

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR *Diego Machado*
Carrion Serrano E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM *27* / *02* / *2009*

Arnaldo César da Silva
.....
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Avaliação do Potencial de Produção e Exportação de Pellets Combustível no Pólo Florestal da Região Sul do Brasil

Autor: Diego Machado Carrion Serrano
Orientador: Arnaldo César da Silva Walter

100/2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

Avaliação do Potencial de Produção e Exportação de Pellets Combustível no Pólo Florestal da Região Sul do Brasil

Autor: Diego Machado Carrion Serrano
Orientador: Arnaldo César da Silva Walter

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos.

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2009
S.P. – Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Se68a Serrano, Diego Machado Carrion
Avaliação do potencial de produção e exportação de pellets combustível no pólo florestal da região Sul do Brasil / Diego Machado Carrion Serrano. --Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Arnaldo Cesar da Silva Walter.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Biocombustíveis. 2. Biomassa. 3. Biomassa vegetal. 4. Resíduos de madeira como combustível. 5. Mudanças climáticas. I. Walter, Arnaldo Cesar da Silva. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Assessment of the potential of woodpellets production and export in the forestry pole of Brazilian southern region
Palavras-chave em Inglês: Biofuel, Biomass, Plant biomass, Wood waste as fuel, Climatic changes

Área de concentração:

Titulação: Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos

Banca examinadora: André Tosi Furtado, Weber Antonio Neves do Amaral

Data da defesa: 27/02/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

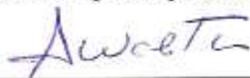
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

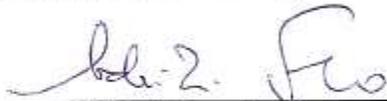
**Avaliação do Potencial de Produção e
Exportação de Pellets Combustível no Pólo
Florestal da Região Sul do Brasil**

Autor: Diego Machado Carrion Serrano
Orientador: Arnaldo Cesar da Silva Walter

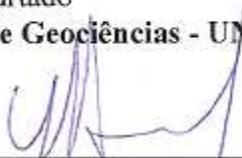
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Arnaldo Cesar da Silva Walter
Instituição: Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP



Prof. Dr. André Tosi Furtado
Instituição: Instituto de Geociências - UNICAMP



Prof. Dr. Weber Antonio Neves do Amaral
Instituição: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- USP

Campinas, 27 de fevereiro de 2009

Dedicatória:

Dedico este trabalho ao meu falecido avô, Dr. Eneo de Aguiar Serrano, pela lição de vida.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ter sido terminado sem a ajuda de diversas pessoas, às quais presto minha homenagem: minha mãe, Dirce Carrion, meu pai, Henrique Serrano, minha namoradinha e sempre companheira, Paula Maria Biral, ao meu orientador, Arnaldo Walter, e a todos os amigos que de uma forma ou de outra me ajudaram durante o período em que me dediquei a esse trabalho, em especial ao Paulo Zanardi, Manoel Soares, Stael Prata, Eduardo Soffioni e Dagoberto, por suas colaborações diretas durante o levantamento das informações que possibilitaram a elaboração desta dissertação.

Resumo

SERRANO, Diego Machado Carrion, **Avaliação do Potencial de Produção e Exportação de Pellets Combustível no Pólo Florestal da Região Sul do Brasil**, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 96 p. Dissertação (Mestrado).

O pellets é um bioenergético de uso relativamente difundido em países desenvolvidos de clima temperado, tendo sido nos últimos anos empregado de forma crescente como fonte de energia em aquecimento residencial e na geração de energia elétrica e térmica, em unidades “*co-firing*”, principalmente na Europa, que é o maior mercado consumidor do produto. Nesse contexto, o Brasil, por possuir vocação florestal devido ao clima, disponibilidade de terras e ter segmento florestal bem estruturado, apresenta potencial para se inserir como supridor nesse mercado. Na elaboração desta dissertação, considerada a disponibilidade de biomassa, duas regiões foram identificadas como as mais promissoras para a produção de pellets a partir dos resíduos de madeira: as regiões Norte e Sul, sendo que a segunda tem significativa vantagem por possuir uma cadeia de produtos florestais fundamentada na silvicultura (florestas plantadas), enquanto na primeira haveria severas restrições devido à dificuldade de rastreamento da origem da biomassa. Foi feita a análise econômica de um empreendimento hipotético voltado à produção de pellets de madeira situado na região Sul do país, sob condições reais de mercado e logística. Os resultados indicam que, para uma planta pelletizadora com capacidade de 100.000 toneladas de pellets/ano, preço da biomassa em torno dos R\$ 35,00/m³ e com preços de pellets a granel em porto na Europa (CIF) fixado em 140 €/tonelada, o empreendimento é viável, com TIR de 17% e VPL de R\$ 3.6 milhões para taxa de desconto de 13%. O custo do frete marítimo é determinante na estrutura de custos, seguido do preço da matéria prima.

Palavras chave: Pellets, biocombustível sólido, *woodpellets*, dendroenergia, resíduos florestais, comércio internacional.

Abstract

SERRANO, Diego Machado Carrion, **Assessment of the Potential of Wood Pellets Production and Export in the Forestry Pole of Brazilian Southern Region**, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 96 p. Dissertation (M.Sc.).

Pellets is a solid biofuel that has been fairly used in developed countries of temperate climate. In recent years its consumption has increased for residential heating and electricity and thermal generation in co-firing plants, particularly in Europe, that is worldwide the largest pellets' market. Brazil has good potential to be a supplier in the emerging pellets market due to its forest tradition, adequate weather, land availability and a well-organized forestry segment. Based on the availability of biomass, it can be considered that there are two regions in Brazil that are promising for pellets production from wood waste: the North and South regions, but with a strong advantage of the second due to the supply chain of forest products based on commercial plantations; the production in the North region would suffer severe constraints due to the difficulty in tracking the sources of biomass. The assessment regarding the potential of pellets production for exporting is based on a hypothetical venture aiming at producing woodpellets in Paraná, considering real market conditions and logistics. The results indicate that a pellets plant with capacity to produce 100,000 t of pellets/year, biomass price turning around US\$ 19.00/m³, and pellets price at European harbors (CIF value) as € 140 per tonne, would be feasible, with an IRR of 17% or a NPV of US\$ 1.7 million at a discount rate of 13%. The two main important factors in the final cost are the shipping cost from Brazil to Europe and the price of the raw material (i.e., its opportunity cost). As expected, the economic feasibility depends on the cost of raw material, as well as on the price paid for the product in European harbors.

Key words: Pellets, solid biofuels, woodpellets, dendroenergy, floresty raw material, international trade.

Índice

Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas.....	xii
Capítulo 1: Introdução.....	1
Capítulo 2: O mercado mundial de pellets combustível	11
2.1 O consumo mundial de pellets.....	11
2.2. O mercado Europeu de pellets combustível.....	12
2.3 Os pellets combustível nas estratégias energéticas europeias.....	16
2.4 O uso do pellets combustíveis na Europa.....	22
2.5 Especificações técnicas para a comercialização do produto.....	31
2.6 Preços dos pellets na Europa.....	33
Capítulo 3: Produção de pellets no Brasil, para exportação.....	41
3.1. Características dos dois principais pólos madeireiros do país.....	41
3.2 O segmento florestal da região Sul e mercado de pellets combustível.....	51
3.2.1 distribuição geográfica das florestas plantadas e do segmento madeireiro na região.....	53
3.2.2 Aproveitamento dos resíduos da cadeia florestal para produção de pellets.....	57
3.2.3 Logística e infra-estrutura da região aplicada ao transporte de biomassa.....	60
3.3 Uso de pellets combustível na mitigação das emissões de gases de efeito estufa.....	64
Capítulo 4: Avaliação econômica de uma planta de produção de pellets de madeira na região Sul do país.....	66
4.1 Método e premissas utilizadas para a análise econômica.....	66
4.2 Processos e equipamentos.....	67
4.3 Análise de viabilidade econômica.....	71
4.4 Análises dos resultados.....	74
Capítulo 5: Conclusão.....	80
5.1 Considerações finais.....	80
5.2 Sugestões para próximos trabalhos.....	83
Referências Bibliográficas.....	84

Lista de Figuras

Figura 1: Vista em detalhe de pellets de madeira (<i>woodpellets</i>)	3
Figura 2: Esquema com detalhe da matriz rotativa de uma máquina pelletizadora.	3
Figura 3: Esquema de um moderno forno que queima pellets e é utilizado em aquecimento residencial.	4
Figura 4: Esquema de um aquecedor d'água que queima a base de pellets e é utilizado em residências	5
Figura 5: Perfil de um gaseificador de leito fluidizado circulante (CFB) que opera com pellets	7
Figura 6: Termoelétrica Maasvlakte-Holanda, que opera em <i>co-firing</i> com pellets de madeira	7
Figura 7: Consumo mundial de pellets combustível em 2007 (milhões de toneladas)	11
Figura 8: Produção e consumo de pellets nos principais países do mercado europeu, entre os anos de 2001 e 2006	14
Figura 9: Consumo de pellets no setor residencial em países europeus, em 2006	15
Figura 10: Consumo de pellets em geração termoelétrica (" <i>co-firing</i> ") nos principais países europeus consumidores, em 2006	15
Figura 11: Comparação entre a produção, capacidade produtiva e consumo de pellets de madeira, em 2007, nos países europeus nos quais o mercado encontra-se mais desenvolvido	16
Figura 12: Projeções de emissões de GEE em países do bloco UE15 e UE 25, em diferentes cenários	18
Figura 13: Esquema do porto de Rotterdam, com indicação das áreas previstas para instalação de duas termoelétricas em roxo (1.900MW, no total) e os locais de recebimento da biomassa sólida em vermelho	21

Figura 14: Número de “ <i>boilers</i> ” de pellets instalados na Áustria	23
Figura 15: Número de “ <i>boilers</i> ” de pellets instalados na Alemanha	24
Figura 16: Número de “ <i>boilers</i> ” de pellets instalados na França, entre 2003 e 2006	25
Figura 17: Exemplo de apresentação das informações ao consumidor em etiqueta para pellets de madeira na Finlândia	33
Figura 18: Evolução dos preços dos pellets de madeira (€/GJ) em países com expressivo mercado, entre 2005 e 2006	34
Figura 19: Evolução do preço dos pellets residencial para venda a granel a partir de 6 toneladas e ensacado em fardos de 15kg, na Áustria (em €/t) entre 2005 e 2008	35
Figura 20: Preço da tonelada de pellets residencial, vendido a granel, já incluso imposto de 5%, no mercado Sueco, entre Janeiro de 2007 e Abril de 2008	35
Figura 21: Evolução do preço de pellets para o mercado residencial na Alemanha, vendido granel e ensacados, entre Janeiro de 2006 e Novembro de 2007	36
Figura 22: Preço de pellets por tonelada, para o mercado residencial na Dinamarca, vendido a granel e em embalagens, entre Junho de 2007 e Fevereiro de 2008	37
Figura 23: Preço da tonelada de pellets para o mercado residencial, vendido a granel – Inglaterra, entre Julho de 2008 e Setembro de 2008	38
Figura 24: Preço da tonelada de pellets para o mercado residencial, vendido a granel e embalado, na Itália, entre Janeiro de 2005 e Outubro de 2008	39
Figura 25: Preço da tonelada de pellets a granel e embalado para consumo residencial e os preços CIF praticados no porto, na Holanda, entre Junho de 2007 e Novembro de 2008	40
Figura 26: Madeira produzida (m ³ /ano) a partir da extração vegetal no Brasil	42
Figura 27: Madeira produzida (m ³ /ano) a partir da silvicultura no Brasil	43
Figura 28: Desmatamento na Amazônia Legal em km ² /ano entre 1988 e 2008	43
Figura 29: Origem da matéria-prima processada pelo setor madeireiro na Amazônia, 2004	44
Figura 30: Preços e custos de pellets de madeira, transportados de diferentes pólos madeireiros do Brasil para o porto de Rotterdam (Euro/GJ), sob modais de transporte atuais e ideais	45
Figura 31: Distribuição das florestas de pinus por estado em 2007	52
Figura 32: Estimativa de produção sustentável de florestas plantadas de pinus por região, em 2007 (m ³).	52

Figura 33: Quantidade produzida pela silvicultura em toras (m ³) para fins não energéticos e de celulose nos municípios do Paraná	54
Figura 34: Quantidade produzida pela silvicultura em toras (m ³) para fins não energéticos e de celulose nos municípios de Santa Catarina	55
Figura 35: Quantidade produzida pela silvicultura em toras (m ³) para fins não energéticos e de celulose nos municípios do Rio Grande do Sul	55
Figura 36: Quantidade produzida na silvicultura em metros cúbicos de tora para fins não energéticos nem de celulose, nas três unidades da federação da região Sul do país	56
Figura 37: Evolução da produção de madeira serrada proveniente das florestas plantadas de pinus no Brasil	60
Figura 38: Mapa simplificado do arranjo logístico de Paraná: malha rodoviária e sua ligação com o sistema portuário (circulo vermelho), e pólos florestais (circulo verde)	62
Figura 39: Mapa simplificado do arranjo logístico de Santa Catarina: malha rodoviária e sua ligação com o sistema portuário com os pólos florestais em verde	63
Figura 40: Fluxograma simplificado do processo de pelletização	67
Figura 41: Esquema ilustrado de uma planta pelletizadora	67
Figura 42: fluxo de matéria em uma pelletizadora	68

Lista de Tabelas

Tabela 1: Tabela comparativa entre a densidade energética e o fator de emissão de GEE para os principais combustíveis, inclusive os pellets de madeira (supondo que a biomassa é renovável).	7
Tabela 2: Evolução dos preços médios do óleo combustível para aquecimento residencial (preço em Euros por 1.000 litros, entregue na residência e incluindo impostos). Os países em destaque são os principais consumidores de pellets em aquecimento residencial	26
Tabela 3: Evolução das tarifas médias residenciais em países europeus, incluindo impostos (Euros/MWh). Os países em destaque indicam os principais consumidores de pellets em aquecimento residencial	27
Tabela 4: Evolução dos preços médios do gás natural para consumo residencial, inclusive com impostos, entre 1996 e 2006 (Euros/GJ). As setas vermelhas indicam os principais países consumidores de pellets para aquecimento residencial	28
Tabela 5: Comparação de preços no varejo (sem impostos) de diferentes combustíveis em alguns países da União Européia (€/GJ), em junho de 2006	29
Tabela 6: Parcela do consumo de cada fonte de energia em aquecimento residencial nos principais países consumidores de pellets da União Européia	30
Tabela 7: Preço pago pelas termoelétricas para diferentes combustíveis (Euro/GJ), em Junho de 2006	31
Tabela 8: Especificações para os pellets em alguns países europeus	32
Tabela 9: Custos e preço de pellets (€/GJ), transportado de pólos madeireiros no Brasil para o porto de Rotterdam	46

Tabela 10: Potencial de resíduos produzidos durante as operações de colheita, para fabricação de pellets de madeira com base na área plantada em 2007	49
Tabela 11: Parâmetros técnicos dos pellets produzidos na região Sul do Brasil, feitos a partir das madeiras de eucalipto e de pinus	51
Tabela 12: Florestas plantadas com pinus no Brasil (2005 – 2007)	53
Tabela 13: Concentração de unidades de desdobro de madeira por unidade da federação no ano de 2006	55
Tabela 14: frete a granel para diferentes produtos na região Sul do Brasil	64
Tabela 15: Principais equipamentos de uma planta pelletizadora	69
Tabela 16: Premissas assumidas para a elaboração da análise econômica	72
Tabela 17: Análise econômica contendo fluxo de caixa para 10 anos do empreendimento com a respectiva TIR e VPL	73
Tabela 18: Estrutura e composição dos custos para fabricação do pellets de madeira	75
Tabela 19: Análise de sensibilidade para o preço do pellets na Europa e o custo de oportunidade da biomassa na região Sul do Brasil	77
Tabela 20: Análise de sensibilidade para a distância entre a planta pelletizadora e o porto exportador	78
Tabela 21: Análise de sensibilidade para flutuações no cambio R\$/Euro	78

Capítulo 1

Introdução

No presente trabalho é analisado o potencial de produção, no Brasil, e de exportação de pellets de madeira, também conhecido como "*woodpellets*", biocombustível sólido que vem sendo bastante utilizado em nações industrializadas de clima temperado, mas que ainda é muito pouco conhecido no Brasil.

A avaliação do potencial foi feita para uma situação específica, tendo sido considerado o uso dos resíduos gerados durante o processo de desdobro da madeira, atividades que ocorrem em serrarias e madeireiras. Mais especificamente, foi considerado o aproveitamento de resíduos da atividade madeireira na região Sul do Brasil. As razões das hipóteses assumidas são várias. Primeiro, foi considerado que não haveria sentido supor a competição pela matéria prima (i.e., de madeira em toras) com outros segmentos industriais já consolidados na região. Segundo, para que fosse avaliada uma situação que configura melhor uso dos resíduos lignocelulósicos do segmento madeireiro. Terceiro, principalmente devido ao objetivo de se avaliar o potencial de exportação, faz sentido a condição de existência de uma atividade madeireira sustentável, já certificada ou em condições de obter a respectiva certificação ambiental. Assim, foi descartada a análise do potencial associado à atividade madeireira no norte do país, que é em grande parte baseada no desmatamento.

A avaliação feita incluiu a análise econômica de empreendimentos hipotéticos, porém considerando parâmetros produtivos e valores monetários próximos de situações reais. Como será

explicado mais a frente, na análise de viabilidade foi considerada exclusivamente a alternativa de exportação para a Europa.

Os pellets de ração animal são de uso comum no Brasil, e são empregados por alguns criadores; no país há, inclusive, fabricantes dos equipamentos necessários. Por outro lado, o uso energético de pellets ainda é pouco conhecido, não só no Brasil, mas em grande parte do mundo. Mesmo nos países nos quais já há utilização em escala significativa, os pellets são considerados energéticos alternativos.

Foi justamente a falta de referências nacionais sobre a produção de pellets combustível que serviu como motivação para a elaboração deste estudo. Foi possível encontrar apenas duas referências relacionadas a comercialização do produto por produtores nacionais, porém mesmo assim com informações limitadas, tanto técnicas como do arranjo produtivo: a experiência da Bio-energy no Espírito Santo (Couto et. al., 2004), além do grupo Brazil Biomass and Renewable Energy, do Paraná.

A pelletização nada mais é do que um processo de densificação da biomassa com o objetivo de reduzir seu volume, para baratear o transporte e facilitar seu uso final. No Brasil, a densificação da biomassa para fins energéticos não é fato novo, uma vez que há fabricas de briquetes espalhadas pelo país e diversos segmentos fazem uso desse combustível, tais como padarias, cerâmicas vermelhas, pizzarias, ou mesmo residências. As dimensões dos pellets são menores do que as dos briquetes, e muitos consideram os pellets miniaturização dos briquetes. Na Figura 1 é apresentada imagem de pellets de madeira.

Para a produção de pellets a partir de resíduos da madeira podem ser empregados cavacos, serragem, pó de lixadeira e, eventualmente, costaneiras¹. Toras brutas também podem ser usadas na produção de pellets, mas nesse caso é preciso um processo adicional para reduzi-la a partículas menores. A partir da madeira fracionada, o processo de produção começa com a secagem. A matéria seca é então fracionada em partículas ainda menores, semelhantes ao pó de serragem; o processo em geral é realizado em um moedor acionado eletricamente. A máquina pelletizadora tem uma matriz rotativa, em geral também acionada por um motor elétrico; a biomassa fracionada é então extrudada, formando os aglomerados cilíndricos que são os pellets. Na Figura

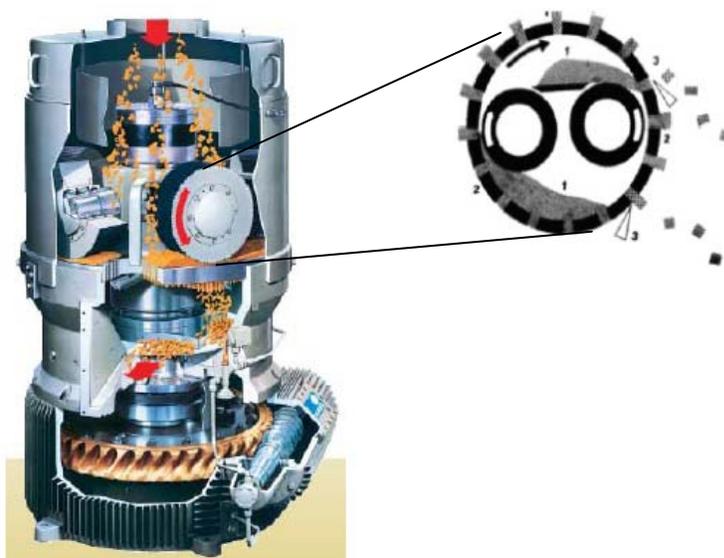
¹ Costaneiras são as aparas externas das toras, predominantemente formadas pela casca, que são descartadas no momento do desdobro (beneficiamento da madeira).

2 é apresentado um esquema em corte de uma máquina pelletizadora, com detalhe da matriz rotativa. A etapa seguinte é o resfriamento dos pellets (no processo de densificação o material é aquecido devido o atrito mecânico, o que ajuda a reduzir a umidade do produto). Finalmente, os pellets podem ser ensacados e/ou armazenados.



Fonte: Ciardelli fuel (2008)

Figura 1: Vista em detalhe de pellets de madeira (*woodpellets*)



Fonte: Kahl, Salmatec, Larus Impianti (in PASTRE, 2002 – EUBIA: Pellets for Europe)

Figura 2: Esquema com detalhe da matriz rotativa de uma máquina pelletizadora

As menores dimensões dos pellets são uma de suas vantagens em relação aos briquetes, uma vez que o produto pode ser facilmente manipulado e sua combustão é facilitada. Ainda em relação aos briquetes, outra vantagem está nos custos (por unidade de massa ou de energia). O consumo energético na fabricação é menor no caso dos pellets, assim como são menores os custos de manutenção de uma pelletizadora (em uma pelletizadora utiliza-se um elemento rotativo, enquanto o processo de conformação dos briquetes é por impacto). Mais, a granulometria dos pellets permite o aproveitamento da estrutura logística graneleira, e isso não é possível com os briquetes. Em adição, os pellets têm maior homogeneidade, o que favorece a combustão eficiente mesmo em equipamentos de menor porte e com poucos recursos de controle.

A título ilustrativo, nas Figuras 3 e 4 são apresentadas imagens esquemáticas de um forno e de um aquecedor d'água, respectivamente, ambos de pequeno porte, que operam com queima de pellets e são utilizados em calefação residencial.



Fonte: Calimax (in PASTRE, 2002 – EUBIA: Pellets for Europe)

Figura 3: Esquema de um moderno forno que queima pellets e é utilizado em aquecimento residencial



Fonte: Biostar (in PASTRE, 2002 – EUBIA: Pellets for Europe)

Figura 4: Esquema de um aquecedor d'água que queima a base de pellets e que é utilizado em residências

A utilização dos pellets para fins energéticos também pode apresentar vantagens do ponto de vista ambiental, e talvez seja justamente esse o maior apelo para a utilização desse bioenergético. Em particular, há interesse específico na redução das emissões líquidas de dióxido de carbono para a atmosfera - principal gás causador do efeito estufa (GEE's)², o que pode ser conseguido desde que a biomassa seja renovável e quando da substituição de combustíveis fósseis, como óleo diesel, carvão mineral ou gás natural, ou mesmo em substituição à eletricidade, quando a mesma é gerada em sistemas de geração termoelétricos, com uso de combustíveis fósseis.

No que se refere ao balanço energético na produção de pellets, PASTRE (2002), considerando os consumos de energia térmica e elétrica, concluiu que:

- ✓ 5 a 6% da energia dos pellets (base poder calorífico inferior) é necessária para pelletização da matéria prima seca (no caso, serragem);
- ✓ 12 a 15% da energia dos pellets é necessária para a pelletização, incluindo o processo de secagem da matéria prima úmida (também serragem);

² Os principais gases de efeito estufa são: CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, CFC.

- ✓ 48% da energia dos pellets é necessária para o processo de pelletização de cavacos de madeira, incluindo o consumo na secagem e na moagem.

Apesar do balanço energético positivo, observam-se diferenças significativas decorrentes das variações no teor de umidade e, principalmente, nas variações do tamanho das partículas.

A Europa, no esforço para reduzir suas emissões de gases de efeito estufa, bem como diversificar sua matriz energética, vem adotando políticas que visam favorecer o uso de novas fontes de energia, renováveis e menos poluentes. A biomassa, em suas diferentes formas, é uma das principais alternativas. Nesse contexto, não só os biocombustíveis líquidos (principalmente etanol e biodiesel), mas também os sólidos (lenha, briquetes, pellets, e resíduos florestais e agrícolas), têm sido valorizados. No caso da biomassa sólida, os usos preferenciais são a calefação residencial e a geração termoelétrica, principalmente em sistemas “*co-firing*”³. Na Figura 5 é apresentado o esquema de um gaseificador (que opera em leito fluidizado) de uma termoelétrica que opera com pellets de madeira. Já na Figura 6 é mostrada a imagem de uma termoelétrica que opera em *co-firing*, empregando pellets de madeira.

Na Tabela 1 são apresentados, para fins de comparação com os pellets, a densidade energética (em tEP e MJ) e o fator de emissão de GEE de diferentes combustíveis fósseis e renováveis.

³ Tecnologia de queima conjunta de combustíveis fósseis e biomassa. Uma das alternativas é a queima da biomassa gaseificada. Outra é a queima de pellets de madeira misturados com carvão mineral pulverizado. A tecnologia começou a ser empregada com o objetivo de redução das emissões de óxidos de enxofre, mas nos últimos anos a principal razão é a redução das emissões dos gases de efeito estufa.



Fonte: PASTRE, 2002 (EUBIA: Pellets for Europe)

Figura 5: Esquema de um gaseificador de leito fluidizado circulante (CFB) que opera com pellets



Fonte: EUBIA (2007)

Figura 6: Termoelétrica Maasvlakte, na Holanda, que opera em *co-firing* com pellets de madeira

Tabela 1: Tabela comparativa entre a densidade energética e o fator de emissão de GEE para os principais combustíveis, inclusive os pellets de madeira (supondo que a biomassa é renovável).

Combustível	PCI (MJ/kg)	PCI (tep/t)	FE (kgCO ₂ e/GJ)
Pellets / briquetes de madeira	16,8	0,401	0
Carvão vegetal	29,5	0,705	0
Biodiesel	27	0,645	0
Madeira / resíduos de Madeira.	13,8 — 15,6	0,330 — 0,373	0
Outra biomassa primária sólida	11,6	0,277	0
Diesel	42,3 — 43,3	1,010 — 1,034	74
Petróleo Bruto	42,3	1,01	73,3
gasolina	44 — 45	1,051 — 1,075	69,2
Coque de Carvão	28,2	0,674	94,5
Gás natural	45,1	1,077	64,1

Fonte: Ministério da Economia e da Inovação de Portugal - Direcção-Geral de Energia e Geologia (2008)

Na Tabela 1, em verde são indicados os combustíveis renováveis, e em laranja os de origem fóssil. O fator de emissão foi calculado apenas considerando-se o processo de combustão e, no caso dos combustíveis renováveis, a hipótese é de que todos têm emissão nula de gases de efeito estufa.

O consumo de pellets nos oito principais países consumidores europeus, no ano de 2006, ultrapassou 5 milhões de toneladas, considerando-se a geração termoelétrica e o consumo no setor residencial (Rakos, 2007). Na Europa, o consumo de pellets tem crescido de maneira significativa a cada ano (ver Capítulo 2).

