIÃO EUROPÉIA. **Europa, o portal da União Européia**. Disponível em http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/index_pt.htm. Acesso em: 6 set 2008

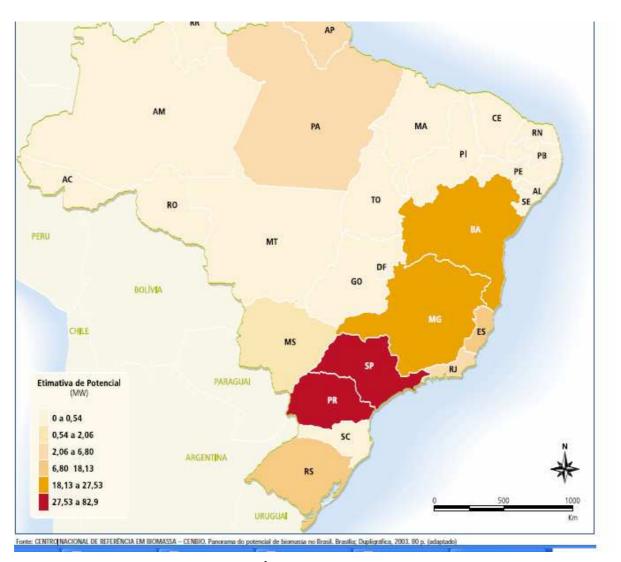
UNIÃO EUROPÉIA. **Pellets Atlas**. Disponível em http://www.pelletcentre.info/cms/site.aspx?p=9138. Acesso em: 19 maio 2008.

VIESSMANN. [Site oficial]. Disponível em: http://www.viessmann.com/com/en. Acesso em: 29 nov. 2008.

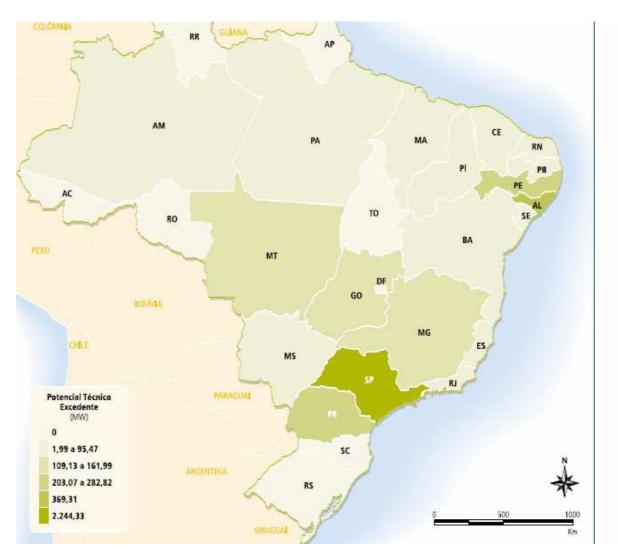
WIKIPEDIA. [Site oficial] Disponível em http://www.wikipidia.com. Acesso em: 9 maio 2008.

WORLD ENERGY COUNCIL. . [Site oficial]. Disponível em: http://www.worldenergy.org. Acesso em: 19 out. 2009

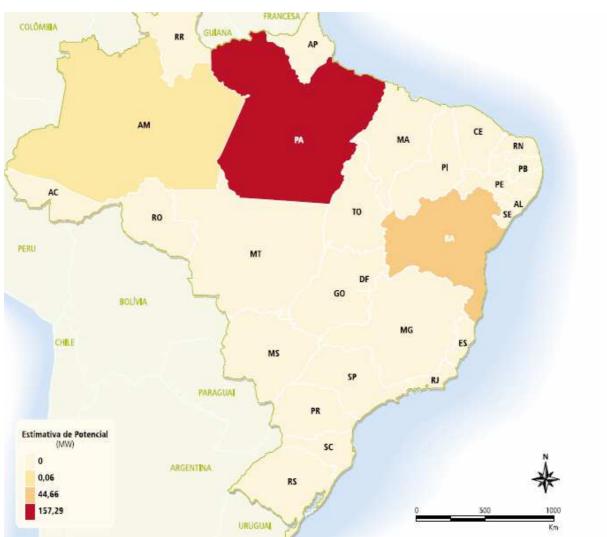
ANEXO A – Mapa do potencial de geração de energia elétrica a partir de resíduos florestais (Silvicultura)