Os pellets que são consumidos na União Européia são produzidos em nações do próprio bloco e, também, importados de países com importante atividade florestal, como Rússia e Canadá. No entanto, países com disponibilidade de terras agriculturáveis, setor florestal consolidado e clima tropical, mesmo que geograficamente distantes da Europa, poderiam competir nesse mercado, em função dos baixos custos da biomassa. A competitividade seria ainda maior quando do aproveitamento de resíduos ou coprodutos de outras atividades produtivas, como os resíduos gerados na cadeia produtiva da madeira ou resultantes das operações florestais de campo.

No Brasil, apesar das condições sabidamente favoráveis para a atividade florestal, ainda há sérias restrições para a exportação de seus produtos. Essas restrições estão associadas à logística (o que restringe o potencial) e a aspectos sócio-ambientais, consideradas condições de produção ao longo de toda a cadeia de suprimento. Vários produtos agropecuários e florestais

precisam ter sua produção certificada para que possam ser comercializados na União Européia, e é de se esperar que o mesmo ocorra em relação aos pellets de madeira.

A atividade florestal brasileira tem dois pólos de produção, um na região Norte e outro na região Sul. Na região Norte a disponibilidade de resíduos é significativa, e esses são em geral dispostos em pilhas, a céu aberto, ou simplesmente queimados, causando impactos ambientais negativos. Essa grande disponibilidade deve-se, por um lado, ao porte da atividade florestal e, por outro, à ausência de usos alternativos para os resíduos. Por outro lado, grande parte dessa biomassa residual provém de atividades madeireiras não fiscalizadas pelo poder público, havendo incertezas quanto à origem da madeira e às condições de trabalho. Assim, dificilmente os pellets produzidos a partir desses resíduos poderiam ser exportados para mercados mais exigentes, como a União Européia.

Já a realidade na região Sul é muito distinta daquela observada na região Norte. Grande parte da atividade florestal tem por base florestas plantadas, muitas das quais certificadas e manejadas de acordo com o que é estabelecido nas leis ambientais e trabalhistas. Por outro lado, a região Sul, por possuir atividades econômicas significativas, já faz uso de boa parte dos resíduos provenientes das atividades florestal e madeireira. Assim, o resíduo da biomassa florestal não é propriamente um resíduo nessa região, mas sim um coproduto, com valor de mercado em ascensão.

Nesta dissertação, a avaliação do potencial de produção de pellets de madeira foi feita apenas considerando a região Sul do Brasil, e mais especificamente os estados do Paraná e Santa Catarina. A razão está no fato do setor florestal ser bem estruturado e ter condições de atender às exigências do maior mercado importador existente atualmente. Como foi anteriormente afirmado, esse mercado é o da União Européia, que é crescente e para o qual há dados disponíveis.

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos, inclusive este texto introdutório. No Capítulo 2 é apresentada uma análise do mercado mundial de pellets combustível, com ênfase dada ao mercado europeu. As questões analisadas incluem estratégia energética, a padronização requerida para os pellets, os principais segmentos consumidores, a oferta e o comportamento dos preços. No Capítulo 3 é analisado o setor florestal brasileiro, e em especial o setor florestal na região Sul, identificando-se os principais conglomerados de produção florestal. No Capítulo 4 é apresentada a análise econômica de um empreendimento hipotético, mas considerando condições

realistas de oferta, do mercado consumidor e de logística. Assim, avalia-se o potencial econômico e as barreiras para a exportação de pellets de madeira para a Europa.

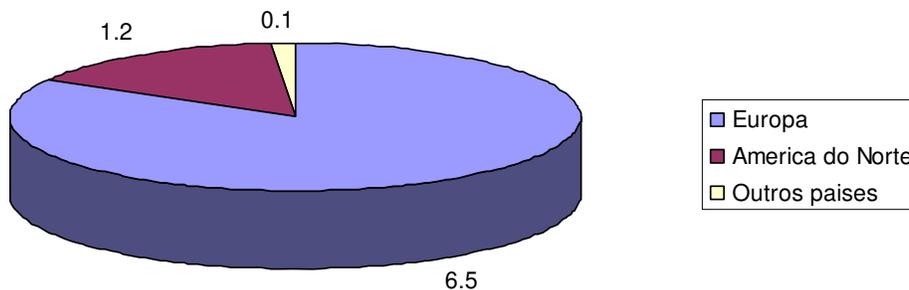
Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões desta dissertação e sugestões para próximos trabalhos no mesmo tema.

Capítulo 2

O Mercado Mundial de Pellets Combustível

2.1 O Consumo Mundial de Pellets

A produção e o consumo de pellets para fins energéticos encontram-se concentrados na América do Norte e na Europa embora, mais recentemente, o Japão tenha passado também a se destacar como importante consumidor. De acordo com Hayes (2007), tendo por base dados da empresa finlandesa VAPO, o consumo mundial de pellets em 2007 foi de 7,8 milhões de toneladas (aproximadamente 3 milhões de tEP), sendo 6,5 milhões consumidos na Europa e 1,2 milhão na América do Norte. Em relação ao consumo, a produção de pellets na Europa teve déficit de 1 milhão de toneladas, enquanto EUA e Canadá exportaram justamente a mesma quantia. Segundo Hayes (2007), a produção e o consumo no resto do mundo foi de apenas 0,1 milhão de toneladas. Informações sobre o consumo mundial de pellets em 2007 são sumarizadas na Figura 7.



Fonte: Hayes (2007)

Figura 7: Consumo mundial de pellets combustíveis em 2007 (milhões de toneladas)

Sendo a Europa o maior consumidor e o maior importador desse bioenergético, e por estar a presente dissertação focada no potencial de exportação para o Brasil, neste capítulo a análise está concentrada no mercado europeu.

O consumo mundial de pellets em 2007 foi equivalente a 3,13 milhões tEPs⁴. Como referência, o consumo energético total do Brasil em 2004, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) foi de 191,1 milhões de tEPs, ou seja, toda a produção mundial de pellets em 2007 seria suficiente para suprir não mais que 1,6% do consumo energético do Brasil no ano de 2004.

2.2. O Mercado Europeu de Pellets Combustível

Em anos recentes o consumo de pellets na Europa apresentou crescimento significativo, em função de políticas que visam à redução da dependência dos combustíveis fósseis⁵. Por um lado, a substituição de combustíveis fósseis, principalmente petróleo, visa o aumento da segurança de suprimento energético e a minimização dos impactos da elevação de seus preços. Por outro, os países europeus têm feito esforço para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, através da substituição gradativa de combustíveis fósseis por fontes alternativas e renováveis de energia, como a biomassa.

Um evento realizado em Rotterdam, na Holanda, em Fevereiro de 2007, ilustra a importância da biomassa como fonte de energia. O evento, organizado pela EUBIONET 2⁶ e pelo

⁴ 1 tonelada de pellets de madeira = 0,401 tEP (Ministério da Economia e da Inovação de Portugal - Direcção-Geral de Energia e Geologia, 2008)

⁵ Quatro comunicados recentes da Comissão Europeia ilustram essa tendência: **i) COM (2008) 30 final** – Proposta de diretiva relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis; **ii) COM (2006) 848 final** - Roteiro das Energias Renováveis - Energias Renováveis no século 21: construir um futuro mais sustentável; **iii) COM (2006) 34 final** - Uma estratégia europeia para os biocombustíveis; **iv) COM (2005) 628 final** - Plano de Ação para Biomassa.

Diretivas do Parlamento Europeu e do Conselho (EUBIA): **i) 2003/30/EC** Promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes; **ii) 2001/77/EC** Promoção da eletricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis.

⁶ EUBIONET 2 - European Bioenergy Network.

IEA Bioenergy Task 40⁷, tratou especificamente do mercado e das políticas para o uso da biomassa para fins energéticos.

Na minuta do evento destaca-se que políticas desenvolvidas em diversos países têm induzido o crescimento do consumo de pellets para aquecimento residencial, com destaque para Dinamarca, Suécia, Alemanha, Áustria e Itália, que em conjunto consomem 1,98 milhão de toneladas por ano (Rakos, 2007). Outros países têm incentivado o uso dos pellets em termoeletricas, grupo no qual se destacam a Holanda, Bélgica, Suécia e Dinamarca, que juntas consumiam à época 3,3 milhões de toneladas de pellets/ano para tal finalidade (Rakos, 2007).

Na Europa, a França possui a legislação mais favorável ao uso de pellets, com redução do imposto equivalente ao ICMS (VAT) de 19% para 5,5% para produtos relacionados a pellets, além de 50% de restituição dos custos de produção (Rakos, 2007). Também foi agressiva a política para introdução dos pellets em aquecimento residencial na Áustria, onde em 2005 o consumo de pellets foi incentivado com preços, em termos energéticos, equivalentes a 60% do preço do óleo combustível (Rakos, 2007).

No entanto, em 2006 houve forte aumento dos preços do pellets combustível na Europa (elevação de 50% a 100%), fato que teve repercussão negativa na sociedade e foi muito explorado pela imprensa. Nas críticas foi negligenciado o fato de que o preço do óleo combustível também subira e que a relação de preços entre pellets e óleo continuava vantajosa ao uso de pellets, embora com redução da vantagem existente em 2005.

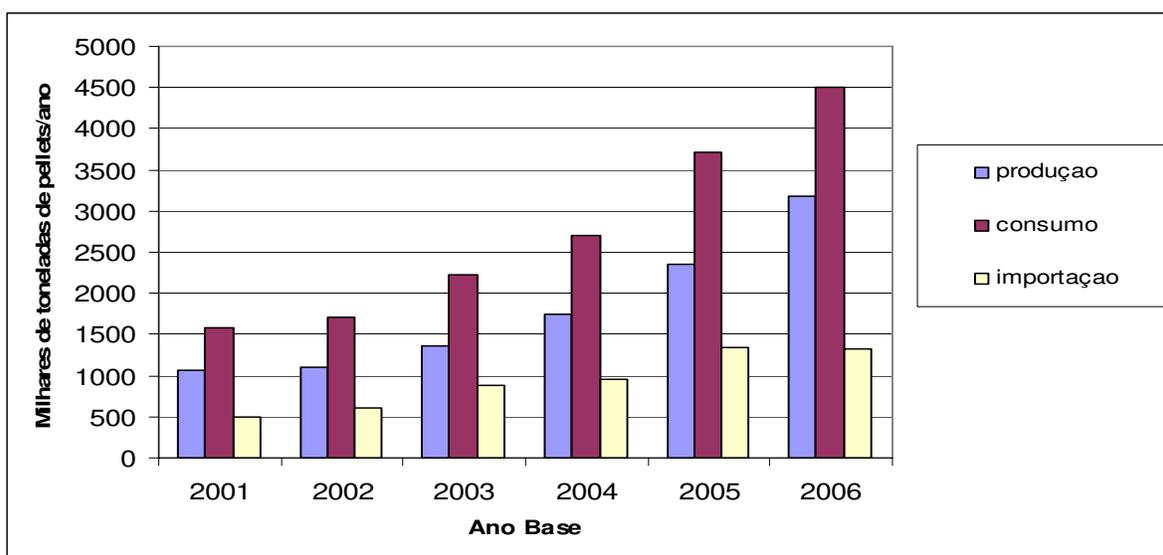
Na Áustria, a reação contrária ao uso de pellets em calefação residencial também veio de segmentos industriais usuários dos resíduos de madeira, como as indústrias de celulose, papel, e de chapas de fibras, que passaram a ter maior concorrência pelo material. Houve, por exemplo, uma campanha contrária ao uso dos pellets, sob o argumento que sua queima causava a emissão de material particulado em quantidade significativa. Rakos (2007), por outro lado, alega que a contribuição dos pellets para com a emissão de material particulado, na Áustria, é muito pequena (estimada em apenas 0,1% das emissões totais).

As apresentadas no mencionado Workshop foram as seguintes:

⁷ Projeto no âmbito do programa Bioenergy da Agência Internacional de Energia, denominado Sustainable International Bioenergy Trade.

- i) O uso de pellets para aquecimento tem potencial significativo na Europa, e preços bastante competitivos;
- ii) Entretanto, em curto prazo flutuações nos preços e problemas de suprimento podem ter impactos no desenvolvimento desse potencial;
- iii) As políticas energéticas serão determinantes para o desenvolvimento desse mercado;
- iv) A superação de restrições de suprimento de matéria prima será fator decisivo para a consolidação do mercado;
- v) A qualidade do produto será fundamental para a consolidação do uso dos pellets no setor residencial.

Apesar de recente, o mercado de pellets apresentou expansão acentuada nos últimos anos. Entretanto, a maior parte do comércio ainda está restrito aos países da UE15, para os quais informações sobre produção e consumo são apresentadas na Figura 8. Em 2006 havia um déficit da ordem de 1,3 milhão de toneladas.

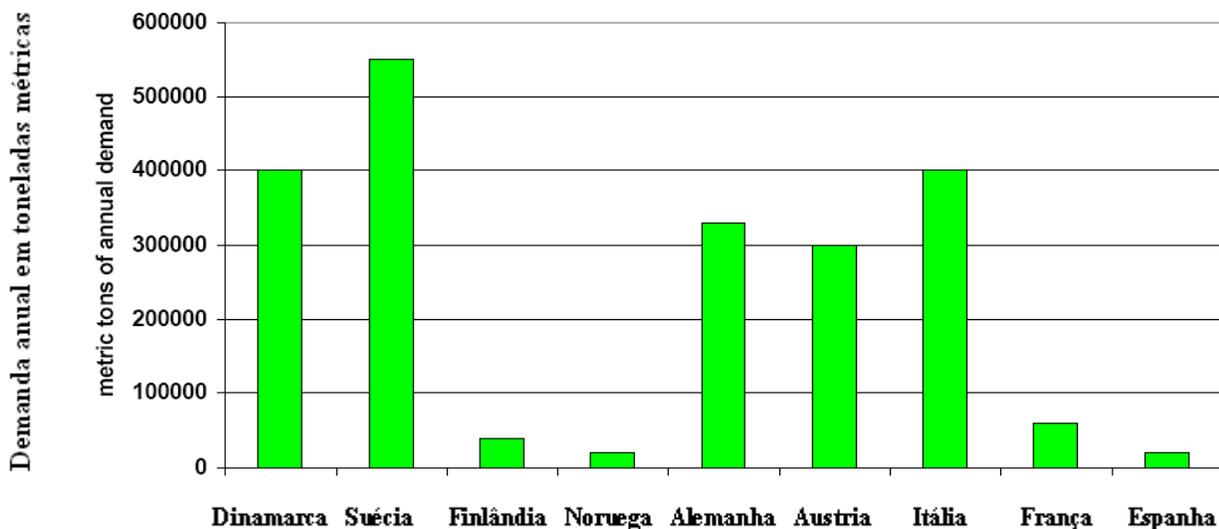


Fonte: Adaptado de European Pellets Center – Pellets@als, 2008

Figura 8: Produção e consumo de pellets nos países europeus⁸ nos quais o mercado encontrava-se mais desenvolvido entre os anos 2001 e 2006.

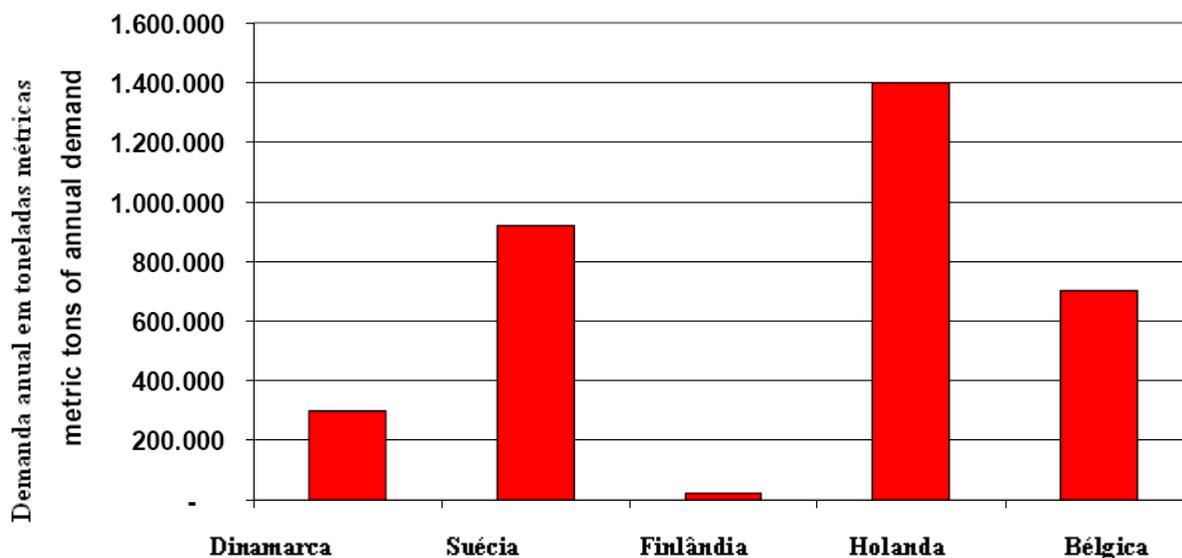
⁸ Em 2001 e 2002 os dados correspondem a Áustria, Dinamarca, Finlândia, Alemanha, Itália e Suécia. Para 2003 e 2004, os dados incluem informações de Noruega, Polônia e Suíça. Em 2005 e 2006, dados da Holanda foram incluídos à série.

Nas Figuras 9 e 10 são apresentadas informações mais detalhadas sobre o consumo de pellets nos setor residencial e na geração termoelétrica, em 2006, nos principais países consumidores da Europa.



Fonte: Rakos/ProPellets (2007)

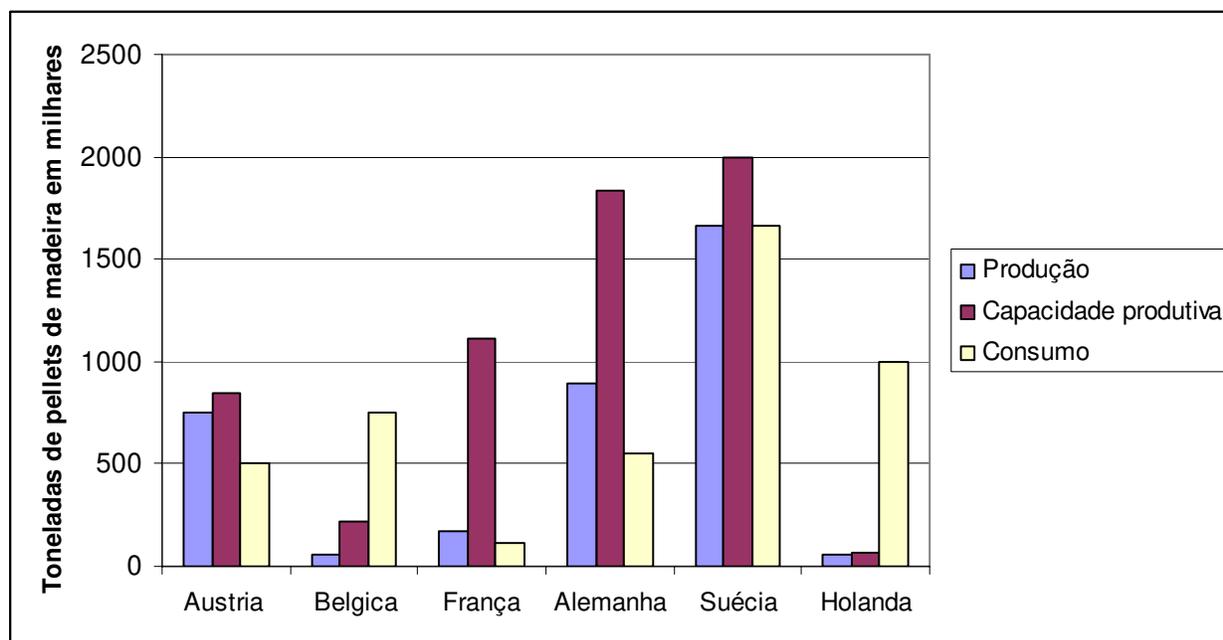
Figura 9: Consumo de pellets no setor residencial em países europeus, em 2006.



Fonte: Rakos/ProPellets (2007)

Figura 10: Consumo de pellets na geração termoelétrica (sistemas “*co-firing*”) nos principais países europeus consumidores, em 2006.

Na Figura 11 são apresentadas informações sobre a produção efetiva de pellets em 2007, a capacidade de produção e o consumo doméstico no mesmo ano, para os seis países europeus principais produtores e consumidores. À época, França e Suécia tinham equilíbrio entre produção local e consumo, e Áustria e Alemanha tinham capacidade de exportação. Por outro lado, Bélgica e Holanda, que têm sido grandes consumidores de pellets em sistemas “*co-firing*”, tiveram grande déficit em 2007, e são importadores.



Fonte: Adaptado de European Pellets Center – Pellets@als, 2008

Figura 11: Comparação entre a produção, capacidade produtiva e consumo de pellets de madeira, em 2007, nos países europeus nos quais o mercado encontrava-se mais desenvolvido

2.3 Pellets Combustível nas Estratégias Energéticas Europeias

Além dos compromissos assumidos pelos Estados Membros a partir da ratificação do Protocolo de Quioto, com o objetivo de mitigação das mudanças climáticas, a União Europeia vem desde vários anos desenvolvendo políticas para dinamizar o mercado de emissões e dar condições para que as metas definidas no Protocolo de Quioto sejam cumpridas.

O mecanismo de mercado mais difundido na Europa é o chamado *Emission Trade Scheme* (ETS), que existe desde Janeiro de 2005. É essencialmente um mercado de créditos de emissões evitadas, que permite às empresas cumprir suas metas de redução, por aquisição de créditos,

quando não são capazes de reduzi-las internamente, a custos moderados. Nem todos os setores da economia estão submetidos às metas de redução de emissões de GEE, mas os principais emissores têm compromissos, como o setor elétrico.

Não por acaso é justamente o segmento de geração termoelétrica o maior demandante de pellets combustível na Europa, pois muitas companhias de geração estão reduzindo suas emissões de dióxido de carbono a partir de substituições parciais de combustíveis em sua matriz energética, predominantemente fóssil.

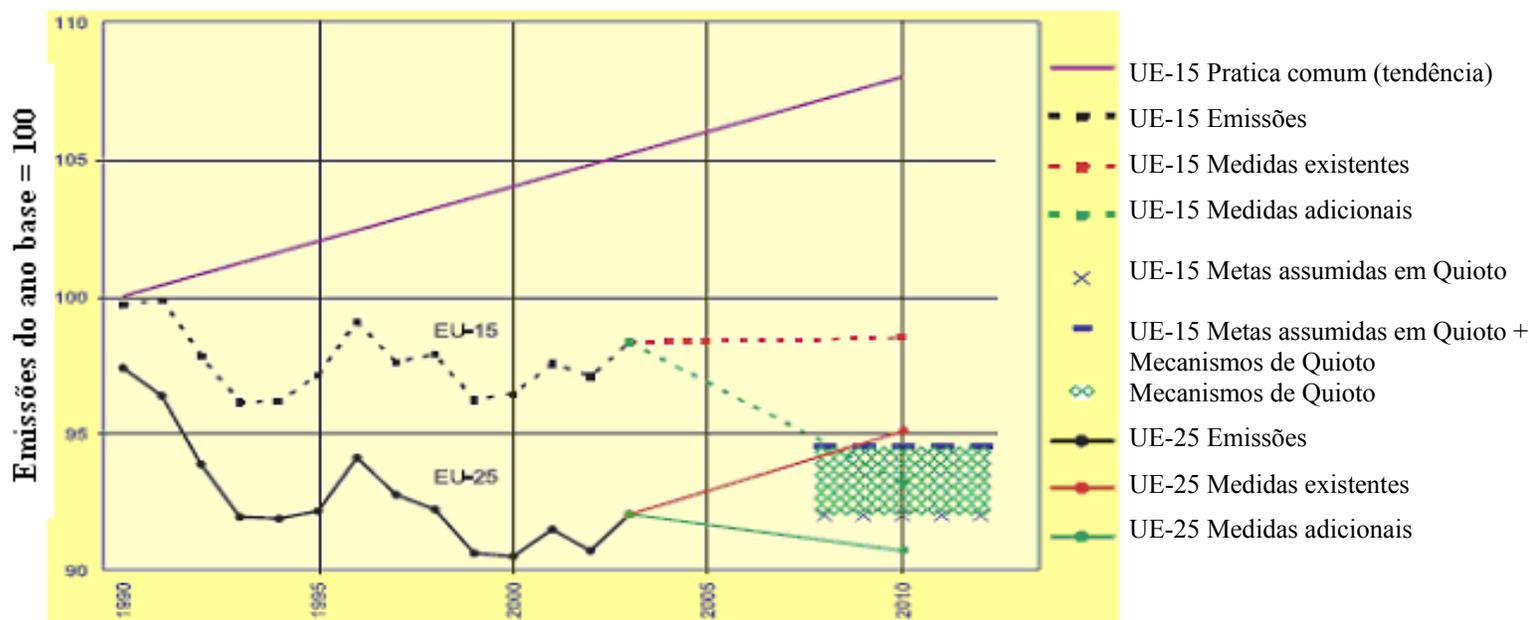
O curioso são as diferentes estratégias adotadas por companhias para o cumprimento de suas metas. Por exemplo, em países nos quais há oferta de pellets e seus preços são competitivos, percebe-se o maior uso desse bicomcombustível em sistemas *co-firing* (ver na seção 2.4, a Tabela 6). Por outro lado, nos países nos quais o uso de pellets não é viável em relação ao combustível convencional, a opção para cumprimento das metas de redução é a aquisição de créditos no mercado europeu, conhecido como *European Union Allowances* (EUA).

É nesse cenário que o mercado europeu de pellets tem crescido, e tende a crescer ainda mais, tanto na geração de eletricidade quanto no setor residencial. A seguir é feita uma breve consideração a respeito dos 1º e 2º Programa Europeu de Mudanças Climáticas, iniciados em 2000.

O 1º Programa Europeu de Mudanças Climáticas (1º ECCP), de 2000 a 2004, teve como objetivo identificar as medidas e políticas mais efetivas do ponto de vista ambiental, bem como as ações de menor custo que poderiam ser tomadas para a redução das emissões de gases de efeito estufa. A meta imediata era auxiliar a União Européia a cumprir os compromissos assumidos no Protocolo de Quioto, ou seja, reduzir até 2012 as emissões dos 15 países membros (antes de 2004) em 8% em relação aos níveis de 1990 (European Commission, 2006).

O ECCP foi concebido sobre uma plataforma de iniciativas já existentes, visando a redução de emissões através do fomento das fontes renováveis de energia e da gestão do uso da energia. Logo em seguida, quando da definição do 6º Programa de Ação Ambiental (2002–2012), as mudanças climáticas foram incluídas entre as quatro principais prioridades da estratégia ambiental da União Européia, bem como na Estratégia Européia de Desenvolvimento Sustentável.

Na Figura 12 são apresentados resultados de um estudo da European Commission (2006) que indicam as tendências de evolução das emissões de GEE até 2010, em países da UE15 e da UE25. No cenário tendencial, as emissões cresceriam 7% em relação às emissões de 1990 para os países da UE15. Com as medidas existentes até anos atrás, as emissões cairiam cerca de 2% em relação às de 1990, não viabilizando o cumprimento das metas de Quioto. Seriam necessárias medidas adicionais para o cumprimento das metas de Quioto, tanto considerando o bloco UE15 quanto o bloco UE25.



Fonte: European Commission (2006)

Figura 12: Projeções de emissões de GEE em países do bloco UE15 e UE 25, em diferentes cenários⁹.

O 2º Programa Europeu de Mudanças Climáticas (2º ECCP) (European Commission, 2006), lançado em outubro de 2005, partiu dos trabalhos conduzidos durante o 1º ECCP e estruturou o plano estratégico de mitigação das mudanças climáticas. Dentre as medidas e políticas adotadas para redução das emissões de GEE, cinco estão relacionadas ao uso de pellets combustível, sendo quatro relacionadas ao suprimento energético e uma ao planejamento da demanda energética, conforme apresentado a seguir:

⁹ Não estão incluídas na análise as emissões ou reduções decorrentes do uso do solo, das mudanças do uso do solo e dos sistemas florestais (LULUFC).

Suprimento Energético

1. Diretiva 2001/77/EC – Promoção da geração de eletricidade a partir de fontes renováveis (implementação em Outubro de 2003). Os Estados Membros foram solicitados a promover a geração de eletricidade a partir de fontes de energia não-fósseis e renováveis, como eólica, solar, marés, ondas, hidráulica e biomassa, com uma meta indicativa de 21% da energia elétrica bruta gerada, a ser alcançada em 2010. Em 2006 essa parcela era 14%. O potencial de redução dessa medida foi estimado em torno de 100-120 MtCO₂eq.
2. Diretiva 2004/8/EC – Promoção da cogeração (com implementação em fevereiro de 2006). Incentivo à cogeração onde exista demanda por aquecimento. O potencial de redução das emissões até 2010 foi estimado em 22-42 MtCO₂eq.
3. Proposta da Comissão (COM 2005/628) – Plano de ação para biomassa (para ser adotado a partir de 2006). O plano de ação para biomassa tem como objetivo ampliar o uso da biomassa em aquecimento, geração de eletricidade e no setor de transportes, ampliando o consumo, em 2003, de 69 milhões de toneladas de óleo equivalente (Mtoe) para aproximadamente 150 Mtoe em 2010. Estão incluídas no Plano mais de 290 ações individuais. O potencial de redução até 2010, somente pelo emprego da tecnologia de aquecimento distrital, foi estimado em 36-48 MtCO₂eq.
4. Decisão 1230/2003/EC - ‘ALTENER’ componente do programa de financiamento ‘*Intelligent Energy - Europe*’. O programa consiste em um sistema de fundos com orçamento de € 250 milhões para o período 2003-2006, com objetivo de promover o maior e melhor uso das fontes renováveis de energia. Não se trata de um programa tecnológico, mas sim de um programa de suporte às agências regionais e nacionais, bem como para financiar projetos e eventos internacionais para a disseminação de boas práticas e formação de mão de obra qualificada. Posteriormente, a Comissão resolveu estender o programa para o período 2007-2013, dessa vez com um orçamento de € 780 milhões.

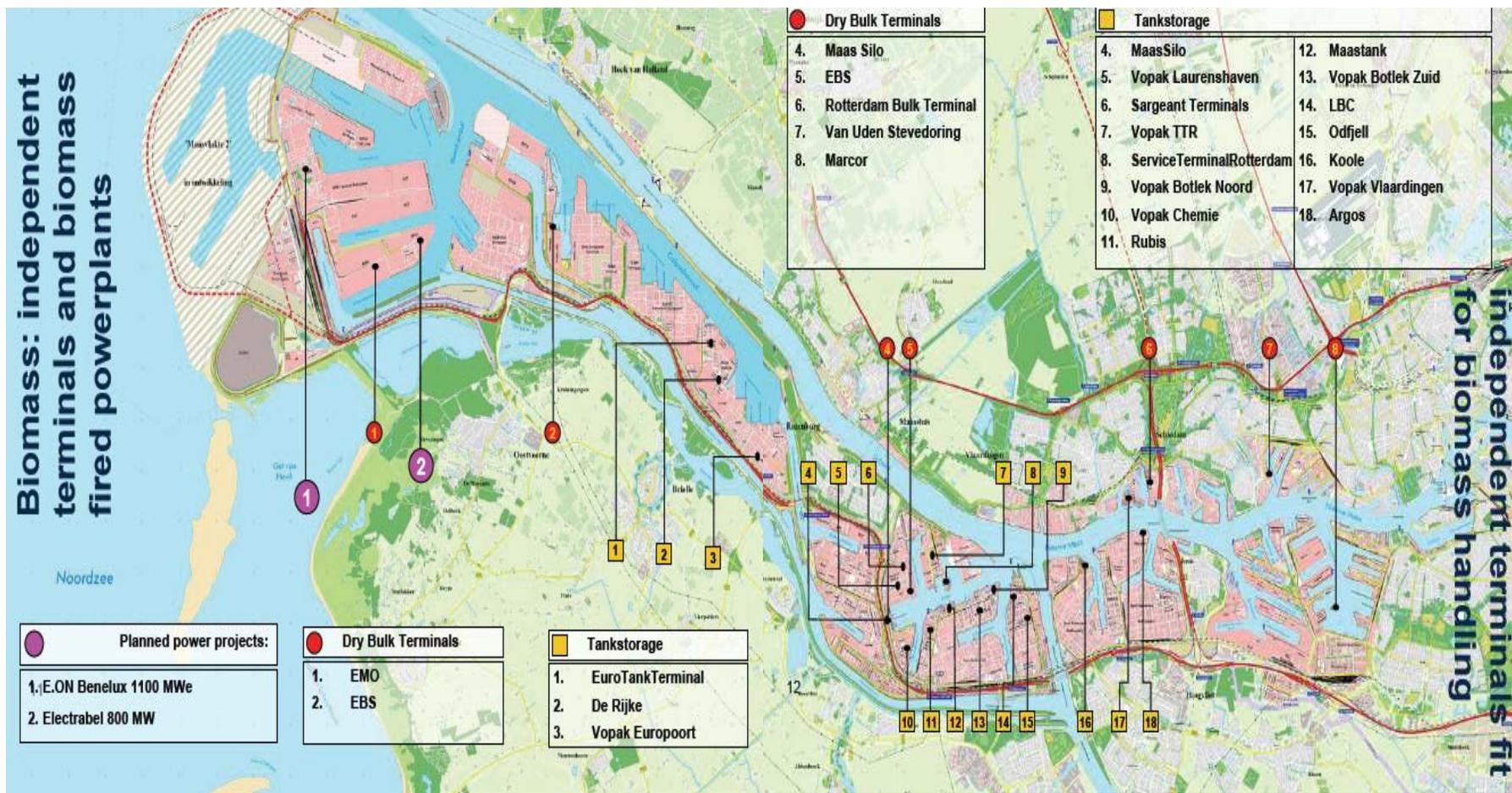
Demanda Energética

1. Campanha Européia para a Energia Sustentável (implementação no período 2005–2008). Com orçamento de € 3,7 milhões, essa campanha tem como objetivo dar suporte a ações e parcerias que ampliem o comprometimento de políticos e

cidadãos em relação às tecnologias e políticas voltadas às energias sustentáveis. O mecanismo visa promover o programa *'Intelligent Energy - Europe'*.

Tal posição foi reforçada em Dezembro de 2008, durante a décima quarta Conferência das Partes (COP-14), em Póznán, na Polónia, quando a União Europeia assumiu o compromisso de que as fontes renováveis de energia representarão 20% de sua matriz energética em 2020, já sinalizando metas para o segundo período de compromisso do Protocolo de Quioto, a partir de 2012 (European Commission, 2007).

Evidências de que a União Europeia pretende ampliar a participação dos biocombustíveis em sua matriz energética são os investimentos em logística para o recebimento de bioenergéticos, seja na forma de biocombustíveis líquidos, como etanol, óleo vegetal e biodiesel, como também de biocombustíveis sólidos, como resíduos *in natura* e processados como pellets. Os investimentos previstos no porto de Rotterdam, na Holanda, para recebimento de biomassa em larga escala, são um indicativo da percepção dos negócios que estão associados ao uso de biomassa. Os planos incluem o recebimento e a conversão de biomassa na área portuária, com geração de eletricidade e produção de combustíveis líquidos. Um esquema do porto com indicação dos investimentos previstos é apresentado na Figura 13.



Fonte: Essen (2007).

Figura 13: Esquema do porto de Rotterdam, com indicação das áreas previstas para instalação de duas termoelétricas (em roxo), com capacidade total de 1,9 GW, e os locais de recebimento da biomassa sólida (em vermelho).

Já em 2006, os recém inaugurados terminais movimentaram quase 500.000 toneladas de biomassa de origem florestal (ESSEN, 2007).

Os pellets que chegam ao porto de Rotterdam são originários principalmente da América do Norte (e nesse caso quase que totalmente do Canadá), mas também da África do Sul, e da América do Sul, de países como Chile e Brasil (Van der Staaij, 2005). Mais recentemente, os Estados Unidos passaram a ser grande produtor e exportador de pellets.

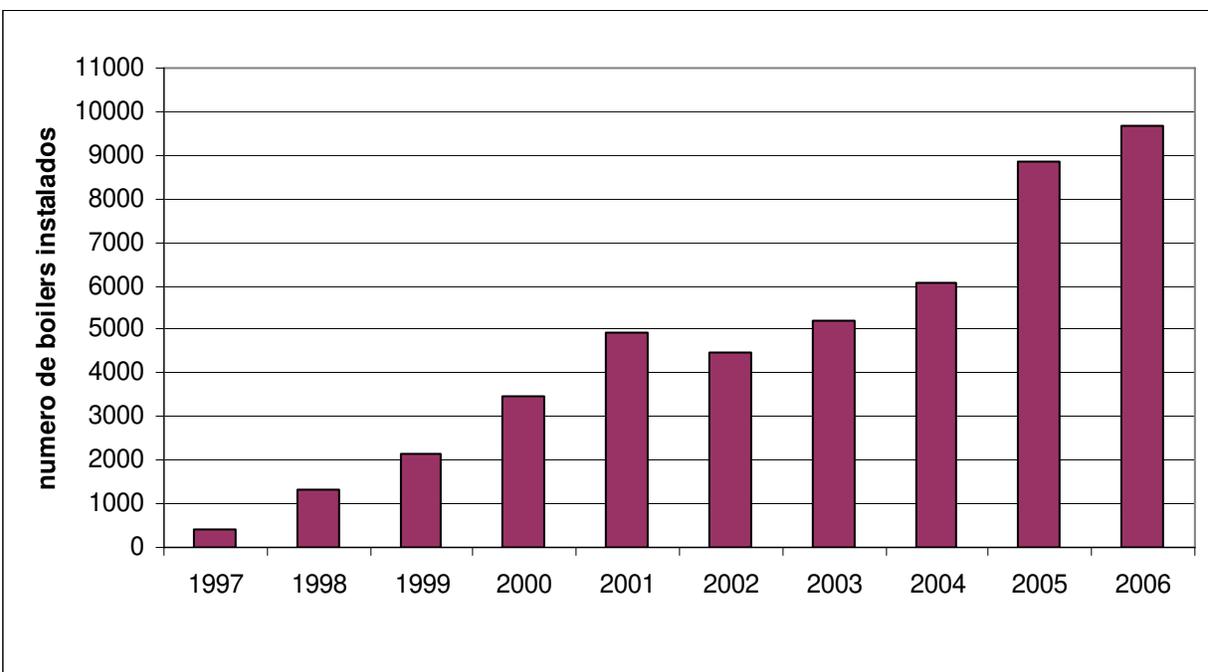
2.4 O Uso de Pellets Combustíveis na Europa

Como citado anteriormente, o mercado de pellets combustíveis na Europa é recente e, por isso, as informações sobre preços são escassas.

Também como mencionado anteriormente, o mercado de pellets combustíveis pode ser dividido em dois segmentos preferenciais, o uso residencial e o uso industrial, aí incluído o uso em termoelétricas. Em ambos segmentos os pellets concorrem com combustíveis tradicionais, geralmente derivados de fontes fósseis, como o óleo combustível, o gás natural, o carvão mineral e, no caso da calefação, a energia elétrica. De forma a melhor compreender o mercado de pellets em relação aos demais combustíveis, a análise que segue é feita separadamente para cada segmento.

No caso do setor residencial, os pellets competem diretamente com o óleo combustível, o gás natural e a energia elétrica, em usos finais que são o aquecimento de água e a calefação. Nesses usos finais, os três energéticos atendem mais de 90% das residências europeias, com destaque para o gás natural, que é fonte de energia para aquecimento de 84% das residências Holandesas, 71% das Britânicas, 48% das Italianas, 37% das Alemãs e 30% das Francesas. O óleo combustível é utilizado em 23% e 28% das residências na Dinamarca e Irlanda, respectivamente. Já a eletricidade atende 23% e 19% da demanda energética de aquecimento residencial na Finlândia e na Suécia, respectivamente (European Commission for Energy and Transport, 2002). Nos casos da Finlândia e da Suécia, a biomassa é importante combustível no aquecimento residencial, atendendo quase 10% das habitações. Também vale destacar a significativa tendência de substituição do óleo combustível e do carvão mineral pelo gás natural, nos últimos 30 anos, em vários países Europeus.

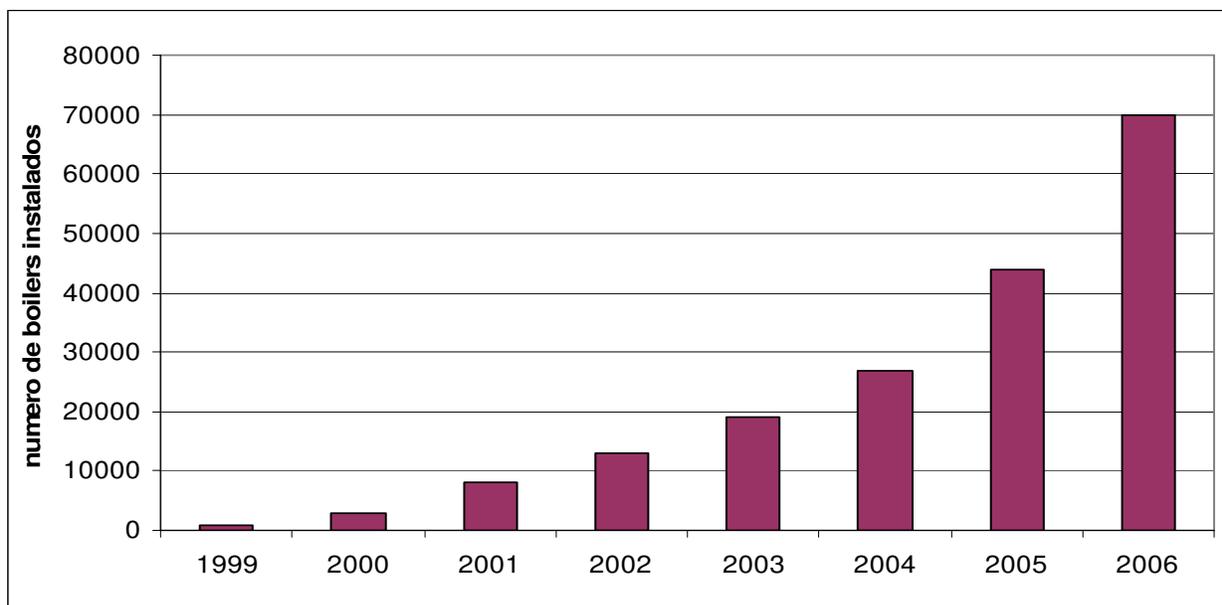
Uma das dificuldades para o início do uso dos pellets como combustível está no fato de o usuário ter de adquirir equipamentos específicos. No caso dos pellets, esses equipamentos podem ser fornos (“*stovens*”) ou caldeiras (“*boilers*”) (ver ilustrações nas Figuras 3 e 4), e em ambos os casos a garantia de suprimento dos pellets e preços competitivos são fundamentais para que o investimento seja feito. Assim, o que tem ocorrido em alguns países, como Áustria e Alemanha, é o incentivo fiscal por parte dos governos para que a população substitua seus sistemas convencionais de aquecimento, normalmente a base de óleo, pelos aquecedores que usam pellets. Nas Figuras 14 e 15 são apresentadas informações sobre o número de caldeiras (“*boilers*”) instalados na Áustria e na Alemanha, em anos recentes.



Fonte: Rakos (2007)

Figura 14: Número de “*boilers*” para uso de pellets instalados na Áustria.

A Áustria foi pioneira no uso do pellets para aquecimento d'água em residências e, em 2005, a instalação anual de “*boilers*” a pellets já havia superado em número às unidades a óleo.

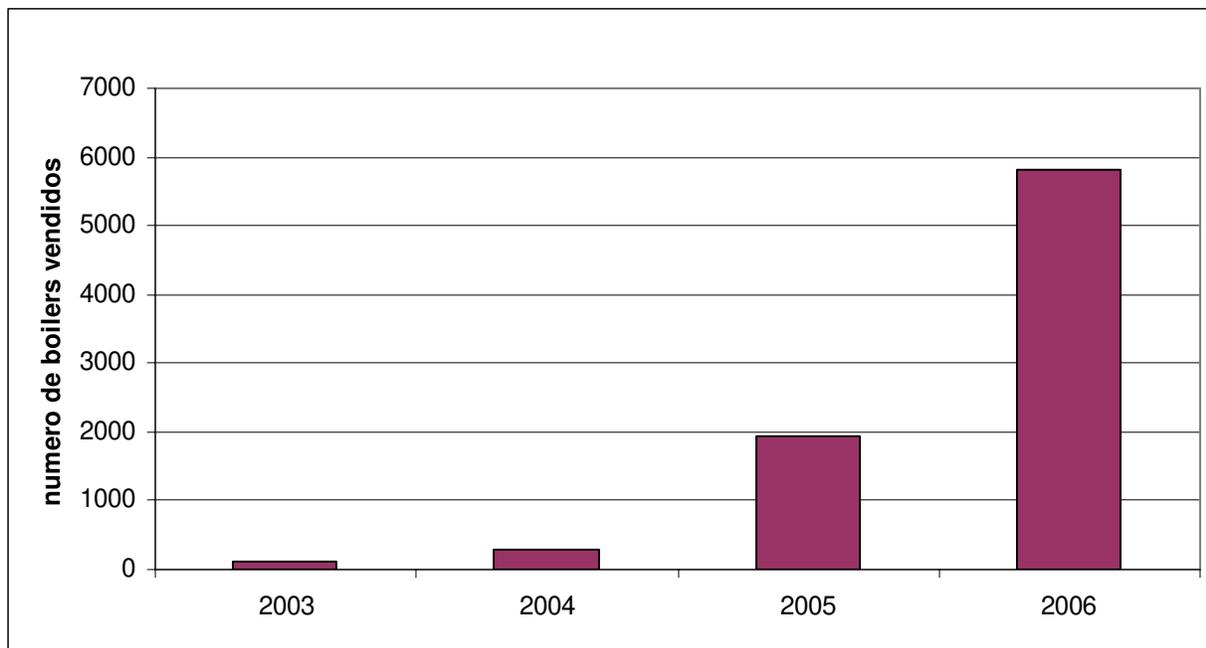


Fonte: European Pellets Center (2007).

Figura 15: Número de “boilers” de pellets instalados na Alemanha.

Outro importante mercado para pellets combustível é a Itália, que é o maior mercado de fornos a pellets na Europa, principalmente nos sistemas de aquecimento central. As vendas de aquecedores a pellets nesse país foram estimadas em 100.000 unidades somente em 2006 (Rakos, 2007). Aspecto interessante do mercado Italiano de pellets combustível é o fato do país possuir uma produção pouco significativa frente à demanda; a Itália é, portanto, um dos maiores importadores do produto na Europa.

A França também tem mercado bastante promissor, fruto principalmente das políticas de incentivo fiscal e das campanhas de fomento ao uso de biomassa. As condições favoráveis têm refletido nas vendas de aquecedores d'água que queimam pellets. Como pode ser visto na Figura 16, as vendas anuais são bastante menores do que na Áustria e na Alemanha, mais cresceram significativamente em poucos anos.



Fonte: Rhone-Alp Energie, em Rakos (2007)

Figura 16: Número de “*boilers*” para queima de pellets instalados na França, entre 2003 e 2006.

Apesar das flutuações dos preços dos pellets, de certa insegurança quanto ao suprimento e de reações contrárias dos setores que usam os resíduos de madeira como matéria prima, os pellets têm tido consumo crescente no mercado residencial. Uma das principais motivações está na elevação dos preços do óleo combustível para uso residencial, como pode ser visto na Tabela 1. Os países em destaque são os principais consumidores de pellets em aquecimento residencial.

Tabela 2: Evolução dos preços médios do óleo combustível para aquecimento residencial (preço em Euros por 1.000 litros, entregue na residência e incluindo impostos).

	2002		2006		€/GJ*
	JAN- JUN	JUL- DEZ	JAN- JUN	JUL- DEZ	2006(JUL- DEZ)
Bélgica	273,0	283,4	549,4	600,0	15,51
República Tcheca	..	..	610,7	670,4	17,33
Dinamarca	664,9	682,0	1002,4	1077,3	27,85
Alemanha	312,9	349,7	587,7	652,0	16,86
Estônia	339,0	368,8	584,8	656,5	16,97
França	314,1	343,7	632,4	673,3	17,41
Itália	816,0	826,3	1102,1	1153,2	29,81
Chipre	..	..	720,3	839,8	21,71
Letônia	..	..	600,6	658,1	17,01
Lituânia	..	..	521,3	570,3	14,74
Luxemburgo	260,0	287,0	504,0	570,3	14,74
Hungria	..	..	1019,6	1049,0	27,12
Holanda	552,0	571,0	854,0	929,0	24,02
Áustria	371,7	371,6	644,8	727,9	18,82
Polônia	..	..	600,8	652,1	16,86
Portugal	359,0	..	649,0	709,0	18,33
Suíça	..	..	583,8	648,5	16,77
Eslovênia	..	..	583,5	654,6	16,92
Finlândia	334,0	348,0	621,0	709,9	18,35
Suécia	648,4	657,6	992,5	1074,4	27,78
Reino Unido	251,9	279,6	538,7	599,2	15,49
Noruega	634,0	713,0	..	..	..

Fonte: Adaptado de Eurostat (2007)

* 1000 litros de óleo = 38,68 GJ

Conforme pode ser visto na Tabela 2, alguns dos países nos quais o consumo de pellets em aquecimento residencial é significativo (e.g., Itália, Suécia e Dinamarca) são também países nos quais o preço do óleo combustível é elevado. Por outro lado, também pode ser visto na mesma tabela que os preços do óleo para o consumidor residencial na Áustria e na Alemanha não estão entre os mais altos na Europa, o que indica que há outros fatores indutores da demanda de pellets.

Na Tabela 3 é apresentada a evolução das tarifas residenciais de energia elétrica em países da União Européia. Pode-se igualmente observar que em países nos quais o consumo de pellets é mais significativo, as tarifas elétricas são igualmente maiores (e.g., Dinamarca e Itália), mas

também há exceções, como Áustria e Suécia. Se comparados os custos do serviço energético (i.e., aquecimento residencial), a energia elétrica é a alternativa mais cara em relação às alternativas convencionais. A energia elétrica é também a alternativa menos eficiente, consideradas as perdas e as emissões em todo o ciclo de vida, uma vez que a eletricidade na Europa é majoritariamente gerada em termoelétricas.

Tabela 3: Evolução das tarifas médias residenciais em países europeus, incluindo impostos (Euros/MWh). Os países em destaque são os principais consumidores de pellets em aquecimento residencial.

	2002	2005	2006	Variã o 2005- 2006(%)	€/GJ* (2006)
EU-25	..	13,54	14,16	4,6	3,93
EU-15	13,36	13,85	14,44	4,3	4,01
Bélgica	13,94	14,81	14,42	-2,6	4,01
República Tcheca	7,83	8,68	9,85	13,5	2,74
Dinamarca	22,02	22,78	23,62	3,7	6,56
Alemanha	16,7	17,85	18,32	2,6	5,09
Estônia	10,47	10,97	11,47	4,6	3,19
França	11,65	11,94	12,05	0,9	3,35
Itália	19,01	19,7	21,08	7	5,86
Chipre	9,29	10,74	14,31	33,2	3,98
Letônia	..	8,28	8,29	0,1	2,30
Lituânia	..	7,18	7,18	0	1,99
Luxemburgo	12,91	14,78	16,03	8,5	4,45
Hungria	8,09	10,64	10,75	1	2,99
Holanda	16,6	19,55	20,87	6,8	5,80
Áustria	13,39	14,13	13,4	-5,2	3,72
Polônia	10,66	10,64	11,9	11,8	3,31
Portugal	12,86	13,81	14,1	2,1	3,92
Suíça	10,29	10,33	10,49	1,5	2,91
Eslovênia	..	13,38	14,48	8,2	4,02
Finlândia	9,36	10,57	10,78	2	2,99
Suécia	11,33	13,97	14,35	2,7	3,99
Reino Unido	10,83	8,77	10,2	16,3	2,83
Bulgária	..	6,44	6,6	2,5	1,83
Romênia	..	7,49	10,23	31,3	2,84
Noruega	12,95	15,71	15,33	-2,4	4,26

Fonte: Adaptado de Eurostat (2007)

* 1 MWh = 3,6 GJ

A análise dos preços do gás natural ao consumidor residencial, apresentados na Tabela 4, também permite a conclusão de que os preços são altos nos países nos quais o consumo de pellets é mais importante. No caso do gás natural não há exceções, e os preços são altos, ou mais altos do que a média, em todos os países nos quais o consumo residencial de pellets é significativo.

Tabela 4: Evolução dos preços médios do gás natural para consumo residencial, inclusive com impostos, nos anos de 2002, 2005 e 2006 (Euros/GJ). Em destaque os principais países consumidores de pellets para aquecimento residencial.

	2002	2005	2006	Varição 2005- 2006(%)
EU-25	..	11,26	13,02	15,6
EU-15	11,43	11,68	13,42	14,9
Bélgica	10,51	11,16	13,5	21,0
República Tcheca	7,08	7,49	10,03	33,9
Dinamarca	17,98	28,44	29,82	4,9
Alemanha	11,85	13,56	15,98	17,8
Estônia	12,14	11,9	13,63	14,5
França	10,81	10,57	12,72	20,3
Itália	17,15	15,34	16,02	4,4
Letônia	..	4,54	5,34	17,6
Lituânia	..	5,41	6,24	15,3
Luxemburgo	7,04	8,14	10,33	26,9
Hungria	4,35	6,19	7,4	19,5
Holanda	11,55	15,17	16,92	11,5
Áustria	11,84	13,36	15,65	17,1
Polônia	8,1	7,55	9,46	25,3
Portugal	13,85	12,34	14,52	17,7
Suíça	9,81	10,33	12,99	25,8
Eslovênia	..	8,14	10,88	33,7
Finlândia	..	..	..	..
Suécia	17,26	22,18	25,95	17,0
Reino Unido	6,97	7,26	8,24	13,5
Bulgária	..	6,73	7,7	14,4
Romênia	..	4,79	5,52	15,2

Fonte: Adaptado de Eurostat (2007)

Estudo feito pela Eubionet 2 (Biomass Fuel Trade in Europe, 2007), permite a comparação de preços de diferentes energéticos em alguns países europeus. Na Tabela 5, os

pellets correspondem a “combustível de madeira”, exceto no caso da Bélgica, em que na mesma categoria é apresentado o preço médio de pellets e briquetes. O termo “outras biomassas”, por sua vez, faz referência à biomassa residual de culturas agrícolas. Pode-se ver na Tabela 5 que, em países nos quais o consumo de pellets é importante no setor residencial (e.g., Áustria, Alemanha e Dinamarca, em destaque), o preço dos pellets é menor do que o de energéticos concorrentes.

Tabela 5: Comparação de preços no varejo (sem impostos) de diferentes combustíveis em alguns países da União Européia (€/GJ), em junho de 2006.