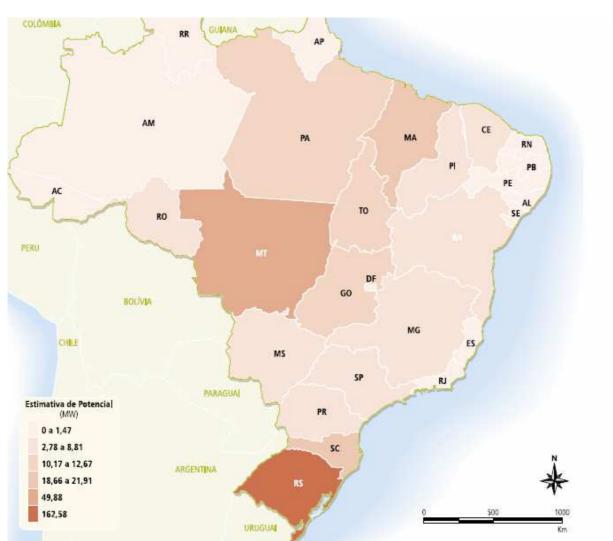
ANEXO B – Mapa do potencial de geração de excedente de energia elétrica no setor sucroalcooleiro



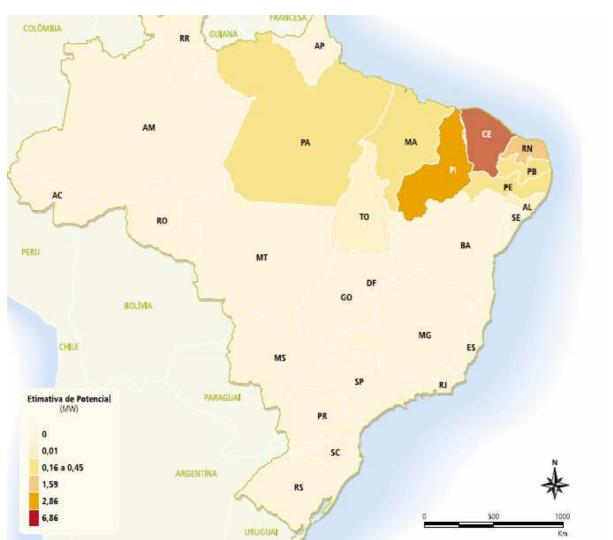
ANEXO C – Mapa da estimativa de potencial para geração de energia elétrica a partir do óleo de palma (Dendê)



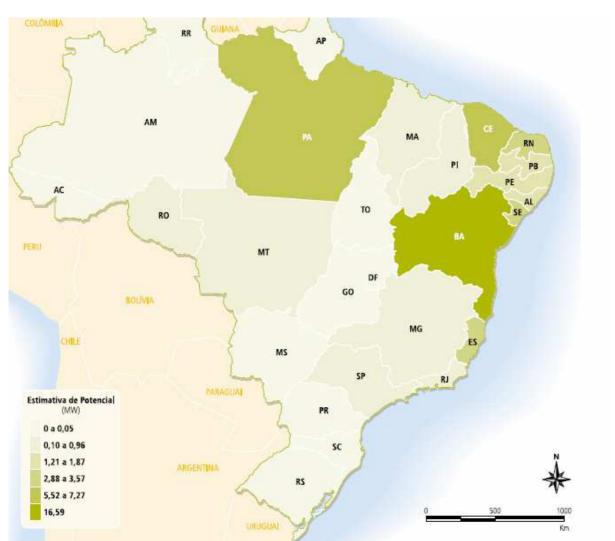
ANEXO D – Mapa do potencial de geração de energia elétrica a partir de casca de arroz