Preço no varejo	Resíduo floresta	Subproduto industrial	Lenha	Madeira picada	Combustível de madeira (pellets)	Outras biomassas	Óleo combustível leve	Gás natural	Carvão mineral
Áustria	3,78	6,5	8,06	18,04	12,45	N.A	13,3	16,0	20,9
Bélgica	N.A	9,47	8,59	N.A	11,52	N.A	13,94	12,95	9,8
Dinamarca	4,0	3,32	15,89	N.A	13,43	3,9	24,33	25,05	23,52
Finlândia	4,2	4,2	9,14	13,6	10,5	N.A	19,5	6,3	3,3
Alemanha	2,79	1,82	4,86	4,86	11,56	3,94	16,08	14,37	9,23
Grécia	N.A	0,74	8,39	8,82	22,65	27,53	13,76	12,03	N.A
Holanda	N.A	N.A	N.A	N.A	18	N.A	18,61	17,44	N.A
Espanha	N.A	N.A	N.A	N.A	15,86	5,13	7,8	12,5	N.A
Suécia	3,9	3,54	2,95	6,54	N.A	2,47	22,66	28,59	N.A
Reino Unido	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	7,53	N.A
Média	3,73	4,23	8,27	10,41	14,5	8,59	16,66	15,28	13,35

Fonte: Eubionet 2 - Biomass Fuel Trade in Europe (2007)

NA = informação não disponível

Pode-se observar na Tabela 5 que, entre todas as biomassas, os pellets têm os maiores preços na maioria dos casos, o que explica sua menor utilização como combustível industrial. Combustíveis mais baratos do que aqueles anteriormente mencionados não podem ser utilizados no setor residencial, para uso em aquecimento, por restrições ambientais, dificuldade de armazenamento ou dificuldade de manipulação.

O preço médio dos pellets na Suécia, em Junho de 2006, não é apresentado na Tabela 5. Houve um erro na coleta de dados e a informação foi perdida. Entretanto, tomando os preços médios em 2005, conclui-se que o preço dos pellets (€ 12,72/GJ) era significativamente mais baixo do que o preço do óleo e do gás natural (26,99 e 22,89 €/GJ, respectivamente).

Na Tabela 6 é apresentada a fração da energia consumida em aquecimento no setor residencial, por fontes de energia, nos países nos quais o consumo do pellets é mais importante. Em vários países europeus o consumo de energia em calefação representa pelo menos 70% do consumo energético total em residências. Na Áustria e na Alemanha a parcela do óleo e do gás natural consumido em calefação é significativa, e o uso elétrico em calefação é pequeno. Já na Suécia, por exemplo, o consumo de eletricidade em calefação é significativo.

Tabela 6: Parcela do consumo de energia residencial, por combustível ou fonte, que é utilizada em aquecimento residencial nos principais países consumidores de pellets da União Européia.

Combustíveis	Dinamarca	Alemanha	Itália	Áustria	Suécia
	Residencial				
Óleo combustível	81%	91%	94%	93%	61%
Gás natural	77%	85%	80%	76%	67%
Eletricidade	18%	18%	3%	16%	38%
Combustível sólido	87%	94%	87%	94%	0%
Madeira	87%	87%	-	91%	67%
GLP & Gás manufacturado	60%	24%	61%	93%	61%
Aquecimento distrital	81%	89%	0%	81%	56%
Outros combustíveis	81%	0%	93%	58%	0%
Todos os combustíveis	67%	77%	68%	74%	51%

Fonte: Eurostat (2007)

Já havia sido comentado anteriormente que o maior consumo de pellets combustível na Europa ocorre em instalações termoelétricas que operam em sistemas "*co-firing*". Em função da escala do consumo, para essa finalidade os preços da biomassa são menores do que os preços no mercado varejista, para uso residencial (Alakangas, *et al.* 2007).

Na Tabela 7 são apresentados os preços de diferentes energéticos, por unidade de energia e em vários países, utilizados em termoelétricas. Na tabela são destacados os preços dos pellets nos três países que mais utilizam esse energético em sistemas "*co-firing*".

Tabela 7: Preço pago pelas termoelétricas para diferentes combustíveis (Euro/GJ), junho de 2006.

	Resíduo florestal	Subproduto industrial	Lenha	Combustível de madeira (pellets)	Outras biomassas	Óleo pesado	Óleo leve	Gás natural	Carvão mineral
Áustria	5,3	4	N.A	9,7	N.A	6,5	N.A	11,52	N.A
Bélgica	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	8,68	N.A
Rep. Tcheca	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	30,69	23,1	N.A	N.A
Dinamarca	4,0	3,32	N.A	3,9	3,9	16,99	20,9	16,42	10,46
Finlândia	3,2	3,2	N.A	10,5	N.A	8,49	14,5	7,35	N.A
Alemanha	2,79	1,5	0,52	11,61	3,94	2,55	5,87	3,8	1,41
Grécia	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	13,8	12,03	N.A
Holanda	N.A	3,5	3,5	6	6,95	N.A	18,6	8,52	2,03
Espanha	N.A	N.A	N.A	11,76	5,13	10,57	7,8	6,8	N.A
Suécia	4,27	3,67	4,47	6,26	4,27	N.A	22,7	28,59	N.A
Inglaterra	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	6,6	N.A	6,56	2,1
Media	3,91	3,2	2,83	8,53	4,84	11,77	15,9	11,03	4

Fonte: EUBIONET 2 (2007)

No caso da quase totalidade dos sistemas "*co-firing*", na Europa, o combustível principal é o carvão mineral. No caso da Dinamarca, em função da política de preços adotada, os pellets custam menos do que o carvão mineral por unidade de energia, mas o mesmo não é verificado na Holanda. Portanto, no caso da Holanda, a decisão de ter sistemas "*co-firing*" não se deve à relação de preços, mas sim ao fato de que esse é um dos caminhos seguidos para a redução das emissões de GEE. Nesse caso, o incentivo ao uso da biomassa vem da remuneração da eletricidade gerada, que é maior quando ocorre em sistemas "*co-firing*". Tampouco são os pellets a biomassa de menor custo, mas sim os mais adequados para a queima em conjunto com o carvão mineral. O aporte da biomassa, na forma de pellets, em geral corresponde a 5% do aporte energético total.

2.5 Especificações técnicas para a comercialização do produto

Exceto a Áustria, Suécia, Alemanha, Itália e Reino Unido, os demais países europeus não têm definidas especificações técnicas para os pellets. No Reino Unido não há propriamente a definição de um padrão, mas sim um código de boas práticas. As principais especificações dos países acima mencionados referentes ao pellets são comparadas na Tabela 8. Como pode ser

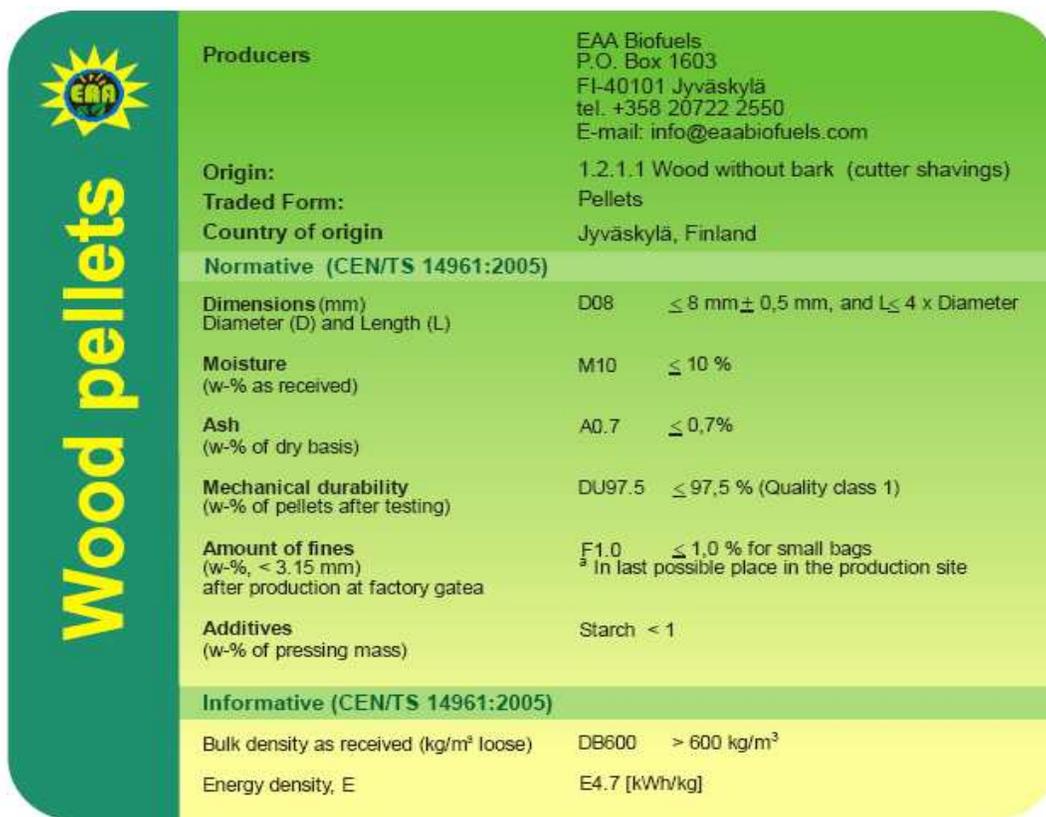
visto, há diferenças até significativas entre os países; as especificações na Alemanha são mais rigorosas quanto à composição, uma vez que são especificados teores máximos para diferentes metais pesados (e.g., cádmio, cobre, zinco, mercúrio, chumbo, dentre outros). Esses limites não estão apresentados na Tabela 8. Aguarda-se a definição de um padrão único para toda a União Européia. Em 2007 estimava-se que as normas e as informações devam ser apresentadas de acordo com a CEN/TS 14961: 2004 “Annex A” - *Solid biofuels - fuel specifications and classes*". Na Figura 17 é reproduzida uma etiqueta com as informações que são apresentadas ao consumidor, na Finlândia, seguindo o padrão definido para essa norma.

Tabela 8: Especificações para os pellets em alguns países europeus.

Especificação	Áustria ONORM M7135	Suécia SS 18 71 20	Alemanha DIN 51731/DIN plus	Itália CTI- R04/5	Reino Unido British Biogen
	Holzpresslinge	Grupo 1	HP5	A	Pellets combustível prêmio
Tamanho	Pellets 4-20 mm ø max. 100 mm	max. 4mm ø**	0,4-1cm ø	6-8mm	< 4mm-20mm
Densidade granel		≥ 600 kg/m ³ **		620 - 720 kg/m ³	> 600 kg/m ³ **
Finos em % < 3 mm		≤ 0,8			< 0,5%
Umidade	≤ 12%	≤ 10%	< 12%	≤ 10%	≤ 10%
Conteúdo de cinzas	≤ 0,5%*	≤ 0,7%	< 1,5%	≤ 0,7%	< 1%, < 3% ou 6 %
Poder calorífico	≥ 18,0 MJ/kg*	≥ 16,9MJ/kg	17,5-19,5 MJ/kg ***	≥ 16,9 MJ/kg	> 4,7kWh/kg
Nitrogênio	≤ 0,3%*		< 0,3%	≤ 0,3%	
Aditivos	max.2% apenas natural	a ser definido		não há	

Fonte: Adaptado de Brigitte Hahn (2004)

* base seca; ** na fábrica; *** sem cinzas e água



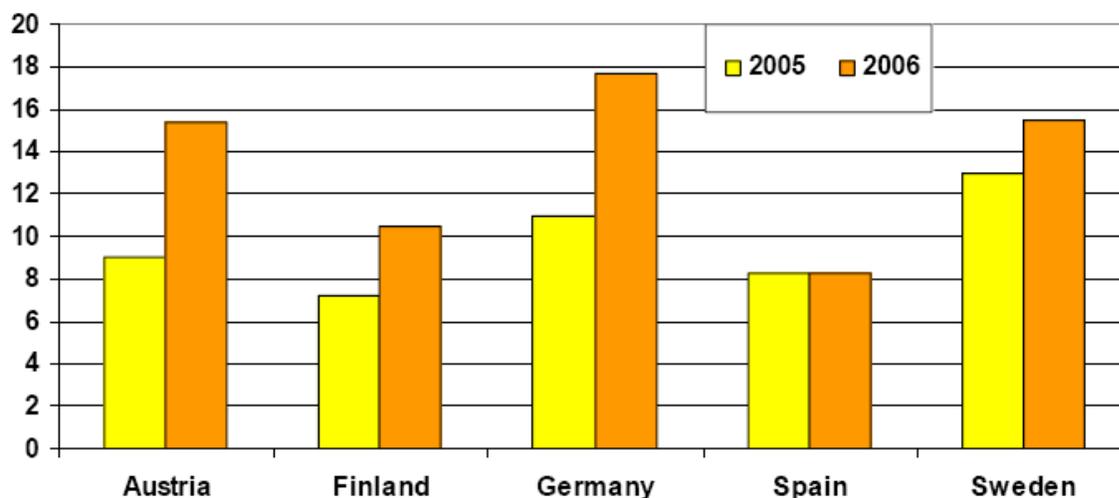
Producers	EAA Biofuels P.O. Box 1603 FI-40101 Jyväskylä tel. +358 20722 2550 E-mail: info@eaabiofuels.com	
Origin:	1.2.1.1 Wood without bark (cutter shavings)	
Traded Form:	Pellets	
Country of origin	Jyväskylä, Finland	
Normative (CEN/TS 14961:2005)		
Dimensions (mm) Diameter (D) and Length (L)	D08	$\leq 8 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, and $L \leq 4 \times \text{Diameter}$
Moisture (w-% as received)	M10	$\leq 10 \%$
Ash (w-% of dry basis)	A0.7	$\leq 0,7\%$
Mechanical durability (w-% of pellets after testing)	DU97.5	$\leq 97,5 \%$ (Quality class 1)
Amount of fines (w-%, < 3.15 mm) after production at factory gate	F1.0	$\leq 1,0 \%$ for small bags ^a In last possible place in the production site
Additives (w-% of pressing mass)	Starch < 1	
Informative (CEN/TS 14961:2005)		
Bulk density as received (kg/m³ loose)	DB600	> 600 kg/m ³
Energy density, E	E4.7 [kWh/kg]	

Fonte: Eubionet 2/ Alakangas (2007)

Figura 17: Etiqueta para apresentação das informações do pellets ao consumidor na Finlândia

2.6 Preços dos pellets na Europa

Na Europa, em anos recentes, os preços dos pellets variaram bastante de país para país, e também de acordo com a estação do ano. Os fatores determinantes do comportamento dos preços são: i) a disponibilidade interna de matéria prima; ii) severidade e duração das estações frias; iii) logística da biomassa; iv) tradição e/ou penetração dos pellets em relação aos seus substitutos; e v) políticas de incentivo em cada país. A tendência geral tem sido de elevação dos preços por unidade de energia (€/GJ), conforme pode ser observado na Figura 18.



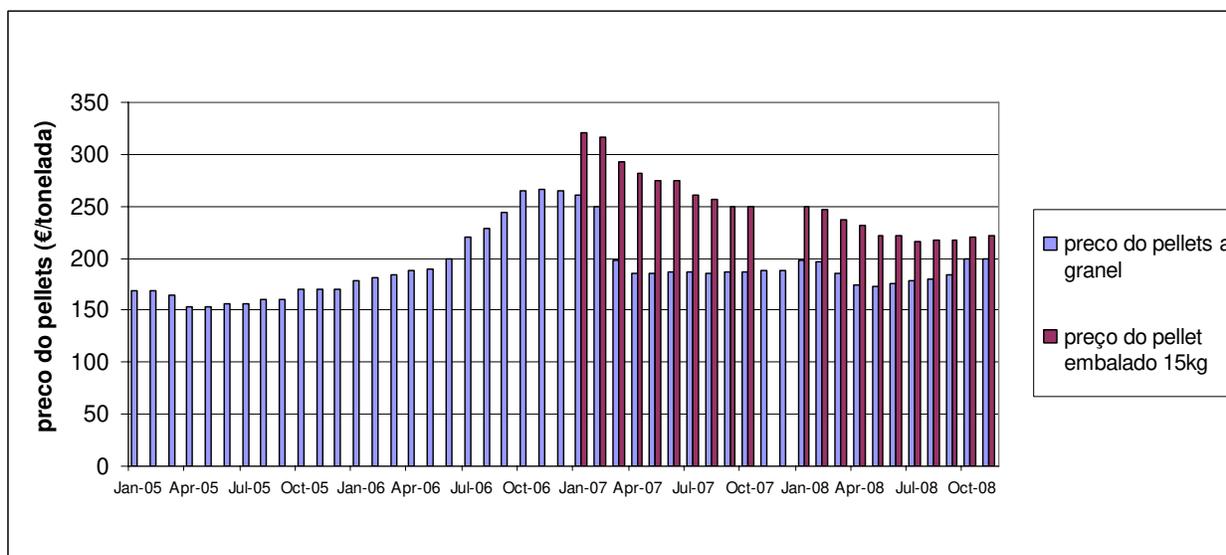
Fonte: Alakangas / EUBIONET 2 (2007)

Figura 18: Evolução dos preços dos pellets de madeira (€/GJ) em países com expressivo mercado, entre 2005 e 2006.

A título de comparação, no mesmo período (i.e., entre o começo de 2005 e o final de 2006) o preço CIF do barril do petróleo na Europa subiu de US\$ 40 (algo como 7 US\$/GJ) para mais de US\$ 70 (acima de 12 US\$/GJ) no segundo semestre de 2006, regredindo em seguida para próximo dos US\$ 60 (aproximadamente de 10,5 US\$/GJ) no final daquele ano (IEA - Oil Market Report, 2008).

Informações mais detalhadas sobre a evolução de preços dos pellets nos países europeus principais consumidores são apresentadas nas Figuras 19 a 25. Como o mercado de pellets é ainda bastante recente, há restrições relativas a essas informações. O que é apresentado a seguir é a informação mais recente que pode ser obtida em bases de dados públicos.

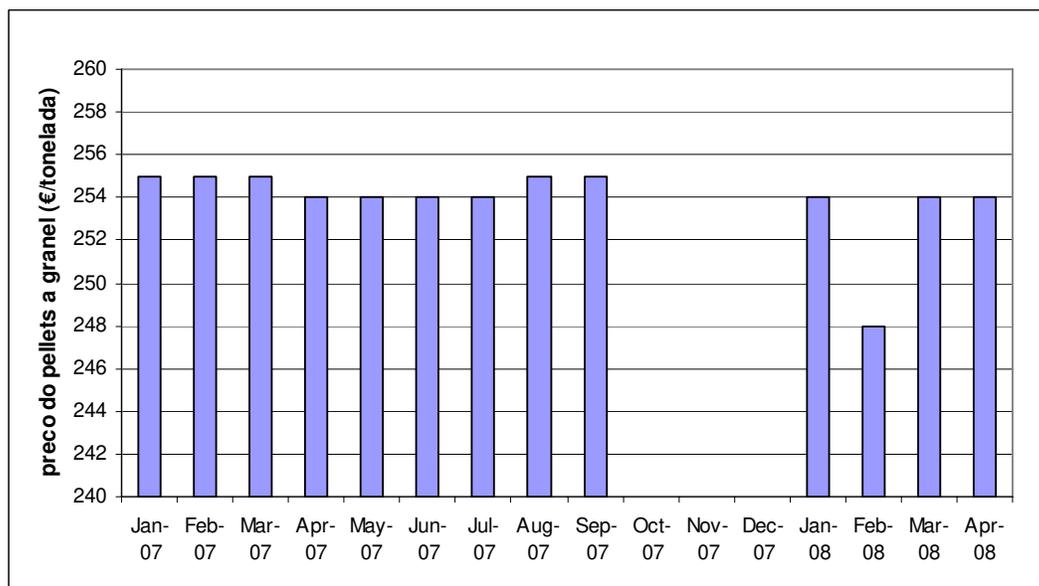
a) Áustria – os preços apresentados na Figura 19, para o período Janeiro de 2005 a Novembro de 2008, são de pellets para consumo residencial, comercializados a granel e com o produto ensacado. No inverno de 2006-2007 houve significativa elevação dos preços, que em seguida se estabilizaram.



Fonte: Pellets Atlas Project (2008)

Figura 19: Evolução do preço dos pellets para consumo residencial, com venda a granel a partir de 6 toneladas e ensacado em embalagens de 15 kg, na Áustria (em €/t), entre 2005 e 2008.

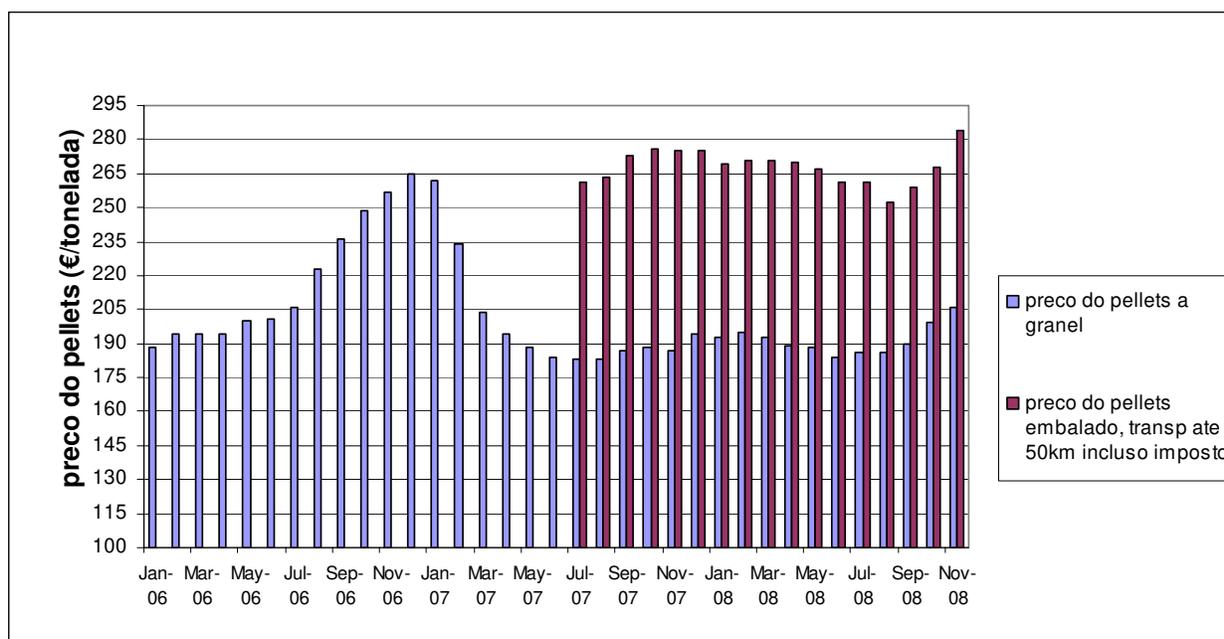
b) Suécia - os preços apresentados na Figura 20 são para pellets consumidos em residências, e comercializados a granel. O período da informação é de Janeiro de 2007 a Abril de 2008, e a série é incompleta.



Fonte: Pellets Atlas Project (2008)

Figura 20: Preço da tonelada de pellets residencial, vendido a granel e para encomendas superiores a 5 t, já inclusos impostos (5%), na Suécia, entre Janeiro de 2007 e Abril de 2008.

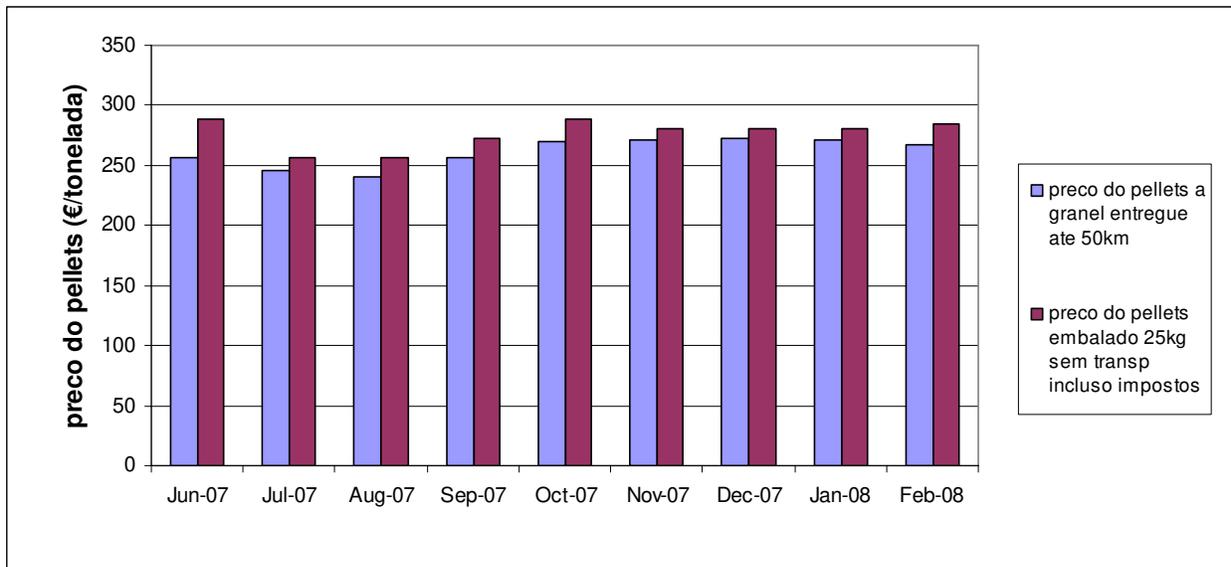
c) Alemanha - os preços apresentados na Figura 21 são também para pellets consumidos em residências, comercializados a granel, para encomendas a partir de 6 toneladas e frete entre 100-200 km de distância, incluindo impostos (7%); também são apresentados preços de pellets embalado e transportado até 50 km de distância. O período de elevação dos preços coincide com a elevação de preços na Áustria. Só há registros de preços para o produto ensacado a partir de Julho de 2007.



Fonte: Pellets Atlas Project (2008)

Figura 21: Evolução do preço de pellets (€/tonelada) para o mercado residencial na Alemanha, vendido a granel e ensacado, entre Janeiro de 2006 e Novembro de 2007.

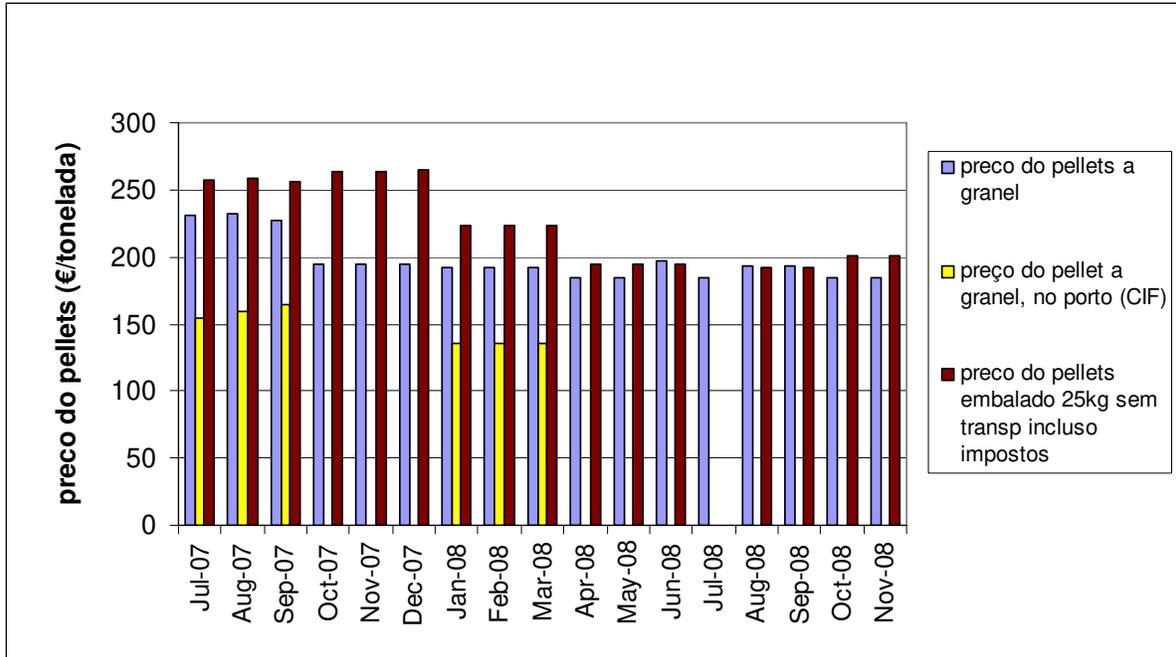
d) Dinamarca – a série de preços apresentada na Figura 22 é curta e para dados mais recentes. Os preços são para o mercado residencial, para venda a granel e em embalagens de 25 kg, sem custo de transporte e com imposto incluso.



Fonte: Pellets Atlas Project (2008)

Figura 22: Preço de pellets por tonelada, para consumo no mercado residencial na Dinamarca, vendido a granel e em embalagens, entre Junho de 2007 e Fevereiro de 2008

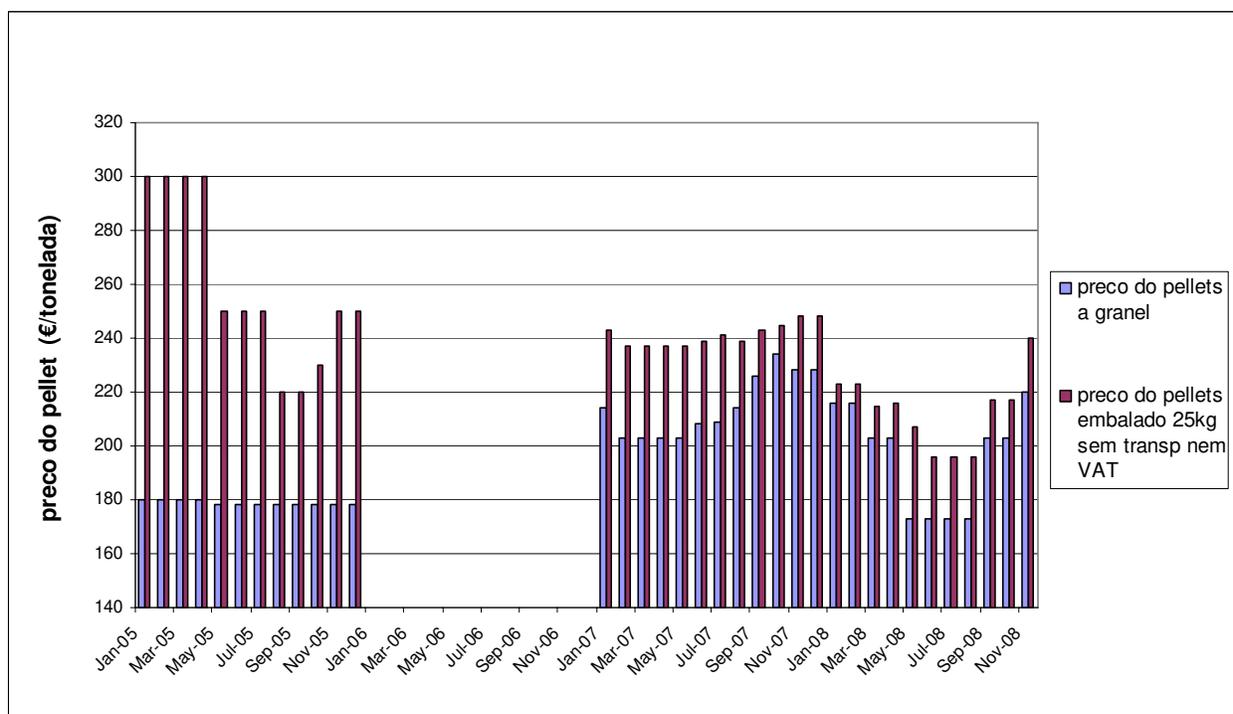
e) Inglaterra – na Figura 23 são apresentados os preços de pellets para consumo no setor residencial, tanto para comercialização a granel quanto em embalagens de 25 kg, bem como para o produto posto no porto, para venda a granel (preço CIF). Os preços são para o período entre Julho de 2007 e Novembro de 2008.



Fonte: Pellets Atlas Project (2008)

Figura 23: Preço da tonelada de pellets para consumo no mercado residencial da Inglaterra, entre Julho de 2008 e Setembro de 2008.

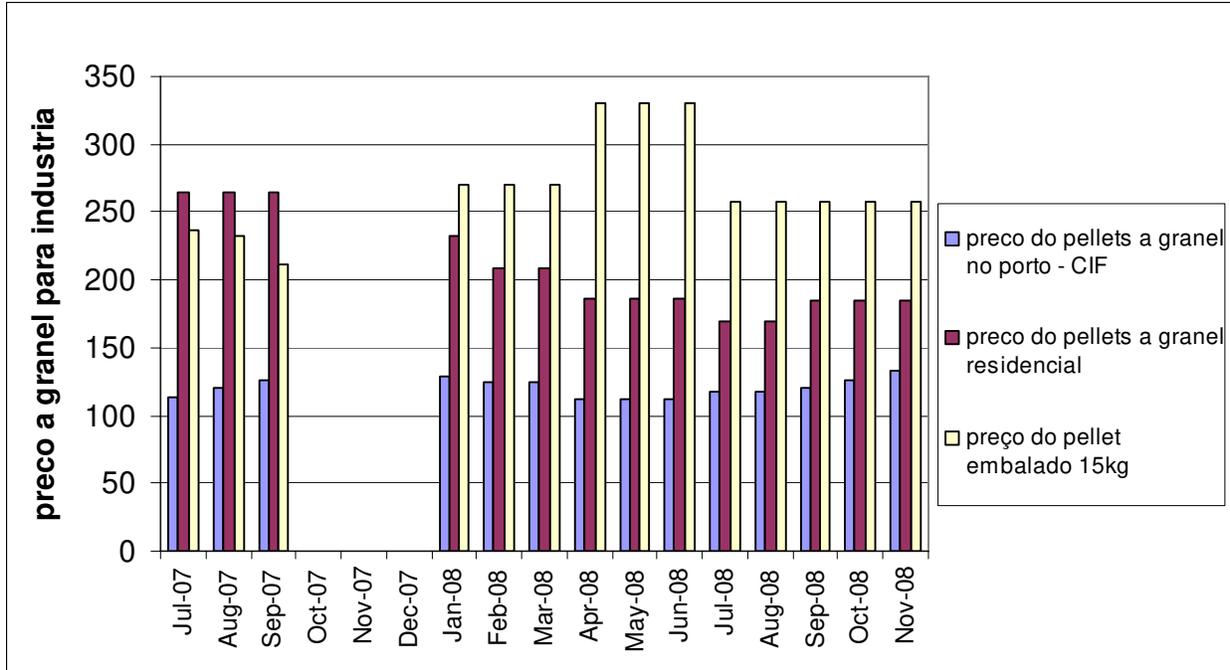
f) Itália – na Figura 24 são apresentados os preços de pellets no mercado residencial, na Itália, tanto para a venda a granel quanto em embalagens de 25 kg. Havia grande diferença de preços em 2005, mas essas diferenças foram reduzidas a partir do fim de 2007.



Fonte: Pellets Atlas Project (2008)

Figura 24: Preço da tonelada de pellets no mercado residencial, vendido a granel e embalado, na Itália, entre Janeiro de 2005 e Outubro de 2008.

g) Holanda – na Figura 25 são apresentados preços de pellets no consumo residencial, tanto para a venda a granel quanto comercializado em embalagens de 15 kg, além do preço posto porto (CIF). A série é incompleta e os preços no inverno de 2007-2008 não foram registrados, mas a tendência indica que os preços subiram nos meses mais frios. No caso da Holanda, observa-se que os preços do pellets ensacado, para consumo no mercado residencial, é quase duas vezes maior que os preços praticados no porto (CIF) quando o destino final é o consumo industrial.



Fonte: Pellets Atlas Project, 2008

Figura 25: Preço da tonelada de pellets a granel e embalado, para consumo residencial, e preços CIF praticados no porto, na Holanda, entre Junho de 2007 e Novembro de 2008.

Capítulo 3

Produção de Pellets no Brasil, para Exportação

Os “pellets” combustíveis podem ser produzidos a partir de diferentes resíduos agrícolas e florestais. Entretanto, os “pellets” de origem florestal, especialmente os produzidos dos resíduos oriundos de florestas de coníferas, atendem mais facilmente algumas propriedades mandatórias européias, como o baixo teor de cinzas (Alakangas, 2007).

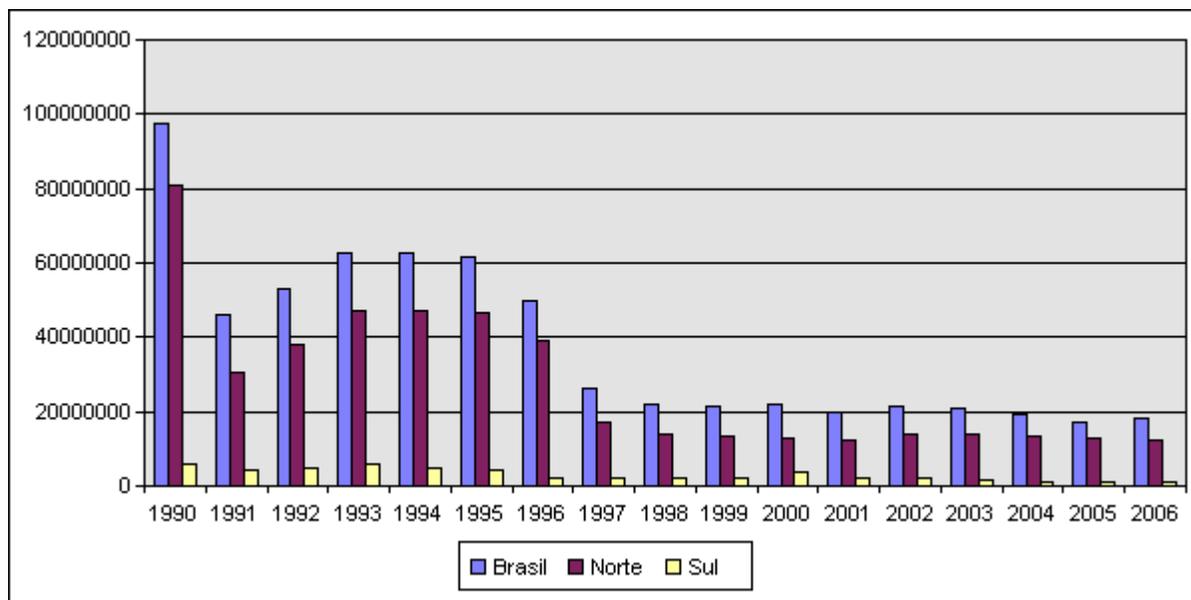
Apesar da vocação brasileira para a produção de biomassa em larga escala, devido ao clima, à disponibilidade de terras agricultáveis e à existência de conhecimento, há restrições para a exportação, principalmente restrições de origem sócio-ambientais, que fazem com que apenas uma parte do potencial possa ser aproveitada, ao menos para a exportação.

Assim como muitos outros produtos primários, os produtos de resíduos de madeira precisam ter seus ciclos de vida monitorados e aprovados para que possam entrar em território europeu. Nesse contexto, o segmento florestal brasileiro vive uma situação peculiar quando comparadas duas regiões bastante distintas, porém com expressiva atividade florestal, as regiões Norte e a Sul.

3.1. Características dos dois principais pólos madeireiros do país

A atividade florestal no Brasil está concentrada em duas regiões: as regiões Sul e Norte. Conforme pode ser visto na Figura 26, o segmento madeireiro na região Norte explora sobretudo a madeira nativa, enquanto na região Sul a atividade está baseada na silvicultura de espécies de rápido crescimento (conforme pode ser visto na Figura 27).

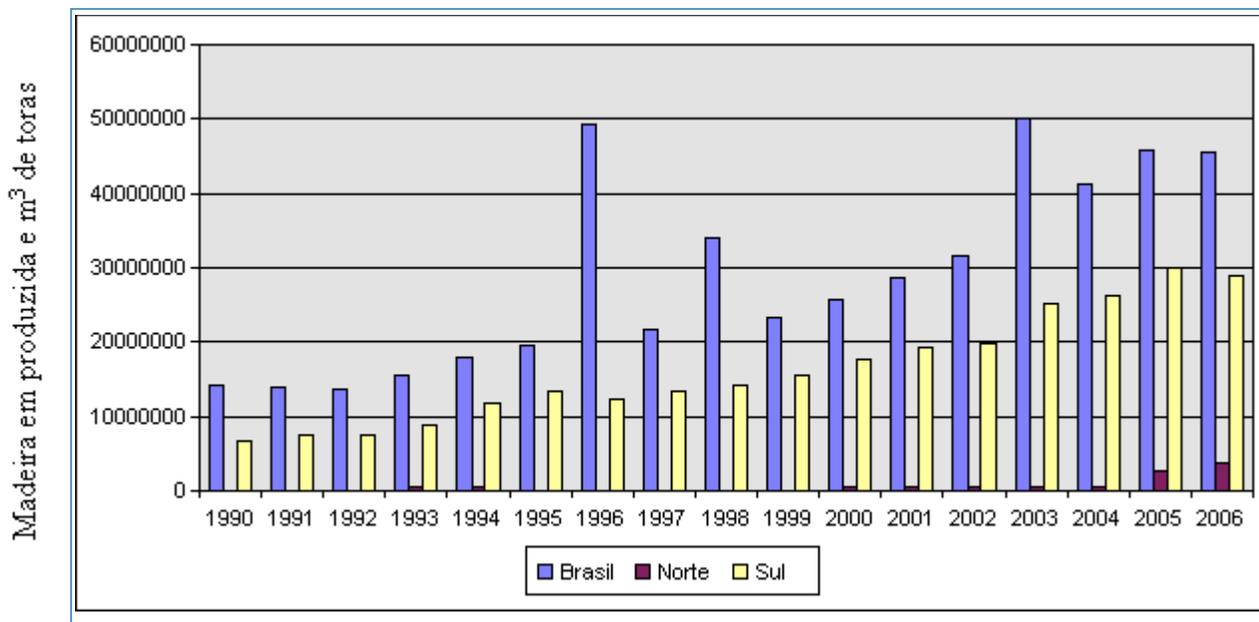
Sendo o segmento de processamento mecânico da madeira o mais representativo no que tange a geração de resíduos ligno-celulósicos adequados à produção de pellets combustível, neste trabalho o foco foi definido no aproveitamento de resíduos da produção de madeira em toras, provenientes de florestas nativas e florestas comerciais (silvicultura). Os dados utilizados são os da base de dados do IBGE.



Fonte: IBGE/SIDRA – Silvicultura (2007)

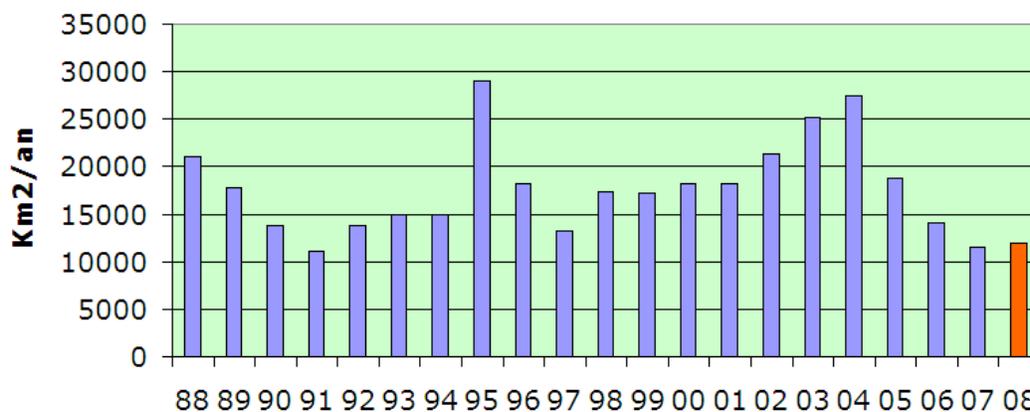
Figura 26: Madeira produzida (m³/ano), excluindo uso para fins de celulose, papel e energia, a partir da extração vegetal no Brasil.

Pode-se observar na Figura 26 uma significativa redução da produção de madeira por atividade extrativa a partir da segunda metade dos anos 1990. Os dados apresentados são oficiais, e uma hipótese é que atividade ilegal tenha crescido a partir da maior fiscalização, uma vez que a taxa de desmatamento não corresponde às taxas de extração vegetal de florestas nativas (ver Figura 28). No período reportado, a atividade extrativa florestal sempre esteve concentrada na região Norte, e tal fato é ainda mais evidente em anos recentes.



Fonte: IBGE/SIDRA – Silvicultura (2007)

Figura 27: Madeira produzida (m³/ano), excluindo uso para fins de celulose, papel e energia, a partir da silvicultura no Brasil



Fonte: INPE/Prodes (2009)

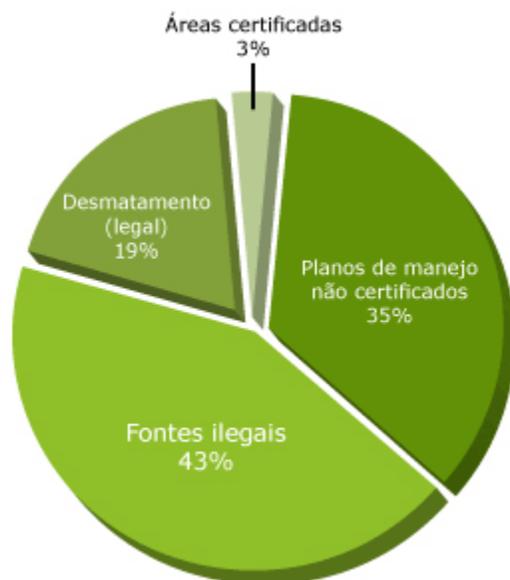
Figura 28: Desmatamento na Amazônia Legal, em km²/ano, entre 1988 e 2008

Já na Figura 27 é observada tendência oposta, ou seja, de crescimento, na média, da atividade florestal baseada na silvicultura. A atividade tem forte concentração na região Sul. Nos últimos anos, no entanto, verifica-se também crescimento da silvicultura na região Norte.

É importante destacar que as informações apresentadas nas Figuras 26 e 27 correspondem apenas à madeira destinada ao processamento mecânico, em serrarias e indústrias de chapas e

compensados. Não estão incluídos nos dados apresentados as produções destinadas à lenha, celulose e carvão vegetal. O segmento de processamento mecânico é o que tem a maior geração de resíduos ligno-celulósicos e, portanto, é justamente aquele que melhor deve ser estudado para produção de pellets.

A respeito do extrativismo, a discrepância entre as duas regiões é evidente, e pode ser explicada tanto pelo gigantesco maciço de floresta tropical existente na região Norte, como pelos pequenos fragmentos de Mata Atlântica remanescentes na região Sul. Tendo em conta os dados oficiais disponibilizados pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB), bem como informações da ONG Imazon que indicam que aproximadamente 43% da madeira produzida na região Norte é proveniente de planos ilegais de desmatamento (ver Figura 29), conclui-se que ao menos metade dessa matéria prima – mesmo que ainda transformada em pellets produzidos a partir de resíduos - teria problemas de rastreabilidade em mercados mais restritivos, como o mercado europeu. E mais, os custos de certificação da outra metade poderiam ser muito elevados.

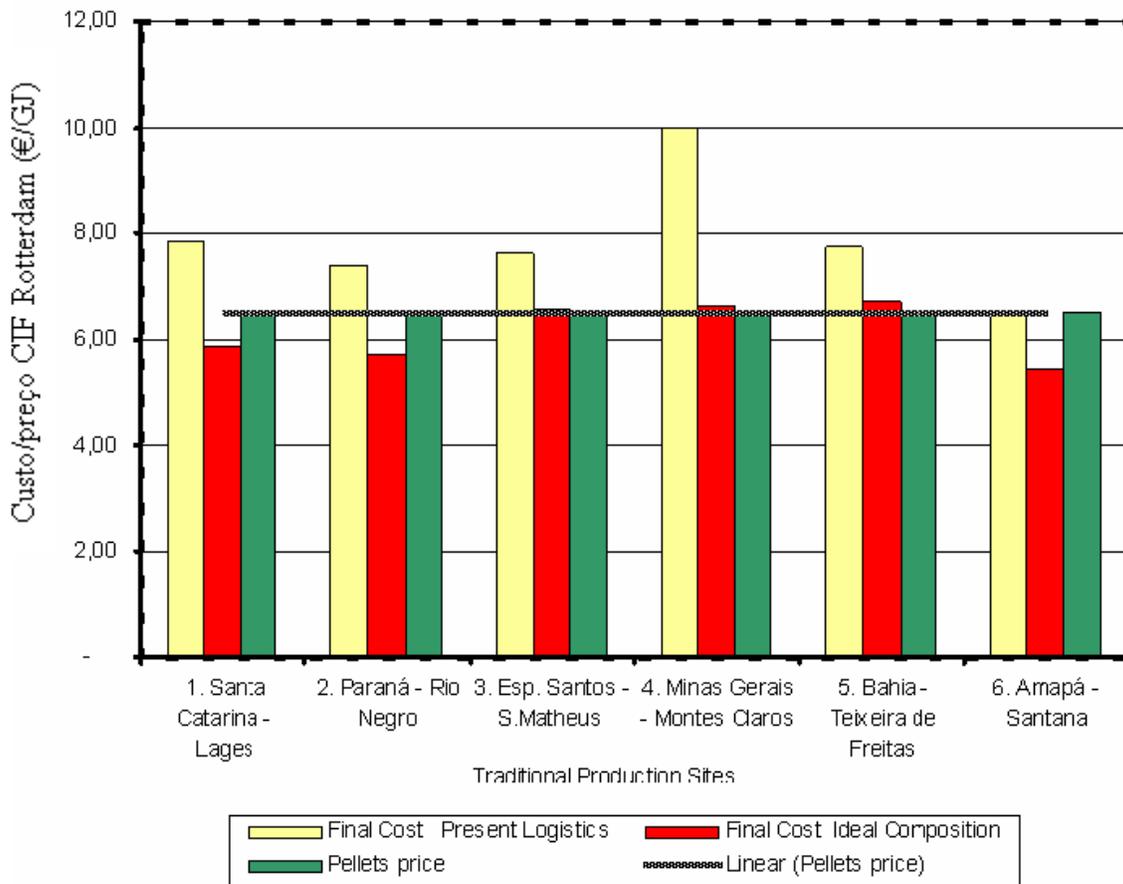


Fonte: Lentili et al, 2005

Figura 29: Origem da madeira processada pelo setor madeireiro na Amazônia, em 2004.

O crescimento da silvicultura na região Norte, observado na Figura 27, deve-se ao fato de que na região há clima adequado e disponibilidade de terras relativamente baratas, e que atualmente são ocupadas em grande parte por pastagens pouco produtivas. O estado do Amapá é

o melhor exemplo, devido à existência de empreendimentos florestais baseados em espécies de rápido crescimento e fácil acesso a portos. Assim, é uma das regiões mais competitivas para a produção e exportação de pellets de madeira no Brasil (Dolzan e Walter, 2007). Como ilustração, na Figura 30 são apresentados resultados de estudo da viabilidade econômica de produção de pellets em seis locais no Brasil, sendo a produção no Amapá a mais viável.



Fonte: Dolzan e Walter (2007)

Figura 30: Preços e custos de pellets de madeira, transportados de diferentes pólos madeireiros do Brasil para o porto de Rotterdam (Euro/GJ), considerando modais de transporte atuais e ideais.

Como pode ser observado na Tabela 9, a produção no Amapá seria a única alternativa viável, nas condições atuais, considerados seis pólos madeireiros no Brasil. A melhoria da logística permitiria a viabilização da produção em outros dois pólos, ambos no Sul do Brasil.

Tabela 9: Custos e preços de pellets (€/GJ), transportado de pólos madeireiros no Brasil para o porto de Rotterdam.

Estados/cidades	Custo final, com logística atual	Custo final, com logística ideal	Preço dos pellets em Rotterdam
Santa Catarina/Lages	7,84	5,86	6,50
Paraná/Rio Negro	7,41	5,70	6,50
Espírito Santo/São Mateus	7,62	6,55	6,50
Minas Gerais/Montes Claros	9,98	6,63	6,50
Bahia/Teixeira de Freitas	7,73	6,71	6,50
Amapá/Santana	6,45	5,43	6,50

Fonte: Dolzan e Walter (2007)

Não só pelos grandes volumes processados e pelas melhores condições logísticas, mas também pela origem e pelo tipo de matéria prima, a região Sul é a que tem em curto prazo o maior potencial de produção de pellets de madeira para a exportação. A maior parte das florestas plantadas na região Sul são formadas pelo gênero *pinus* que, sendo uma conífera, se adequa mais facilmente aos padrões europeus de qualidade dos pellets, principalmente quanto aos teores de cinzas e emissões de NO_x.

Outro elemento de fundamental importância é o fato de que boa parte da atividade florestal na região Sul atende a legislação ambiental e trabalhista em vigor, sendo parte das florestas certificadas segundo padrões florestais internacionalmente reconhecidos, como o FSC¹⁰ e o CEFLOR¹¹.

Baseado em dados de 2006, do IBGE, e apenas para se ter uma ordem de grandeza do potencial de produção de pellets a partir de resíduos de madeira, nas duas as regiões haveria 24 milhões m³ de resíduos¹², sendo 9,5 milhões m³ provenientes de florestas nativas (principalmente

¹⁰ Forest Stewardship Council.

¹¹ Certificado Florestal Brasileiro, do INMETRO.

¹² Considerando 48,7% de geração de resíduos no processo de desdobro das toras. Foi adotado o valor médio no processamento mecânico de toras, a partir de quatro autores: Miyakazi (1989) com 31,2% de resíduos gerados; Olandosky *et. al.* (1997), com 51%; Borges (1993), que apresenta 47,7%, e Brant *et. al.* (1999), que apresentam 65%.

na região Norte) e 14,5 milhões m³ provenientes de florestas plantadas (principalmente na região Sul), onde grande parte da produção ocorre em florestas de coníferas (pinus).

Entretanto, grande parte dos resíduos madeireiros gerados na região Sul, atualmente, já tem alguma destinação, principalmente no aproveitamento energético (e.g., biomassa usada na geração de vapor em processos industriais), o que impacta a viabilidade da produção de pellets por já haver um custo de oportunidade para os mesmos.

O mesmo não acontece na região Norte, onde a atividade industrial, e conseqüentemente a demanda por energéticos, é bastante inferior. Entretanto, no caso da região Norte o fator limitante para a produção de pellets para exportação está na dificuldade de se dar garantias de procedência legal da biomassa, além de barreiras logísticas para o escoamento da mesma.

Segundo pesquisa feita em campo pelo autor desta dissertação, junto ao segmento de cerâmicas vermelhas¹³ no pólo ceramista de São Miguel do Guamá – PA, distante cerca de 200 km de Belém, o preço da biomassa residual na serraria foi avaliado em aproximadamente R\$ 1,00/m³ de serragem; porém, com o frete esse valor sobe para aproximadamente R\$ 13/m³, considerando uma distância de 160 km (desde o pólo Madeireiro de Parauapebas), ou aproximadamente R\$ 0,07/m³.km.