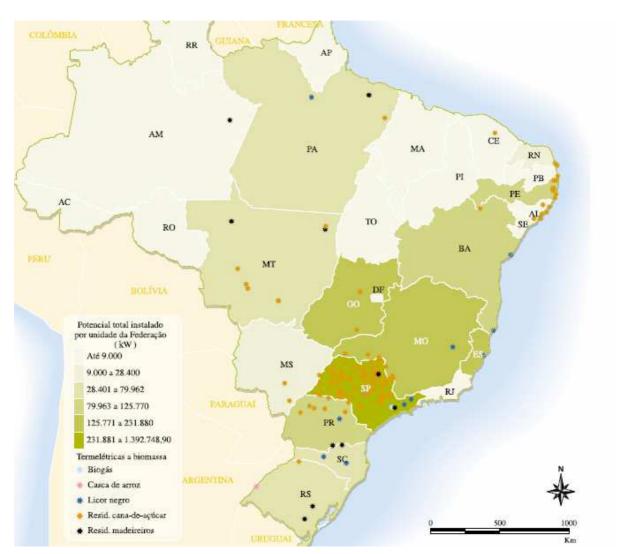
ANEXO E – Mapa do potencial de geração de energia elétrica a partir de casca de castanha de caju



ANEXO F – Mapa do potencial de geração de energia elétrica a partir de casca de coco-da-baía



ANEXO G – Mapa das usinas termelétricas a biomassa em operação e potência instalada por estado – situação em setembro de 2003



ANEXO H – Diário Oficial

Diário Oficial

da Cidade de São Paulo

Nº 121 - DOM de 04/07/07

LEI Nº 14.459, DE 3 DE JULHO DE 2007 (Projeto de Lei nº 313/06, do Vereador Russomanno - PP)

Acrescenta o item 9.3.5 à Seção 9.3 – Instalações Prediais do Anexo I da Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992 (Código de Obras e Edificações), e dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar nas novas edificações do Município de São Paulo.

GILBERTO KASSAB, Prefeito do Município de São Paulo, no uso das atribuições que lhe são conferidas por lei, faz saber que a Câmara Municipal, em sessão de 26 de junho de 2007, decretou e eu promulgo a seguinte lei:

Art. 1º Fica acrescido o item 9.3.5 à Seção 9.3 – Instalações Prediais do Anexo I da Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992 (Código de Obras e Edificações), com a seguinte redação: "9.3.5 As edificações novas deverão ser providas de instalações destinadas a receber sistema de aquecimento de água por meio do aproveitamento da energia solar, na conformidade das disposições de lei específica sobre a matéria". (NR)

Art. 2º É obrigatória a instalação de sistema de aquecimento de água por meio do aproveitamento da energia solar, nas novas edificações do Município de São Paulo, destinadas às categorias de uso residencial e não-residencial, na conformidade do disposto nesta lei e no item 9.3.5 da Seção 9.3 – Instalações Prediais do Anexo I da Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992 (Código de Obras e Edificações).

Art. 3º A obrigatoriedade estabelecida no art. 2º desta lei aplica-se, na categoria de uso não-residencial, às seguintes atividades de comércio, de prestação de serviços públicos e privados, e industriais:

I – hotéis, motéis e similares:

 II – clubes esportivos, casas de banho e sauna, academias de ginástica e lutas marciais, escolas de esportes, estabelecimentos de locação de quadras esportivas;

III – clínicas de estética, institutos de beleza, cabeleireiros e similares;

IV – hospitais, unidades de saúde com leitos, casas de repouso;

V – escolas, creches, abrigos, asilos e albergues;

VI – quartéis;

VII – indústrias, se a atividade setorial específica demandar água aquecida no processo de industrialização ou, ainda, quando disponibilizar vestiários para seus funcionários;

VIII – lavanderias industriais, de prestação de serviço ou coletivas, em edificações de qualquer uso, que utilizem em seu processo água aquecida.