Além dos resíduos provenientes das etapas industriais do segmento madeireiro, tem-se ainda a geração de resíduos nas operações de campo do setor florestal, ou seja, nas atividades de colheita e pré-processamento da madeira no campo. Nesse caso, os resíduos são constituídos basicamente de galhos, ponteiros e cascas, e a quantidade e qualidade do resíduo dependem da estratégia operacional de cada empresa¹⁴.

Para plantios dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, ambos com corte aos oito anos, os valores estimados de resíduos com 50% de umidade (casca, ponteiro e galhos) nas operações de campo, por árvore, são: 29,2%, ou 51,3 kg, e 35,6%, ou 29,2 kg, respectivamente (Couto e Brito, 1980).

¹³ O pólo ceramista, atualmente, é o maior mercado consumidor de resíduos de serrarias no estado do Pará, sendo, portanto, uma importante fonte de informação do mercado de biomassa e de resíduos de serrarias na região Norte do país. Cerâmica vermelha é o segmento de produção de telhas e tijolos, principalmente.

¹⁴ Algumas empresas podem optar por transportar a árvore com casca (10-20% do volume total) para que o resíduo seja usado como combustível na geração de vapor na fase industrial. Já outras podem optar por fazer a operação de descasque no campo, uma vez que a casca concentra grande teor de nutrientes, e transportar um volume menor de biomassa.

Em outro estudo, Couto *et al.* (1984) estimam que a produção de resíduos secos, em povoamentos homogêneos de eucalipto com corte com 8,5 anos, é pouco superior a 25 kg/árvore, o que equivaleria a 41.675 kg/ha¹⁵. No entanto, considerando os ganhos alcançados pela silvicultura nacional nos últimos 20 anos, em função do emprego de novas técnicas de manejo e de variedades geneticamente melhoradas, pode-se concluir que a atual produção de biomassa seca por hectare, e conseqüentemente de resíduos, é superior a esse valor.

O volume de resíduos gerados na fase industrial também varia bastante de acordo com o processo. No segmento de celulose e papel, grande parte da biomassa que chega ao pátio da fábrica é usada para produção de pasta celulósica, e os resíduos, como casca (em alguns casos) e a lignina, são queimados para gerar vapor (e energia elétrica) na própria indústria. Ou seja, quase não há resíduos de biomassa disponíveis nesse segmento industrial.

Já no segmento de produção de lenha e carvão vegetal, além dos problemas quanto ao baixo nível de organização, a geração de resíduos sólidos no processamento pós-colheita é mínima¹⁶, não sendo, portanto, a atividade uma fonte considerável de biomassa para produção de pellets. Por outro lado, em função do baixo valor agregado aos produtos, a destinação de parte da biomassa para produção de pellets poderia ser justificável economicamente.

Considerando-se apenas o volume de biomassa que costuma ser deixada no campo durante as operações de colheita florestal no país, pode-se estimar que, em 2007, o volume potencial de geração de resíduos (considerando o período médio do ciclo de corte das principais espécies comerciais¹⁷) seria de 53,2 milhões de toneladas de biomassa florestal por ano (ver Tabela 9).

A avaliação acima é do potencial máximo, sem levar em conta os custos de logística e tampouco o fato de que em algumas situações a permanência dos resíduos no campo é importante para manutenção das boas condições edáficas¹⁸ dos talhões florestais.

¹⁵ Considerado o espaçamento padrão em povoamentos de eucalipto (3 x 2 m), que corresponde à densidade de 1.667 árvores/ha.

¹⁶ No processo de fabricação do carvão vegetal há um grande desperdício, energético inclusive, na forma de efluentes gasosos dos fornos e em fragmentos de carvão não aproveitados.

¹⁷ Ciclos de corte de 12 anos para pinus e de 7 anos para eucalipto.

¹⁸ Ou seja, do solo no qual ocorre o plantio.

Tendo por base os parâmetros de geração de resíduos no campo descritos por Couto e Brito (1980), ou seja, quando as variedades de pinus e eucalipto eram menos produtivas que as variedades atuais, calculou-se o volume de resíduos que pode ser gerado durante as operações de colheita. Os resultados são apresentados na Tabela 10. Novamente, os valores apresentados são superiores àqueles que poderiam ser viabilizados economicamente, seja pelos custos de remoção, seja pela economia com fertilizantes decorrente da decomposição da biomassa no campo. O fato é que os volumes são bastante expressivos e, em muitas situações, o preço pago pelo pellets poderia vir a viabilizar o aproveitamento de parte dessa matéria prima.

Tabela 10: Potencial de resíduos produzidos (milhões de toneladas) durante as operações de colheita, para fabricação de pellets de madeira com base na área plantada em 2007

Cultura	Área plantada (ha) ¹	Geração de resíduos no campo ²	Potencial de aproveitamento ³
Eucalipto	3.751.867	320,8	45,8
Pinus	1.808.336	88,6	7,4
Total	5.560.203	409,3	53,2

Notas: ¹ Fonte: Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) (2007)

² Tendo por base a área plantada (em milhões de hectares). Cálculo feito com base em Couto e Brito (1980): i) resíduos com 50% de umidade, ii) volume de resíduo por árvore: 51,3 kg e 29,2 kg, para eucalipto e pinus, respectivamente, e (iii) densidade de plantio de 1667 árvores/ha (padrão nacional – espaçamento 3 x 2 metros).

³ Avaliação feita com base nos ciclos médios de colheita para cada espécie: 12 anos para pinus e 7 anos para eucalipto.

Dolzan e Walter (2007) comentam que em meados da presente década havia produção de pellets em Santa Catarina, para exportação para a Europa. Embora a viabilidade econômica não tenha sido atestada naquele trabalho, e consideradas as atuais condições (restritivas) de logística, o fato pode ser explicado pela maior eficiência de produção e por melhores condições de venda, dadas flutuações de preços no mercado europeu.

Como foi anteriormente comentado, os mesmos autores concluíram que havia pequena viabilidade para produção de pellets para exportação fora do Amapá. Com efeito, dados obtidos em outubro de 2008, através de entrevistas feitas junto a exportadores de pellets da região Sul, indicaram a existência de uma pequena capacidade de produção em relação ao potencial do segmento florestal brasileiro. Haveria na época por volta de 10 pelletizadoras somente no estado

do Paraná, mais precisamente nas proximidades do porto de Paranaguá (International CMO & International Renewable Energy)¹⁹.

Em princípio, a melhor condição de produção dos pellets seria próxima ao local de disponibilidade dos resíduos (Dolzan e Walter, 2007). No entanto, no caso de Paranaguá, por estar o porto relativamente distante dos principais pólos madeireiros paranaense e catarinenses, conclui-se que há outros fatores que influenciam a tomada de decisão. Um desses fatores pode ser o posicionamento estratégico de Paranaguá para recebimento de matéria prima de mais de um pólo madeireiro. Como a produção visa a exportação, os custos após a pelletização seriam minimizados.

Ainda de acordo com a empresa International CMO, os pellets de madeira de eucalipto estariam sendo comercializados, em outubro de 2008, por € 140/t (FOB)²⁰ e € 165/t (CIF)²¹. Os pellets feitos a partir de madeira do gênero pinus, por sua vez, dada a melhor qualidade dessa madeira para emprego como biocombustível, estariam sendo comercializados por € 145/t (FOB) e € 170/t (CIF).

Na Tabela 11 são relacionados o principais parâmetros para comercialização de pellets de eucalipto e de pinus. Pode-se observar que os produtos são rigorosamente iguais, exceto pelo poder calorífico dos pellets de pinus, que é ligeiramente maior em função da presença de resina. No entanto, de acordo com Alakangas (2007), os parâmetros técnicos da madeira do pinus favorecem a melhor qualidade do pellets feitos a partir dessa matéria prima, em relação às espécies folhosas, como as nativas e o eucalipto.

¹⁹ Durante as entrevistas não foi informada a distância média das plantas de produção em relação ao porto, nem o tamanho das plantas. Suspeita-se, no entanto, que são plantas de pequena escala, visto que não foi possível contactá-las e tampouco obter qualquer informação pelos meios convencionais de busca na web.

²⁰ Free on Board - preço do produto já embarcado em porto no Brasil.

²¹ Cost, Insurance, and Freight - preço do produto posto porto na Europa, por exemplo.

Tabela 11: Parâmetros técnicos dos pellets produzidos na região Sul do Brasil, feitos a partir das madeiras de eucalipto e de pinus.

	Brazil eucalyptus	Brazil Pinus
<u>Madeira</u>	SGS test report FSC Wood	SGS test report FSC Wood
<u>Certificado</u>	6 mm, 8mm or 10mm	6 mm, 8mm or 10mm
<u>Diâmetro</u>	min. 80% between 5 and 30 mm (max. 45 mm)	min. 80% between 5 and 30 mm (max. 45 mm)
<u>Comprimento</u>	4530 Kcal/Kg	4633 Kcal/Kg
<u>Poder calorífico</u>	<0.08%	<0.08%
<u>Enxofre</u>	5,0 - 8.0%	5,0 - 8.0%
<u>Umidade</u>	0,56 Gr/cm3	0,56 Gr/cm3
<u>Densidade</u>	650 kg/m ³ to 690 kg/m ³	650 kg/m ³ to 690 kg/m ³
<u>Peso a granel</u>	min 4.6 kWh/kg	min 4.6 kWh/kg
<u>Conteúdo energético</u>	Max. 1,0%	Max. 1,0%
<u>Gramatura</u>	max. 10 %	max. 10 %
<u>Água</u>	03 - 0.6 %	03 - 0.6 %
<u>Cinzas</u>	max. 1 %	max. 1 %
<u>Poeira antes do transporte</u>	max. 2.3 %	max. 2.3 %
<u>Abrasão</u>	Prohibited	Prohibited
<u>Agente aglutinante</u>	none	none
<u>Impurezas</u>	no additive	no additive
<u>Características especiais</u>		

Fonte: CMO International & Internationa Renewable Biomass (2008)

Atualmente, para melhor acessar o mercado europeu, alguns produtores de produtos e derivados de madeira no Sul do país buscam a certificação de seus produtos com base em padrões florestais de certificação (e.g., FSC), ou mesmo padrões europeus específicos para os pellets combustível, como o padrão alemão DIN 51731 e SGS-CSTS (CMO International & Internationa Renewable Biomass, 2008).

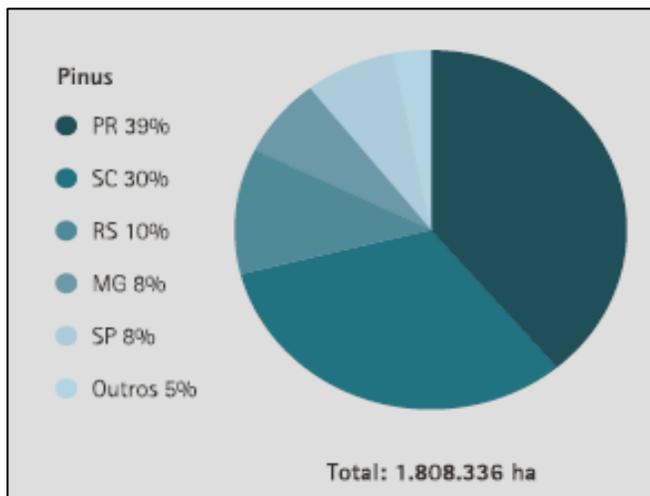
A respeito do aproveitamento dos resíduos da atividade florestal na região Norte para a produção e a exportação de pellets combustível, a alternativa requer adoção de estratégias para a obtenção de biomassa certificável (i.e., serrarias legalizadas e exploração florestal com plano de manejo) e bom planejamento logístico. A região Norte tem como vantagem o menor custo da biomassa em relação à região Sul; por outro lado, a maior proximidade geográfica em relação à Europa só lhe dará pequena vantagem se a logística for ao menos igual à do Sul do Brasil.

3.2 O segmento florestal da região Sul e mercado de pellets combustível

Os estados do Sul do Brasil, com destaque para Santa Catarina e Paraná, possuem segmento florestal bastante expressivo e bem estruturado, baseado em florestas plantadas e certificadas, e com logística (tanto rodoviária como portuária) bastante superior em relação à

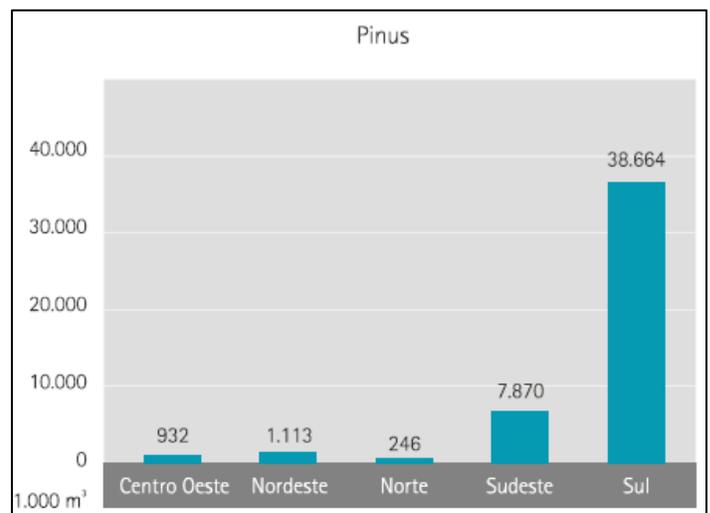
existente na região Norte. Em muitos aspectos as atividades florestais nesses dois estados caracterizam promissores pólos para a produção de pellets de madeira, tais como:

1. A predominância dos plantios de coníferas do gênero *Pinus* (ver Figura 31 e Tabela 12) que se adequam mais facilmente aos padrões exigidos pelo mercado europeu do que as espécies folhosas (a maioria das espécies nativas tropicais, além do gênero *Eucalyptus*). Os pellets produzidos a partir das madeiras “brancas” (coníferas) são particularmente competitivos no mercado residencial, que é justamente no qual os pellets alcançam maior preço;
2. A predominância de empresas florestais com atividades certificadas, que não teriam dificuldades para provar a origem legal da biomassa, em consequência do respeito às normas ambientais e à legislação trabalhista (ver Figura 32);
3. A boa infraestrutura de transporte, em termos relativos, e um sistema multimodal bastante adaptado ao escoamento graneleiro, semelhante ao necessário para os pellets.
4. Por fim, o fato da cadeia florestal existente estar predominantemente voltada ao processamento mecânico da madeira, com existência de serrarias e unidades de fabricação de compensados que são grandes geradoras de resíduos (cavacos, pó de serra, costaneiras, ripas, resto da fabricação de compensados e maravalhas).



Fonte: ABRAF & STCP (2007)

Figura 31: Distribuição das florestas de pinus por estado, em 2007



Fonte: ABRAF (2007) (Banco de dados STCP)

Figura 32: Estimativa de produção sustentável de florestas plantadas de pinus por região, em 2007 (m³).

Tabela 12: Florestas plantadas com pinus no Brasil (2005 – 2007) (valores em ha)

Estado	2005	2006	2007
Paraná	677.772	686.453	701.578
Santa Catarina	527.079	530.992	548.037
Rio Grande do Sul	185.080	181.378	182.378
Minas Gerais	153.000	152.000	144.248
São Paulo	148.020	146.474	143.148
Bahia	54.746	54.820	41.221
Mato Grosso do Sul	38.909	28.500	20.697
Amapá	27.841	20.490	9.000
Outros	22.123	23.162	18.029
Total	1.834.569	1.824.270	1.808.336

Fonte: ABRAF & STCP (2007)

A localização das unidades pelletizadoras deve ser decidida em função dos vários custos. Em princípio, dada a baixa densidade dos resíduos, as plantas de pelletização deveriam estar próximas das madeireiras, desde que haja concentração da disponibilidade de resíduos e seja possível a construção de uma pelletizadora de porte razoável. Por outro lado, uma vez que o foco da produção é o mercado externo, a distância da planta até o porto em que o produto será escoado também deve ser levada em consideração. Eventualmente, havendo dispersão da produção de resíduos, o melhor local para a unidade produtora pode ser o ponto de embarque.

Como comentado anteriormente, os pólos florestais de Santa Catarina e Paraná concentram a produção de coníferas, ao mesmo tempo que não estão muito distantes de importantes portos graneleiros do país²².

3.2.1 Distribuição geográfica das florestas plantadas e do segmento madeireiro na região

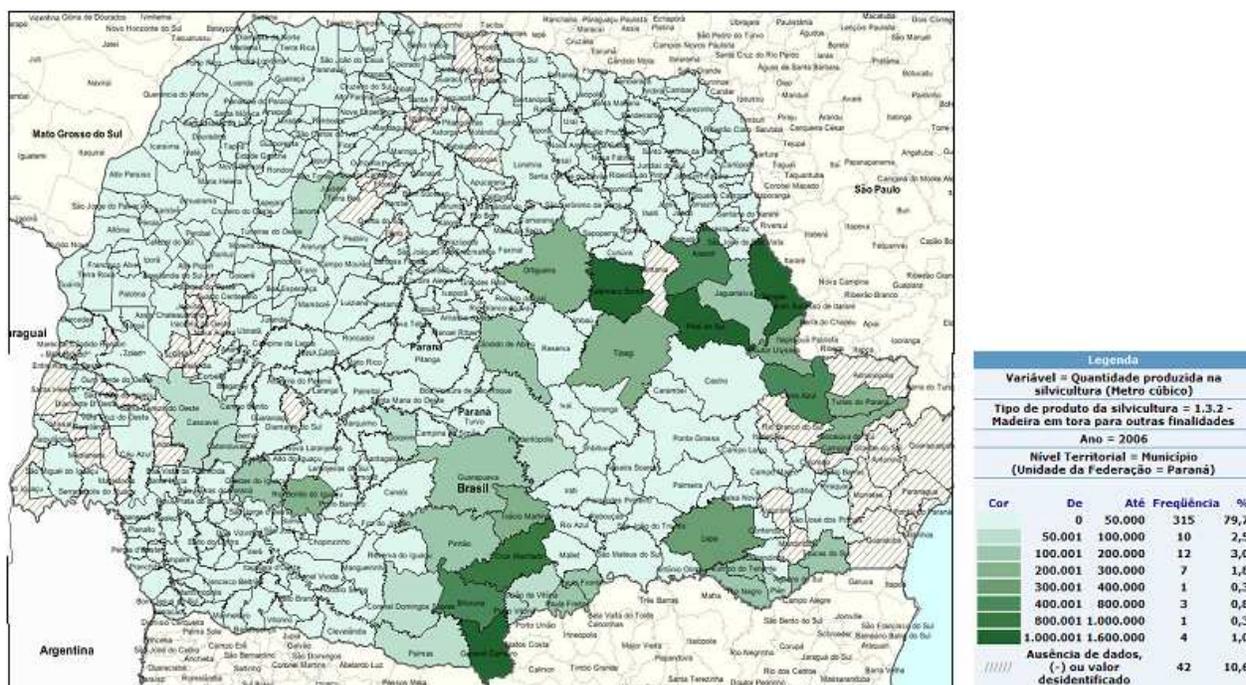
As florestas plantadas, foco deste estudo, ou seja, os maciços florestais voltados à produção madeireira²³, encontram-se bastante concentradas nos estados de Santa Catarina e

²² Paranaguá – PR e Itajaí – SC, além de São Francisco do Sul – SC.

²³ Exclui-se aqui a silvicultura voltada à produção de celulose e papel, bem como a silvicultura para fins exclusivamente energéticos (i.e., produção de carvão vegetal e lenha).

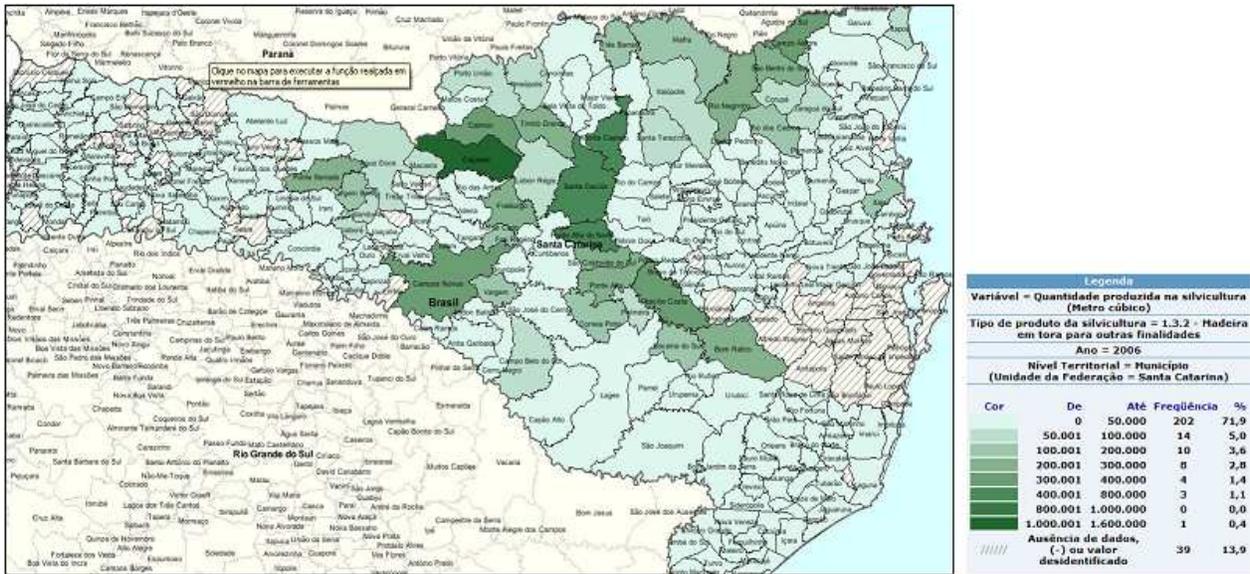
Paraná e, em menor escala, no Rio Grande do Sul. Nas Figuras 33, 34 e 35 são apresentados pólos de produção madeireira, associada à silvicultura, nesses três estados. Esses pólos florestais estão fortemente ligados ao segmento madeireiro e de processamento mecânico da madeira, em geral. Conforme pode ser visto na Tabela 13, o número de unidades de desdobro de madeira é muito maior nos estados da região Sul do Brasil.

Como havia sido anteriormente comentado, a localização das serrarias e das florestas plantadas é justamente o que deve orientar a instalação das plantas pelletizadoras, assumindo-se a lógica elementar de que a unidade pelletizadora deva ficar próxima da fonte de matéria prima, que são as florestas e as unidades de desdobro da madeira. No caso da biomassa isso é particularmente verdadeiro, uma vez que o custo do frete é particularmente impactante.



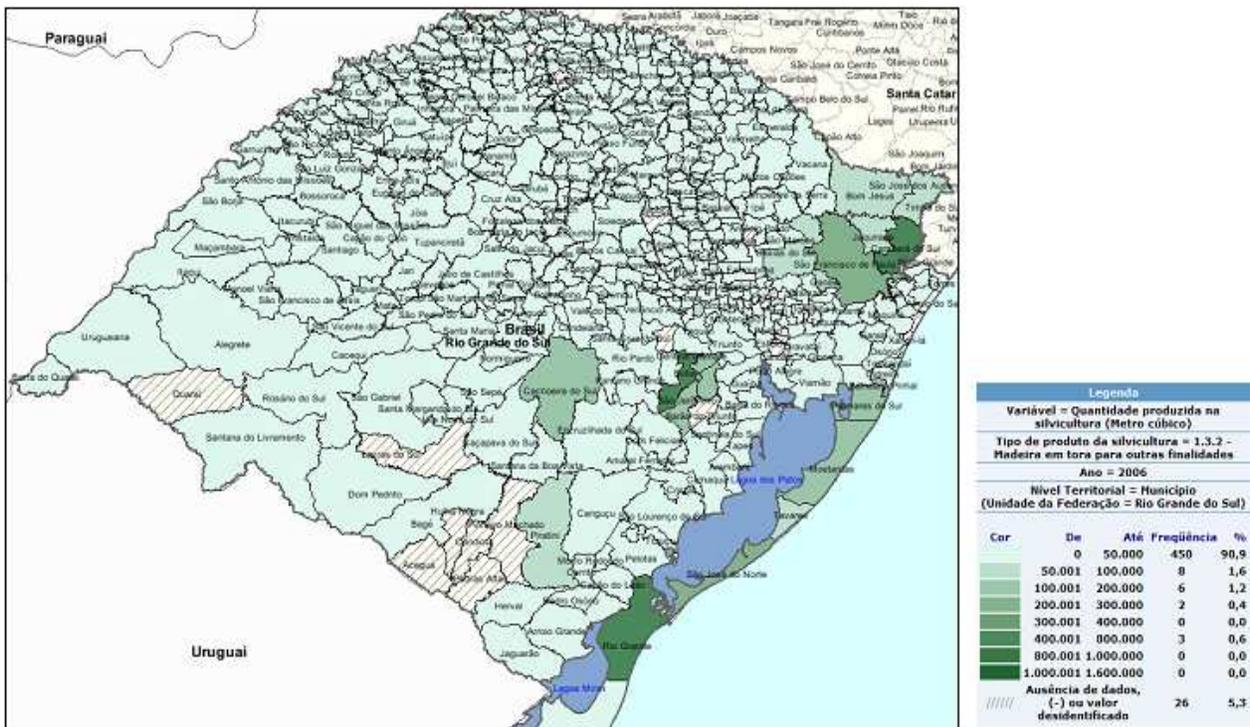
Fonte: IBGE/SIDRA – Silvicultura (2007)

Figura 33: Produção da silvicultura em toras (m³), excluídos usos energéticos e produção de celulose, em municípios do Paraná, em 2006.



Fonte: IBGE/SIDRA – Silvicultura (2007)

Figura 34: Produção da silvicultura em toras (m³), excluídos usos energéticos e produção de celulose, em municípios de Santa Catarina, em 2006.



Fonte: IBGE/SIDRA – Silvicultura (2007)

Figura 35: Produção da silvicultura em toras (m³), excluídos usos energéticos e produção de celulose, em municípios do Rio Grande do Sul, em 2006.

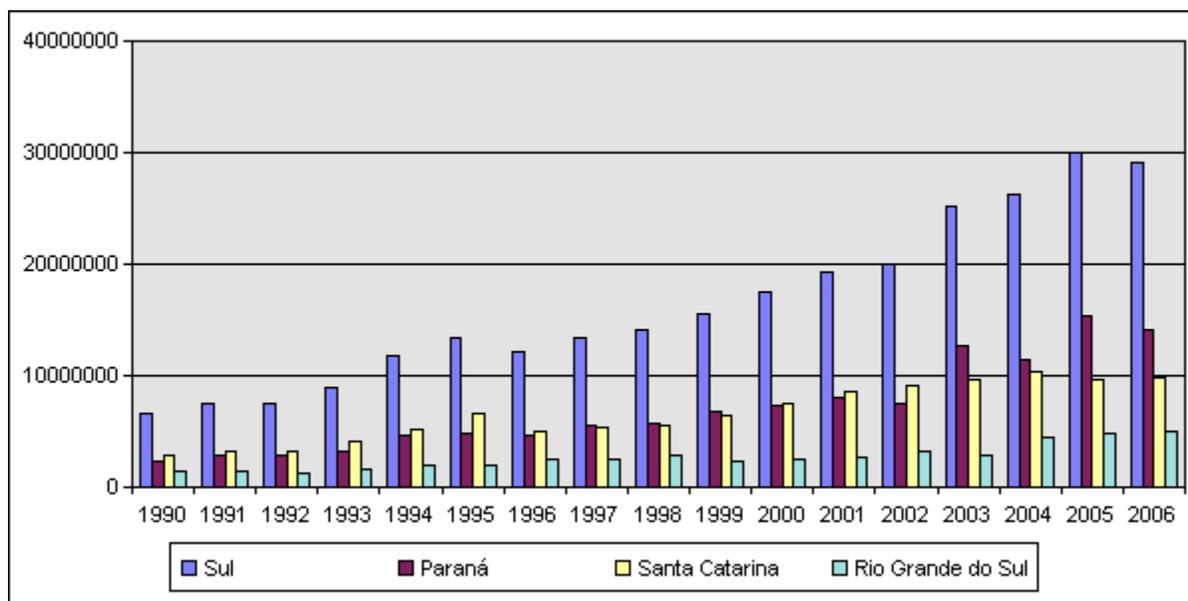
Tabela 13: Concentração de unidades de desdobro de madeira por unidade da federação (2006)

Unidade da Federação	Numero de unidades fabris
Santa Catarina	733
Paraná	645
Rio Grande do Sul	527
São Paulo	251
Minas Gerais	205
Rio de Janeiro	21

Fonte: IBGE/SIDRA - Pesquisa Industrial Anual (2007)

Os dados apresentados na Tabela 13 indicam o número de estabelecimentos dedicados ao desdobro da madeira (serrarias) nos estados brasileiros em que existe tal atividade.