Art. 4º A obrigatoriedade estabelecida no art. 2º desta lei se aplica às edificações novas ou não, isoladas ou agrupadas horizontal ou verticalmente ou superpostas, da categoria de uso residencial, ou integrantes de conjunto de instalações de usos não-residenciais, que venham a contemplar a construção de piscina de água aquecida.

- Art. 5º Nas novas edificações destinadas ao uso residencial multifamiliar ou unifamiliar, que possuam até 3 (três) banheiros por unidade habitacional, deverão ser executadas, em seus sistemas de instalações hidráulicas, as prumadas e a respectiva rede de distribuição, a permitirem a instalação do reservatório térmico e das placas coletoras de energia solar.
- Art. 6º Decreto específico a ser editado pelo Executivo definirá as normas de implantação, os procedimentos pertinentes e os prazos para início da aplicação desta lei às novas edificações destinadas às Habitações de Interesse Social HIS.
- Art. 7º A emissão do Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização previstos na Lei nº 11.228, de 1992, fica condicionada ao cumprimento do disposto nesta lei.
- Art. 8º Os sistemas de instalações hidráulicas e os equipamentos de aquecimento de água por energia solar de que tratam esta lei deverão ser dimensionados para atender, no mínimo, 40% (quarenta por cento) de toda a demanda anual de energia necessária para o aquecimento de água sanitária e água de piscinas, de acordo com a Metodologia de Avaliação da Contribuição Solar estabelecida no Anexo Único integrante desta lei.

Parágrafo único. Os equipamentos mencionados no "caput" deste artigo deverão ter sua eficiência comprovada por órgão técnico, credenciado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO.

- Art. 9º Para o efeito de aplicação do art. 5º desta lei, define-se banheiro como o aposento dotado de vaso sanitário, possuindo ou não, em suas instalações, aquecimento de água sanitária por toda e qualquer fonte de energia.
- Art. 10. O somatório das áreas de projeção dos equipamentos, constituídos pelas placas coletoras e reservatórios térmicos, não será computável para efeito do cálculo do coeficiente de aproveitamento básico e máximo previsto na Legislação de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo LPUOS.

Parágrafo único. A área de projeção mencionada no "caput" deste artigo refere-se ao resultado da aplicação dos parâmetros contidos no Anexo Único.

Art. 11. O disposto nesta lei não se aplica às edificações nas quais seja tecnicamente inviável alcançar as condições que correspondam à demanda anual de energia necessária para aquecimento de água por energia solar, na conformidade do disposto no seu art. 8°.

Parágrafo único. O enquadramento na situação prevista no "caput" deste artigo deverá ser comprovado por meio de estudo técnico elaborado por profissional habilitado, que demonstre a inviabilidade de atendimento à exigência legal, consoante os parâmetros estabelecidos no Anexo Único.

- Art. 12. Aplica-se o disposto nesta lei aos projetos de novas edificações protocolizadas a partir da data de publicação de seu decreto regulamentar.
- Art. 13. O Executivo regulamentará esta lei no prazo de 120 (cento e vinte) dias, a contar da data de sua publicação.
- Art. 14. As despesas decorrentes da execução desta lei correrão por conta de dotações orçamentárias próprias, suplementadas se necessário.
- Art. 15. Esta lei entrará em vigor na data de sua publicação.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, aos 3 de julho de 2007, 454º da fundação de São Paulo.

GILBERTO KASSAB, PREFEITO

Publicada na Secretaria do Governo Municipal, em 3 de julho de 2007.