Informação adicional sobre a produção de madeira em toras, excluídos usos energéticos e a produção de celulose, é apresentada na Figura 36, para o período 1990 a 2006. É clara a tendência de crescimento no período, principalmente no estado do Paraná.



Fonte: IBGE/SIDRA – Silvicultura (2007)

Figura 36: Produção da silvicultura, excluído uso energético e a produção de celulose, nos estados da região Sul (em m³ de tora)

Da observação das Figuras 33, 34 e 35 pode-se concluir que as regiões que se apresentam mais propícias para a produção de pellets são as regiões Centro e Norte de Santa Catarina, bem

como as regiões Nordeste e Sul do Paraná. Com menor importância, também poderiam ser considerada as regiões Nordeste e Leste do Rio Grande do Sul.

Não foram obtidas informações sobre a localização exata das serrarias nos estados da região Sul. Entretanto, aspectos logísticos indicam que as serrarias estão próximas da silvicultura, uma vez que o transporte de toras é mais crítico (i.e., mais caro) que o transporte da madeira laminada. Assim, a hipótese feita neste trabalho é que os pólos madeireiros, e conseqüentemente a oferta de matéria prima para produção do pellets (cavacos e serragem), coincidem geograficamente com a localização das florestas plantadas na região Sul.

3.2.2 Aproveitamento dos resíduos da cadeia florestal para produção de pellets

É importante atentar para o fato de que a demanda por madeira é significativa em diferentes segmentos industriais, principalmente na indústria de celulose e papel, para fins energéticos, e também para processamento mecânico. Sendo os pellets produtos oriundos da atividade florestal, a hipótese adotada neste trabalho foi considerar sua produção a partir de resíduos de outras atividades madeireiras, ou seja, não concorrendo diretamente pela matéria prima com outros segmentos econômicos. Assim, a indústria de pellets seria beneficiada pela crescente atividade de outros segmentos usuários da madeira “in natura”. O emprego de resíduos é justificável devido ao menor preço, e também devido ao estágio de pré-processamento (i.e., material particulado) com que essa biomassa residual é disponibilizada.

No Brasil, o potencial de produção de pellets na região Sul é o mais importante. A atividade florestal está fundamentada na silvicultura em larga escala, com grande parte da madeira destinada ao processamento mecânico (i.e., em serrarias e madeireiras). Esse segmento, por sua vez, é grande gerador de resíduos adequados à produção de pellets, como serragem, pó de serra e pó de lixadeira, além de cavacos. A produção de pellets pode ser beneficiada uma vez que os resíduos de menor valor de mercado (serragem, pó de serra e pó de lixadeira) são os mais adequados à pelletização, enquanto os resíduos de maior valor (cavaco e restos de madeira), para serem pelletizados, precisam passar por processo de fracionamento.

Em contrapartida, na região Sul, por seu estágio de desenvolvimento econômico e com significativa atividade industrial, existe atualmente demanda por resíduos de madeira por parte de

indústrias que usam vapor em seus processos produtivos, com destaque para as unidades produtoras de alimentos, cerâmicas e algumas termoeletricas que empregam biomassa.

Em pesquisa feita entre Junho de 2007 e Abril de 2008, junto a compradores de biomassa da região Sul, constatou-se que a oferta de resíduos da atividade industrial madeireira tem diminuído, e os preços têm apresentado ligeira alta, em consequência da demanda crescente por resíduos de biomassa, para substituição de derivados de petróleo. Há também certo impacto de projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa, no âmbito do MDL e do Mercado Voluntário de emissões, que vêm sendo desenvolvidos na região nos últimos anos.

Essa alteração no mercado também resultou mudança de comportamento dos agentes ligados ao segmento florestal, que passaram a entender que os resíduos dos processos de desdobro da madeira são na realidade coprodutos da cadeia florestal. Compradores de biomassa nos estados de Santa Catarina e Paraná, que recentemente optaram pela substituição entre combustíveis, e muitos já comprometidos em projetos de redução de emissões de GEE's, afirmam pagar de R\$ 25,00 a R\$ 40,00 por metro cúbico do cavaco de pinus, com valores variando de acordo com a época do ano e a região.

Uma das indústrias do segmento de alimentos na região Centro-Leste de Santa Catarina, contatada durante a elaboração deste estudo, afirmou ter tomado a decisão pelo investimento em um novo gerador de vapor a biomassa em 2007, quando o preço era de R\$ 22,70/m³; porém a biomassa comprada junto às serrarias em 2008 não custou menos de R\$ 34,00/m³, para biomassa posta no pátio do consumidor, para transporte em distâncias de 15 a 10 km, por vias asfaltadas.

Outra companhia contatada, também do segmento de alimentos, e com unidades em Marília, em São Paulo, e Rolândia, no Paraná, informou valores pouco superiores aos praticados em Santa Catarina. Essas unidades industriais usam biomassa desde mais tempo e possuem contratos de fornecimento mais antigos; compram biomassa (cavaco de pinus) de um único fornecedor desde Outubro de 2004 ao preço de R\$ 35,00/m³, na média, com flutuações entre R\$ 30,75 a R\$ 39,94/m³.

Um fato curioso, observado durante os levantamentos de campo, é que os compradores optam por pagar a biomassa com base no volume e não no peso, pois declaram haver adulteração da carga com a adição de água pouco antes da entrega. A densidade considerada normal para

cavaco com certa proporção de serragem, com umidade absoluta de 30%, é 350 kg/m³ de biomassa.

Portanto, a análise do potencial e da viabilidade de produção de pellets na região Sul deve ser feita com a consideração de mercados alternativos para a biomassa residual de madeiras.

Considerando a produção de toras em metros cúbicos no ano de 2006 (resultados apresentados na Figura 36), provenientes da colheita das florestas comerciais (para várias espécies, mas com predominância do gênero *Pinnus*), e assumindo um rendimento no desdobro da madeira de 51,3%²⁴; a disponibilidade potencial de resíduos para produção de pellets na região Sul é estimada em 14,5 milhões de metros cúbicos, sendo 6,8 milhões no Paraná, 4,9 milhões em Santa Catarina e 2,4 milhões no Rio Grande do Sul. Desse total deve ser subtraído o teor de casca da árvore²⁵, resultando 8,7 milhões de m³/ano, que equivale a 3,5 milhões de toneladas, assumindo a densidade média da madeira seca do pinus²⁶.

Uma análise alternativa também foi feita, calculando-se a fração de resíduos gerados a partir da produção de madeira serrada, em metros cúbicos, declarada no ano de 2007 (única e exclusivamente do gênero *Pinnus*). A produção é aquela apresentada no Anuário Estatístico de 2008, da ABRAF (ver informação na Figura 37), assumindo uma taxa média de 48,7% de resíduos gerados, sobre o volume total, durante o processo de desdobro. A informação de origem diz respeito à produção em todo o país, sendo necessário descontar 21% que são as florestas de pinus em estados que não são da região Sul (ver Figura 31). Assim, estima-se que a disponibilidade total de resíduos no ano de 2007, nos três estados que compõem a região Sul, é de 4,26 milhões de m³ (79% de 5,4 milhões m³), ou 1,7 milhão de toneladas.

Há considerável diferença entre as duas estimativas. A diferença entre a estimativa de resíduos obtida a partir da produção de toras (base IBGE) e a estimativa obtida a partir da produção de madeira serrada (base ABRAF) (de 3,5 milhões e 1,7 milhão de toneladas, respectivamente), deve-se ao fato de que nem toda a madeira em tora produzida na região Sul é do gênero *Pinnus*, e tampouco toda madeira em tora é destinada a laminação, uma vez que a

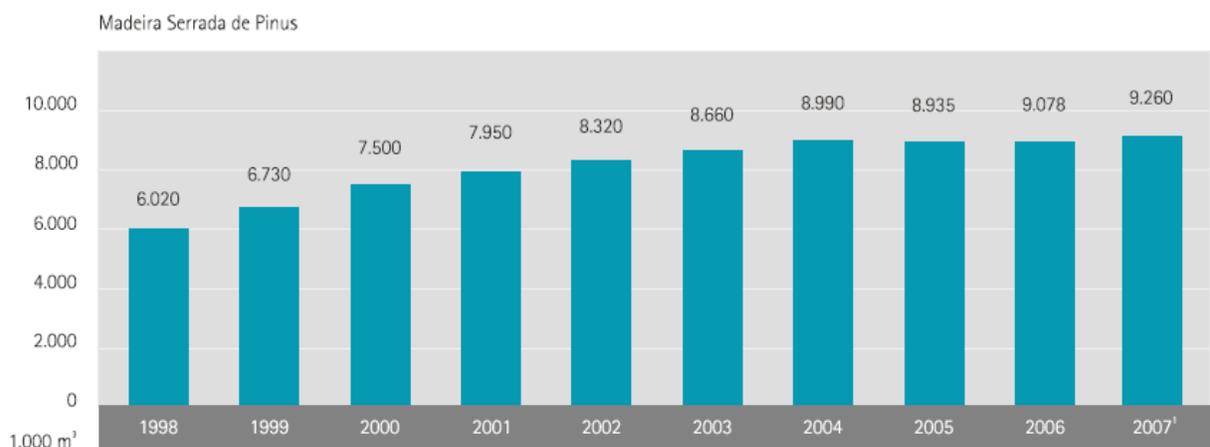
²⁴ Ver nota de pé de página 12.

²⁵ Corresponde a quase 20% do total do volume da tora, ou 40% do volume do resíduo. A casca, devido ao alto teor de cinzas, não é aproveitada na pelletização.

²⁶ 0,402 g/cm³, segundo Quaquarelli (2002).

madeira de *Pinus* também é amplamente utilizada na produção de pallets (suporte de madeira, utilizado para movimentação de mercadorias), divisórias, compensados, chapas de fibras, além de outros fins²⁷ que não a produção de lâminas de madeira.

A avaliação da disponibilidade de 1,7 milhão de toneladas de resíduos de madeira para a produção de pellets é evidentemente mais conservadora, mas tampouco corresponde à realidade, uma vez que existe mercado alternativo para fração significativa dos resíduos, principalmente para uso energético. Assim, o potencial de produção de pellets depende da relação de preços entre os dois usos, análise que é feita no próximo capítulo.



Fonte: Associação Brasileira de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI) (2007)

Figura 37: Evolução da produção de madeira serrada proveniente das florestas plantadas de pinus no Brasil.

3.2.3 Logística e infra-estrutura da região aplicada ao transporte de biomassa

Já foi anteriormente observado que a malha rodoviária, bem como o sistema portuário da região Sul, são aspectos que reforçam suas vantagens comparativas para a produção de pellets de madeira, visando a exportação. Nas Figuras 38 e 39 são apresentados mapas das regiões litorâneas de Paraná e Santa Catarina, respectivamente, com identificação dos pólos madeireiros, malhas viárias e localização dos principais portos marítimos. A produção de pellets nos dois estados poderia ser exportada pelos portos de Paranaguá, no Paraná, e de São Francisco do Sul e de Itajaí, em Santa Catarina.

²⁷ Para o cálculo foram descontadas as florestas destinadas à produção de celulose, papel e energia (carvão e lenha).

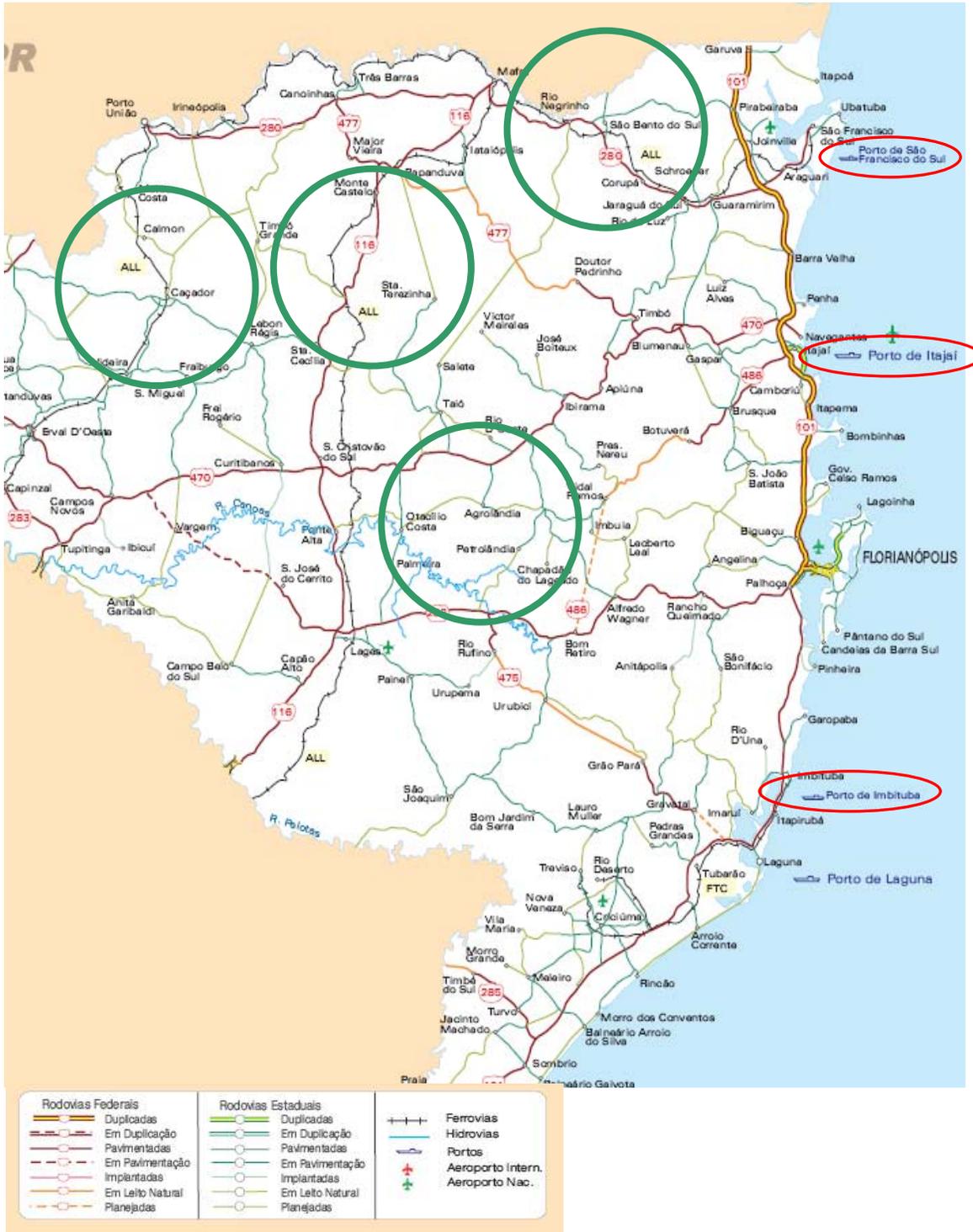
Em contato feito com transportadoras que operam na região Sul e que também fazem frete de biomassa a granel em carretas fechadas, encontrou-se um valor de frete (para pequenas distâncias) igual a 10 R\$/km (em caminhões de 50 m³, ou 18 toneladas), o que corresponde a 0,55 R\$/t.km. Esse valor é bastante superior ao valor encontrado no Sistema de Informação de Frete (SIFRECA) para transporte de outros produtos agrícolas a granel, também na região Sul; conforme pode ser observado na Tabela 14, o valor do frete raramente supera 0,15 R\$/t.km.

Os valores de frete no estado do Pará, por sua vez, no qual as condições logísticas são menos favoráveis, não diferem muito dos valores observados na região Sul. No Pará, o frete de biomassa florestal para abastecimento das indústrias de cerâmica vermelha no pólo ceramista de São Miguel do Guamá, a 200 km de Belém, segundo ceramistas locais contatados em Setembro de 2008, foi estimado em 0,195 R\$/t.km para distância de 150 km, utilizando-se caminhões com capacidade de 67 m³.



Fonte: Ministério dos Transportes – Governo Federal (2008)

Figura 38: Mapa do arranjo logístico de Paraná: malha rodoviária e sua ligação com o sistema portuário (circulo vermelho, à direita); pólos florestais destacados pelos círculos maiores, em terra.



Fonte: Ministério dos Transportes – Governo Federal (2008)

Figura 39: Mapa do arranjo logístico de Santa Catarina: malha rodoviária e sua ligação com o sistema portuário; pólos florestais destacados pelos círculos.

Três fatores impactam o valor do frete, segundo pessoas entrevistadas nas regiões Norte e Sul: i) condições de trafegabilidade das estradas, ii) capacidade de carga do caminhão e iii) distância a ser percorrida. O frete, por tonelada.km, é tanto mais barato quanto melhor a condição das estradas, maior a capacidade de carga e maior a distância.

Tabela 14: Frete a granel para diferentes produtos na região Sul do Brasil

produto	Origem	UF	Destino	UF	R\$/t	R\$/t.Km	distancia de percurso (km)
soja	Ajuricaba	RS	Cruz Alta	RS	17.00	0.210	81
	Andirá	PR	Paranaguá	PR	47.03	0.100	471
	Assis						
	Chateaubriand	PR	Paranaguá	PR	43.79	0.070	628
	Guarapuava	PR	Ponta Grossa	PR	18.75	0.125	150
	Rio Bonito do Iguaçu	PR	Paranaguá	PR	38.43	0.081	475
	Roncador	PR	Ponta Grossa	PR	31.73	0.114	279
	Sertão	RS	Passo Fundo	RS	12.00	0.286	42
milho	Astorga	PR	Maringá	PR	7.67	0.167	46
	São Miguel do Iguaçu	PR	Paranaguá	PR	41.00	0.063	649
	Ubiratã	PR	Concórdia	SC	55.00	0.114	484
adubo	Paranaguá	PR	Toledo	PR	50.00	0.084	594
	Rio Grande	RS	Campo Mourão	PR	78.00	0.064	1,217
trigo	Campina do Amaral	PR	Ponta Grossa	PR	37.10	0.128	289
	Ivaiporã	PR	Ponta Grossa	PR	27.00	0.114	237
	Mamborê	PR	Ponta Grossa	PR	39.00	0.128	305
	Manoel Ribas	PR	Ponta Grossa	PR	28.67	0.146	197
	Palmital	PR	Ponta Grossa	PR	30.71	0.123	250
raçao de frango	Xaxim	SC	Região Oeste de SC [40 km]	SC	14.20	0.355	40
madeira	Uberaba	MG	Arapongas	PR	54.00	0.086	629
valor medio do frete					35.320	0.135	371.70

Fonte: SIFRECA (2008)

3.3 Uso de pellets combustível na mitigação das emissões de gases de efeito estufa

Fontes renováveis de energia, em geral, e os biocombustíveis, em particular, são alternativas para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE). O uso de pellets combustível em substituição a combustíveis fósseis, em unidades industriais, por exemplo, poderia ser analisado como um projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)²⁸. A viabilidade econômica de tal proposta precisa ser cuidadosamente analisada, mas o

²⁸ Mecanismo concebido pela Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças do Clima, que permite que países que têm metas de redução de emissões a cumprir no período 2008-2012 (países Anexo I), no contexto do Protocolo de Quioto, cumpram parte dessas metas com redução de emissões em países que não têm compromisso no

baixo preço de mercado dos óleos combustíveis derivados de petróleo, por exemplo, já indica dificuldades na viabilidade econômica da substituição. Embora o espírito dos projetos MDL seja exatamente tornar economicamente viáveis (quando da consideração dos créditos de emissões evitadas) alternativas que por si só não o seriam (essa é um dos aspectos da chamada adicionalidade), projetos com baixa viabilidade econômica inicial são considerados pouco atrativos.

Por outro lado, o uso de pellets em substituição aos combustíveis fósseis em países Anexo I, ou seja, países que têm metas a cumprir no âmbito do Protocolo de Quioto, é justamente o objetivo de vários países europeus que têm fomentado o uso de pellets, tanto no setor residencial quanto em indústrias e na geração termoelétrica.

período (países não Anexo I, como o Brasil). As reduções de emissões estão associadas a Certificados de Reduções de Emissões – CER, da sigla em Inglês, sendo que 1 CER corresponde à redução de uma tonelada de CO₂ equivalente, por ano.

Capítulo 4

Avaliação Econômica de uma Planta de Produção de Pellets de Madeira na Região Sul do País

4.1 Método e premissas utilizadas para a análise econômica

A análise de viabilidade econômica é parte essencial da análise do potencial de produção de pellets na região Sul do Brasil, visando exportação da produção ao mercado europeu. Para tanto foram utilizados dados e assumidas premissas que melhor representam as condições de produção na região Sul do Brasil, bem como a realidade do mercado europeu. Os principais parâmetros considerados são apresentados na seção 4.3 – Modelagem econômica, na Tabela 15.

Na análise foi considerada uma planta pelletizadora com capacidade para produzir 100.000 toneladas de pellets de madeira por ano, instalada a cerca de 200 km de qualquer um dos principais portos graneleiros da região Sul. Como apresentado no Capítulo anterior, alguns pólos florestais não estão muito distantes do litoral de Santa Catarina e do Paraná. O valor assumido para o resíduo da biomassa florestal, posto fábrica, foi 35 R\$/m³, que já inclui o valor do frete. Essa premissa deve-se ao fato de que os segmentos consumidores de cavaco e serragem contatados localizam-se aproximadamente a 200 km dos portos. Assim, entende-se que o valor assumido é um valor realista para uma planta pelletizadora que se encontra à mesma distância dos portos. Em síntese, o valor considerado reflete o custo de oportunidade para emprego do resíduo florestal como combustível em outras instalações industriais, e cobre o valor do frete entre os pontos de disponibilidade e a unidade pelletizadora.

4.2 Processos e equipamentos

Na Figura 40 é apresentado fluxograma simplificado do processo de pelletização, no qual são indicadas as opções de produção tanto a partir da serragem quanto de cavacos. Os pellets produzidos poderiam ser ensacados ou destinados à comercialização a granel.

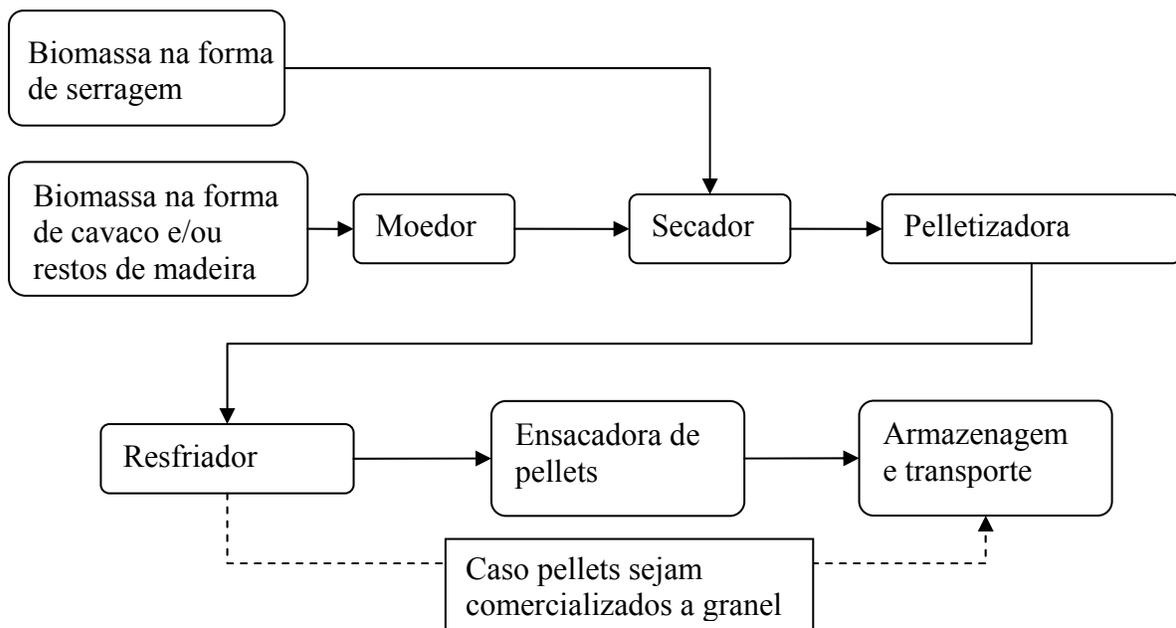
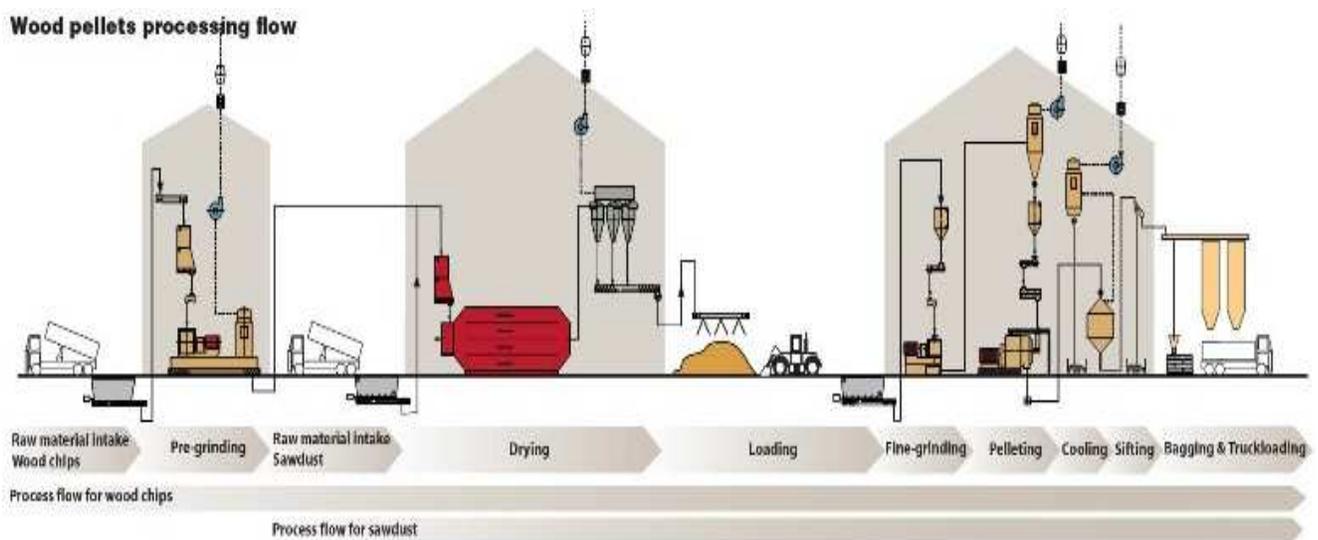


Figura 40: Fluxograma simplificado do processo de pelletização



Fonte: Andritz Sprout (2008)

Figura 41: Esquema ilustrado de uma planta pelletizadora.