CLOVIS DE BARROS CARVALHO, Secretário do Governo Municipal

ANEXO I - Anexo da lei nº 14.459

Anexo Único integrante da Lei nº 14.459, de 3 de julho de 2007

Metodologia de Avaliação da Contribuição Solar (Fração Solar)

Passo 1 : estimar o volume diário de água quente a ser consumida pela edificação;

Passo 2: calcular a quantidade de energia necessária para aquecer o volume diário;

$E = V.Cp^*(t_z t_1)^*30/3600$	(1)
--------------------------------	-----

Onde:

E - demanda de energia por dia em kWh/mês

V - volume diário de água quente a ser aquecida em litros

Cp - calor específico da água constante de 4,18 kJ/kg°C

t2 - temperatura da água quente requerida para o uso específico, em °C

t₁ – temperatura de água fria igual a 20, 2°C (média histórica da temperatura média do Município de São Paulo)

Passo 3: determinar a produção de energia dos coletores solares no Municí pio de São Paulo

A produção de energia dos coletores solares será determinada a partir da consulta à tabela vigente de Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água do INMETRO — Instituto Nacional de Metrologia, No rmalização e Qualidade Industrial. Esta tabela é atualizada constantemente e lista todos os produtos brasileiros etiquetados.

Para calcular a Produção Média Mensal de Energia em kWh de qualquer coletor solar no Município de São Paulo:

Pme (sp) = 0,65 X Pme (tabela do INNETRO)	(2)
---	-----

Onde:

Pme_{(sp}) – Produção Média Mensal de Energia Específica no Município de São Paulo, em kWh/mês.m²:

Pme(sabela do INMETRO) – Produção Média Mensal de Energia Específica dos coletores solares publicados na tabela de sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água do INMETRO, em kWh/mês.m ²

Passo 4: determinação da área de coletores solares necessária para atendimento da Contribuição Solar (fração solar) segundo requisito desta lei:

$AC = F_{cd} \times CS \times E/Pme_{(p)}$ (3)
--

Onde:

AC - área de coletores solares em m2

F_{cd} − F ator de correção para desvio do Norte Geográfico indicado na tabela 1

CS- Contribuição Solar (fração solar)

E - demanda de energia mensal em kWh/mês

Pme(_{SP}) − Produção Média Mensal de Energia Específica do coletor solar no Município de São Paulo em kWh/mês.m²

Os coletores solares devem ser orientados para o Norte Geográfico. Quando não for possível a orientação ideal, deve-se aplicar um fator de correção para desvios do Norte Geográfico de acordo com a Tabela 1 abaix o.

Tabela 1 - Fator de correção para desvio do Norte Geográfico

Desvio do Norte Geográfico	F _{cd}
[para Leste ou Ceste]	
Até 30°	1
De 31 a 60°	1,13
De 61 a 90°	1,16

Exemplo: Um edificio residencial possui 10 andares com 4 apartamentos por andar e a água quente será utilizada somente para o banho. Considerando um consumo de água quente por pessoa de 70 litros a 45° C e uma média de 3 moradores por apartamento temos:

V = 40 apartamentos * 3 pessoas/apartamentos * 70 litros por pessoa = 8400 litros a 45° C

Utilizando a equação (1):

Considerando um coletor com Pme de 80,7 kWh/mês.m², segundo a tabela de sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água do INMETRO, determinamos sua Produção Média Mensal de Energia Específica do coletor solar na cidade de São Paulo utilizando a equação (2), sendo:

Para determinação da area coletora necessária para atender 70% da demanda de energia mensal, considerando um desvio de 45° do Norte Geográfico aplicamos a equação (3), sendo:

$$AC=1,13 \times 0,7 \times 7256,48 / 52,45$$

 $AC=109,43m^2$

Supondo que o coletor possua uma área de 2m²:

Quantidade de coletores = 109,43 / 2 = 54,7 coletores 55 coletores

Conclusão: para atendimento da demanda de 8.400 litros de água por dia seriam necessários 118,26m² de determinado coletor solar para atendimento a contribuição solar de 70%