A Figura 41 é também um esquema simplificado que indica a sequência de processamento da biomassa para a produção de pellets. A fonte de informação é a empresa fornecedora da unidade industrial considerada na análise de viabilidade econômica nesta dissertação. Na figura 42 é apresentado um esquema do fluxo de matéria durante a produção de pellets de madeira.

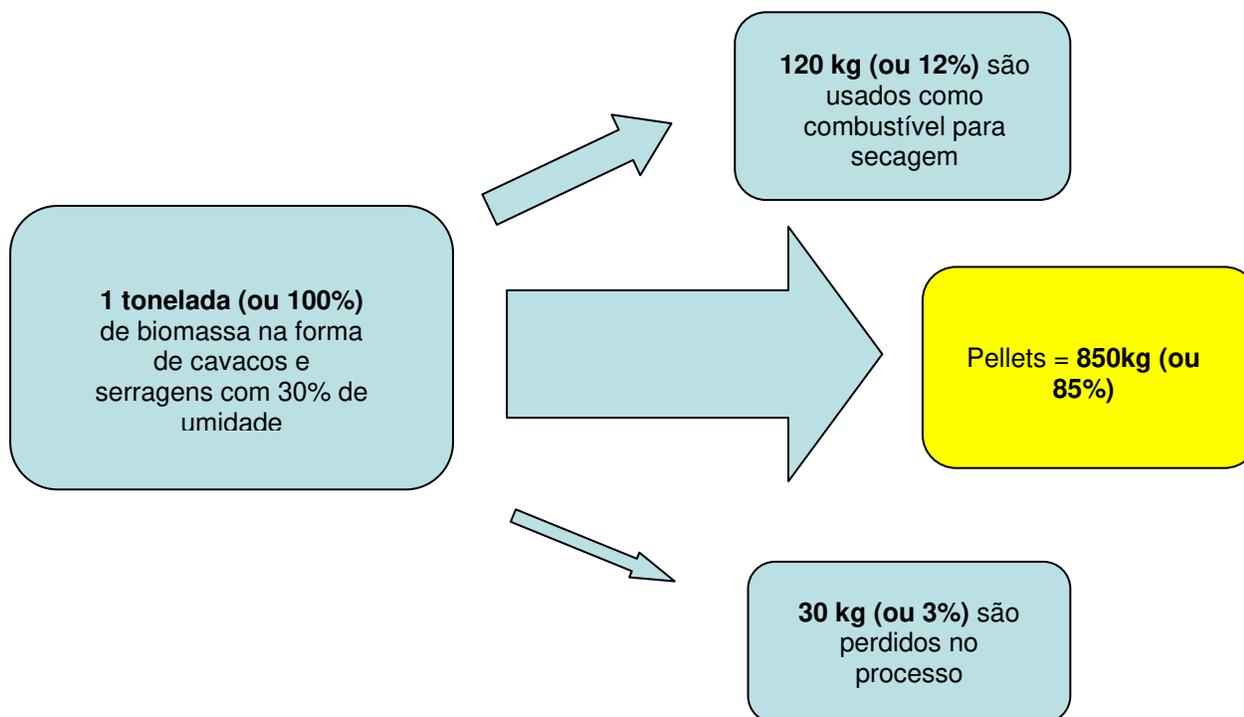


Figura 42: Esquema do fluxo de matéria em uma unidade pelletizadora

Conforme pode ser visto na Figura 42, 12% da biomassa que entra na planta é consumida como combustível para secagem (Andritz Sprout, 2009) e 3% são perdidos durante o processo de fabricação (THEK & OBERNBERGER, 2003), ou seja, de toda a matéria prima que entra em uma planta pelletizadora, somente 85% são efetivamente transformadas em produto. Em outras palavras para cada tonelada de pellets produzida, é requerida 1,15 tonelada de biomassa.

Na Tabela 15 são apresentados os principais componentes da instalação pelletizadora considerada na presente análise.

Tabela 15: Principais equipamentos de uma planta pelletizadora

Equipamento	Modelo	Foto
Secador	Horizontal belt dryer	 A long, industrial-grade horizontal belt dryer with a metallic, diamond-plate exterior and a white top section. It is shown against a plain yellow background.
Moedor	Hammer mill	 A hammer mill machine with a white body and a red electric motor on the left side. The brand name 'ANDRITZ' and 'SPROUT' are visible on the front panel. It is shown against a white background.

<p>Pelletizadora</p>	<p>Belt driven</p>	
<p>Resfriador</p>	<p>Resfriador em contra corrente tipo VK</p>	
<p>Sistema de controle</p>	<p>Controle e painel MCC</p>	

4.3 Análise de viabilidade econômica

Na Tabela 16 são apresentadas as premissas para a realização da análise de viabilidade econômica. O custo total da instalação foi estimado em R\$ 25,3 milhões, inclusive custos de montagem e o custo da edificação, considerando 5% de contingências; todos os custos correspondentes foram alocados no ano zero. Os equipamentos e a montagem da instalação foram estimados em Euros (moeda usada pelo fabricante dos equipamentos, para a cotação da planta), e o custo da edificação correspondente foi orçado em Dólares (moeda utilizada por KING, 1999 para cotação das edificações de uma planta pelletizadora). As taxas de câmbio utilizadas na análise foram 2,2 Reais/Dólar e 3,0 Reais/Euro.

Como anteriormente apresentado, o custo de referência considerado para a biomassa residual é 35 R\$/m³, posto fábrica, ou seja, o valor inclui transporte entre o local de disponibilidade e a unidade produtora de pellets.

Foi considerado que a unidade produtora de pellets consome eletricidade em alta tensão, no grupo tarifário que corresponde a A3. O consumo de eletricidade na média anual é 85,7 kWh/t de pellets. As necessidades de energia térmica são atendidas com queima da própria biomassa que é empregada como insumo na produção de pellets; para a produção de 100.000 toneladas de pellets por ano, 12.000 toneladas/ano de biomassa são empregadas como combustível. As perdas no processamento da biomassa equivalem a 3% da produção. A unidade produz 100.000 toneladas de pellets por ano, em 7.143 horas/ano, ou seja, a unidade opera com fator de capacidade 81,5%.

Foi considerado que os pellets são transportados de Paranaguá a Rotterdam, em containers de 40 pés cúbicos (28,7 toneladas de pellets por container), e que o valor de comercialização dos pellets a granel, em Rotterdam, equivale a 140 Euros/tonelada.

Com essas premissas, a Taxa Interna de Retorno do fluxo de caixa que corresponde ao investimento foi estimada em 17%, sendo o VPL em dez anos estimado em 3,6 milhões de Reais para taxa de desconto de 13%. A análise inclui recolhimento de imposto de renda. O fluxo de caixa e resultados da análise de viabilidade econômica são apresentados na Tabela 17.

A análise foi feita com a consideração de que o investimento não é financiado, ou seja, o investidor aporta integralmente o capital necessário. Tampouco foi considerado o valor residual do equipamento finda a vida útil econômica, estimada em 10 anos.

Tabela 16: Premissas assumidas na análise econômica

PREMISSAS						
categoria	item	modelo/tipo	preço/valor	unidade	Serviço e manutencao	fonte
Planta pelletizadora (impostos, serviços e treinamento inclusos)	Entrada e pre-moagem	equipamentos de moagem e auxiliares	€ 900.000,00	Euros	18,00%	Planta: Andritz Sprout Equipamentos, 2009 Manutencao: THEK and OBERNBERGER, 2003
	Seção de secagem	Secador tubular, condicionador e equipmentos auxiliares	€ 1.000.000,00	Euros	2,50%	Planta: Andritz Sprout Equipamentos, 2009 Manutencao: THEK and OBERNBERGER, 2003
	Seção de pelletizacao	peletizadora e estrutura auxiliar	€ 2.200.000,00	Euros	10,00%	Planta: Andritz Sprout Equipamentos, 2009 Manutencao: THEK and OBERNBERGER, 2003
	Outros equipamentos	equipamentos de transporte e outros perifericos	€ 150.000,00	Euros	2,00%	Planta: Andritz Sprout Equipamentos, 2009 Manutencao: THEK and OBERNBERGER, 2003
	armazenagem	silo	€ 290.000,00	Euros	1,50%	Planta: Andritz Sprout Equipamentos, 2009 Manutencao: THEK and OBERNBERGER, 2003
	Controle, painel MCC e cabos eletricos	equipamentos eletronicos e softwares	€ 1.600.000,00	Euros	2,00%	Planta: Andritz Sprout Equipamentos, 2009 Manutencao: THEK and OBERNBERGER, 2003
	Edificacao mecanica	construcao	€ 1.000.000,00	Euros	1,00%	Planta: Andritz Sprout Equipamentos, 2009 Manutencao: THEK and OBERNBERGER, 2003
	alvenaria	estrutura da fabrica, armazem de biomassa e de pellets	USD 1.235.973	dolares a unidade	1,00%	KING, 1999 (custos de obra civil para unidade pelletizadora no estado do Kansas, EUA)
custos de operacao e materia prima	biomassa	Cavacos e serragem (combustível para secagem)	R\$ 35,00	R\$/m3	n/a	Média dos preços da biomassa florestal em 2008, posto fabricade em SC e PR Fonte: Dori alimentos, National Starch, Klabin e profissionais ligados ao setor florestal e de biomassa na regioao.
		Cavacos e serragem (materia prima para produção de pellets)	R\$ 35,00	R\$/m3	n/a	
	Tarifa de energia eletrica	Horo sazonal Azul A3	0,201816	R\$/kWh	n/a	Média CELESC (01/12/2008) http://portal.celesc.com.br/portal/home/index.php?option=com_content&task=view&id=118&Itemid=#horoazul
	administracao	CLT	36000	R\$/ano	n/a	1 administrador salario de R\$ 2,500/mes
	operacao de maquinario	CLT	61200	R\$/ano	n/a	3 funcionario (3 turnos de 8h) com salario de R\$ 1,500/mes
transporte	distancia ate o porto	distancia media aproximada em estrada de asfalto	200	km	n/a	premissa assumida com base na distancia aproximada dos polos madeireiros ate os principais portos
	Frete granel ate o porto	n/a	0,135	R\$/tonelada.km	n/a	Sifreca 2008: Valor medio do frete graneleiro nos estados do Sul do pais para diferentes produtos.
	frete maritimos	container 40 pés (28.7 toneladas)	1810	USD/unidade	n/a	valor medio do frete por container de 40 pes (Hamburg Sud) no porto de Paranagua. Fonte: Operadores aduaneiros contatados pessoalmente em janeiro de 2009
	frete maritmo	desembaração e custos de embarque	600	R\$/tonelada	n/a	Taxa B/L + Despacho Fonte: Operadores aduaneiros contatados pessoalmente em janeiro de 2009
Imposto	IR	Imposto de Renda	34%	%	n/a	Receita Federal
parametros técnicos	perdas durante a produção	perdas de biomassa	3%	%	n/a	THEK and OBERNBERGER, 2003
	relacao volume/peso medio da biomassa (umidade 30% a 50%)	cavaco e serragem	2,86	m3/tonelada	n/a	compradores locais de biomassa e entrevista com profissionais ligados ao setor florestal e de biomassa na regioao (350kg/ton).
	operacao da planta	horas	7143	horas/ano	n/a	Andritz Sprout Equipamentos, 2009
	consumo de energia da unidade	energia eletrica	1,2	MWh	n/a	Andritz Sprout Equipamentos, 2009
	produção	horas	14	toneladas de pellet/hora	n/a	Andritz Sprout Equipamentos, 2009
	capacidade da planta	producao anual	100.000	toneladas de pellet/ano	n/a	Andritz Sprout Equipamentos, 2009
valores e mercado	cambio	Real/Dolar	2,2	R\$/US\$	n/a	Banco Central (valor médio ao final de 2008)
	cambio	Real/Euro	3	R\$/€	n/a	Banco Central (valor médio ao final de 2008)
	preço do pellet CIF em Continente Europeu	granel	140	euros a tonelada	n/a	Média dos preços praticados nos principais mercados europeus (PelletsAtlas 2008)

Tabela 17: Representação do fluxo de caixa de 10 anos, e resultados da TIR e do VPL.

FLUXO DE CAIXA PELLETS A GRANEL						
CAPEX		ano 0	ano 1	ano 2	ano 3	ano 4
Planta pelletizadora (impostos, serviços e treinamento inclusos)	Entrada e pre-moagem	R\$ 2.700.000	R\$ 486.000	R\$ 486.000	R\$ 486.000	R\$ 486.000
	Seção de secagem	R\$ 3.000.000	R\$ 75.000	R\$ 75.000	R\$ 75.000	R\$ 75.000
	Seção de pelletização	R\$ 6.600.000	R\$ 660.000	R\$ 660.000	R\$ 660.000	R\$ 660.000
	Outros equipamentos	R\$ 450.000	R\$ 9.000	R\$ 9.000	R\$ 9.000	R\$ 9.000
	armazenagem	R\$ 870.000	R\$ 13.050	R\$ 13.050	R\$ 13.050	R\$ 13.050
	Controle, painel MCC e cabos elétricos	R\$ 4.800.000	R\$ 96.000	R\$ 96.000	R\$ 96.000	R\$ 96.000
Obra civil e mecanica	Edificacao mecanica	R\$ 3.000.000	R\$ 30.000	R\$ 30.000	R\$ 30.000	R\$ 30.000
	alvenaria	R\$ 2.719.141	R\$ 27.191	R\$ 27.191	R\$ 27.191	R\$ 27.191
OPEX						
Biomassa	Serragem/cavaco de madeira		R\$ 10.310.300	R\$ 10.310.300	R\$ 10.310.300	R\$ 10.310.300
Energia	termica (biomassa)		R\$ 1.201.200	R\$ 1.201.200	R\$ 1.201.200	R\$ 1.201.200
	eletrica		R\$ 1.729.851	R\$ 1.729.851	R\$ 1.729.851	R\$ 1.729.851
Mao de obra	administracao		R\$ 36.000	R\$ 36.000	R\$ 36.000	R\$ 36.000
	operacao		R\$ 61.200	R\$ 61.200	R\$ 61.200	R\$ 61.200
Logistica	Frete ate o porto		R\$ 2.700.000	R\$ 2.700.000	R\$ 2.700.000	R\$ 2.700.000
	frete maritimos		R\$ 15.965.157	R\$ 15.965.157	R\$ 15.965.157	R\$ 15.965.157
custo total parcial		R\$ 24.139.141	R\$ 33.399.950	R\$ 33.399.950	R\$ 33.399.950	R\$ 33.399.950
contingencia (5%)		R\$ 25.346.098	R\$ 35.069.947	R\$ 35.069.947	R\$ 35.069.947	R\$ 35.069.947
receita bruta			R\$ 42.000.000,00	R\$ 42.000.000,00	R\$ 42.000.000,00	R\$ 42.000.000,00
receita liquida		-R\$ 25.346.097,63	R\$ 6.930.052,89	R\$ 6.930.052,89	R\$ 6.930.052,89	R\$ 6.930.052,89
Depreciação			R\$ 2.534.610	R\$ 2.534.610	R\$ 2.534.610	R\$ 2.534.610
Receita tributável			R\$ 4.395.443	R\$ 4.395.443	R\$ 4.395.443	R\$ 4.395.443
Imposto de renda			R\$ 1.494.451	R\$ 1.494.451	R\$ 1.494.451	R\$ 1.494.451
Receita após impostos			R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602
Fluxo de Caixa		(R\$ 25.346.098)	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602

FLUXO DE CAIXA PELLETS A GRANEL					
ano 5	ano 6	ano 7	ano 8	ano 9	ano 10
R\$ 486.000	R\$ 486.000	R\$ 486.000	R\$ 486.000	R\$ 486.000	R\$ 486.000
R\$ 75.000	R\$ 75.000	R\$ 75.000	R\$ 75.000	R\$ 75.000	R\$ 75.000
R\$ 660.000	R\$ 660.000	R\$ 660.000	R\$ 660.000	R\$ 660.000	R\$ 660.000
R\$ 9.000	R\$ 9.000	R\$ 9.000	R\$ 9.000	R\$ 9.000	R\$ 9.000
R\$ 13.050	R\$ 13.050	R\$ 13.050	R\$ 13.050	R\$ 13.050	R\$ 13.050
R\$ 96.000	R\$ 96.000	R\$ 96.000	R\$ 96.000	R\$ 96.000	R\$ 96.000
R\$ 30.000	R\$ 30.000	R\$ 30.000	R\$ 30.000	R\$ 30.000	R\$ 30.000
R\$ 27.191	R\$ 27.191	R\$ 27.191	R\$ 27.191	R\$ 27.191	R\$ 27.191
R\$ 10.310.300	R\$ 10.310.300	R\$ 10.310.300	R\$ 10.310.300	R\$ 10.310.300	R\$ 10.310.300
R\$ 1.201.200	R\$ 1.201.200	R\$ 1.201.200	R\$ 1.201.200	R\$ 1.201.200	R\$ 1.201.200
R\$ 1.729.851	R\$ 1.729.851	R\$ 1.729.851	R\$ 1.729.851	R\$ 1.729.851	R\$ 1.729.851
R\$ 36.000	R\$ 36.000	R\$ 36.000	R\$ 36.000	R\$ 36.000	R\$ 36.000
R\$ 61.200	R\$ 61.200	R\$ 61.200	R\$ 61.200	R\$ 61.200	R\$ 61.200
R\$ 2.700.000	R\$ 2.700.000	R\$ 2.700.000	R\$ 2.700.000	R\$ 2.700.000	R\$ 2.700.000
R\$ 15.965.157	R\$ 15.965.157	R\$ 15.965.157	R\$ 15.965.157	R\$ 15.965.157	R\$ 15.965.157
R\$ 33.399.950	R\$ 33.399.950	R\$ 33.399.950	R\$ 33.399.950	R\$ 33.399.950	R\$ 33.399.950
R\$ 35.069.947	R\$ 35.069.947	R\$ 35.069.947	R\$ 35.069.947	R\$ 35.069.947	R\$ 35.069.947
R\$ 42.000.000,00	R\$ 42.000.000,00	R\$ 42.000.000,00	R\$ 42.000.000,00	R\$ 42.000.000,00	R\$ 42.000.000,00
R\$ 6.930.052,89	R\$ 6.930.052,89	R\$ 6.930.052,89	R\$ 6.930.052,89	R\$ 6.930.052,89	R\$ 6.930.052,89
R\$ 2.534.610	R\$ 2.534.610	R\$ 2.534.610	R\$ 2.534.610	R\$ 2.534.610	R\$ 2.534.610
R\$ 4.395.443	R\$ 4.395.443	R\$ 4.395.443	R\$ 4.395.443	R\$ 4.395.443	R\$ 4.395.443
R\$ 1.494.451	R\$ 1.494.451	R\$ 1.494.451	R\$ 1.494.451	R\$ 1.494.451	R\$ 1.494.451
R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602
R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602	R\$ 5.435.602

VPL (13% taxa de desconto)	R\$ 3.671.508
TIR	17,0%

4.4 Análises dos resultados

Os resultados da análise econômica feita neste trabalho, com base nas premissas descritas na Tabela 16 e cujos resultados são apresentados na Tabela 17, indicam que a produção de pellets na região Sul do Brasil tem mínimas condições de viabilidade econômica. O conjunto de premissas considerado define as condições da viabilidade econômica. Como será comentado mais a frente, a alteração de poucas premissas já definiria cenário de inviabilidade econômica.

Como comentado anteriormente, o investimento total foi estimado em R\$ 25.346.098, e os custos anuais com operação e manutenção dos equipamentos, matéria prima, mão de obra, fretes e outras despesas somariam R\$ 35.069.947. Tanto no investimento quanto nos custos anuais foram acrescidos 5% a título de contingência, como margem de segurança.

A receita bruta anual gerada com a venda de pellets no mercado europeu, considerado o preço CIF de € 140/t do produto, seria de R\$ 42.000.000. Como comentado anteriormente, nas condições de análise a taxa interna de retorno (TIR) é estimada em 17% e o valor presente líquido (VPL), assumindo-se uma taxa de desconto de 13%, seria R\$ 3.671.508. O pay-back simples é calculado em 4,7 anos.

A composição dos custos de produção e custos de transporte e exportação de pellets é apresentada na Tabela 17. Somente os custos de produção, não considerando os custos do frete rodoviário e marítimo, correspondem a 171,49 R\$/t (alço com 10 R\$/GJ), sendo que a matéria prima representa mais do que 60% dos custos totais, seguido pelo consumo de energia elétrica, que incide com pouco mais de 10%.

Considerado o custo total de produção e exportação dos pellets até a Europa, ou seja, produto posto em Rotterdam, o frete marítimo é o item mais relevante, representando 44,6%, seguido pelo custo da matéria prima, com 28,8%. Além desses dois fatores, o preço CIF dos pellets nos portos europeus e a taxa de câmbio também impactam a viabilidade do empreendimento.

A incidência do custo do frete na viabilidade do empreendimento indica a importância dos aspectos logísticos. Com efeito, a otimização da logística, visando redução de custos e dos tempos de transporte é aspecto fundamental no negócio objeto de análise. Riscos devem ser minimizados com contratos de transporte.

Tabela 18: Estrutura dos custos para fabricação de pellets de madeira em uma unidade com capacidade para 100.000t/ano, com e sem o frete

estrutura dos custos					
	item	custos e despesas	participação na composição do preço do pellets	participação na composição do preço do pellets sem o frete	
Planta pelletizadora (impostos, serviços e treinamento inclusos)	Entrada e premoagem	R\$ 270.000	0,8%	1,6%	custo de maquinario foi dividido por 10, de forma a pulverizar o investimento em equipamento pelos 10 anos de operacao da planta
	Seção de secagem	R\$ 300.000	0,8%	1,7%	
	Seção de pelletizacao	R\$ 660.000	1,8%	3,8%	
	Outros equipamentos	R\$ 45.000	0,1%	0,3%	
	armazenagem	R\$ 87.000	0,2%	0,5%	
	Controle, painel MCC e cabos eletricos	R\$ 480.000	1,3%	2,8%	
Obra civil e mecanica	Edificacao mecanica	R\$ 300.000	0,8%	1,7%	
	alvenaria	R\$ 271.914	0,8%	1,6%	
Manutencao	manutencao das instalacoes	R\$ 1.396.241	3,9%	8,1%	
Biomassa	Serragem/cavaco de madeira	R\$ 10.310.300	28,8%	60,1%	
Energia	termica (biomassa)	R\$ 1.201.200	3,4%	7,0%	
	eletrica	R\$ 1.729.851	4,8%	10,1%	
Mao de obra	administracao	R\$ 36.000	0,1%	0,2%	
	operacao	R\$ 61.200	0,2%	0,4%	
Logistica	Frete ate o porto	R\$ 2.700.000	7,5%	-	
	frete maritimos	R\$ 15.985.157	44,8%	-	
total incluindo maquinario e frete		R\$ 35.813.864	100,0%	100,0%	
custo de producao do pellet sem frete nem exportacao (R\$/ton)		R\$ 171,49			
custo do pellet incluindo frete ate o porto e exportacao para Europa (R\$/ton)		R\$ 358,14			
custo do pellet incluindo frete ate o porto e exportacao para Europa (€/ton)		€ 119,38			

Considerado o custo do frete, os pellets produzidos no Brasil chegariam a Europa com custo de 358,14 R\$/t (ver Tabela 18), ou algo como 10 US\$/GJ (ou 7 €/t).

Evidentemente que o preço dos pellets é fundamental para a viabilidade econômica do empreendimento. De acordo com os resultados da análise feita (resultados apresentados na Tabela 17), uma queda de apenas 2% no preço CIF (i.e., para € 137,2/tonelada) levaria o empreendimento ao limite de sua viabilidade. A respeito, os efeitos da crise financeira na segunda metade de 2008, que são ainda mais evidentes no início de 2009, podem impactar os mercados de pellets na Europa. Com efeito, no fim de Janeiro de 2009, o preço dos pellets a granel nos principais portos europeus era € 120/t (Wild, 2009), o que, *caeteris paribus*, tornaria inviável a produção de pellets no Brasil, visando sua exportação.

Por outro lado, a mesma crise econômico-financeira tem também reflexos nos custos do frete internacional, que caíram significativamente nos últimos meses. Segundo Wild (2009), a combinação da menor demanda por frete, a redução dos preços internacionais do petróleo (i.e., menor despesa com o frete em função do menor custo do combustível), e a redução do tempo de espera nos portos (também em função da menor atividade econômica) fizeram com o custo do frete de pellets do Brasil para a Europa caísse entre meados de 2008 e início de 2009 de cerca de US\$ 80-90/t, para aproximadamente € 20/t (i.e., aproximadamente US\$ 26,00/t). Na análise feita no presente estudo, o custo do frete, incluindo as taxas portuárias e o transporte marítimo em si, foi avaliado em US\$ 72,5/t. Portanto, *caeteris paribus*, a queda do valor do frete representaria significativa melhoria na economicidade da produção de pellets no Brasil, visando sua exportação.

Aproveitando-se a estrutura de análise econômica anteriormente apresentada, foi feita a análise da situação que combina os dois efeitos descritos a cima e que melhor reflete o quadro atual para a exportação de pellets à Europa. A TIR foi calculada em 31,7% e o VPL para taxa de desconto de 13% foi calculado em R\$ 18.749.231.

Considerado invariável o custo do frete marítimo, fez-se a análise de sensibilidade assumindo variações dos preços nos dois extremos da cadeia, ou seja, considerando flutuações no preço do pellets em portos europeus (valor CIF) e do preço da matéria prima (resíduos de madeira). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 19; as linhas em laranja indicam a transição para a condição de inviabilidade econômica. Como havia sido comentado anteriormente, pequena queda

no preço dos pellets na Europa torna inviável sua produção no Brasil. Da mesma forma, uma elevação de 10% no custo de oportunidade da matéria prima torna igualmente inviável a produção de pellets visando sua exportação.

Tabela 19: Análise de sensibilidade considerando variações do preço do pellets na Europa e o custo de oportunidade da biomassa na região Sul do Brasil

análise de sensibilidade			
cenário	preço do pellets/biomassa	TIR	VPL (13%)
queda de 1% no preço CIF do pellets	€138.6/tonelada	15,50%	2.296.970
queda de 2% no preço CIF do pellets	€137.2/tonelada	14,10%	965.859
queda de 3% no preço CIF do pellets	€135.8/tonelada	12,60%	(365.251)
aumento de 5% no preço da biomassa	R\$ 36.75/m ³	14,90%	1.712.695
aumento de 7.5% no preço da biomassa	R\$ 37.6/m ³	13,90%	782.366
aumento de 10% no preço da biomassa	R\$ 38.5/m ³	12,80%	(202.689)

O aumento da oferta de resíduos de biomassa na região Sul do Brasil, para que caiam seus custos de oportunidade, é condição importante para a viabilidade da produção de pellets visando sua exportação. O valor de 35 R\$/m³, assumido na análise como condição de referência, tem embutido um custo de transporte até a unidade pelletizadora; assim, uma alternativa seria localizar a produção de pellets onde há disponibilidade de resíduos, o que implicaria redução dos custos da matéria prima.

A análise de sensibilidade feita para o frete do produto até o porto indica que, *caeteris paribus*, 280 km seria a distância limite para o frete doméstico, o que induz a conclusão que a produção de pellets em regiões mais distantes da costa só seria viável se a matéria prima tivesse baixo valor de mercado. A análise de sensibilidade no que tange o frete rodoviário do produto até o porto pode ser visto na Tabela 20.

Tabela 20: Análise de sensibilidade para a distância entre a planta pelletizadora e o porto

Análise de sensibilidade ao frete rodoviário				
Cenário	distancia (km)	Custo anual com frete (R\$)	TIR	VPL(13%)
atual	200	2.700.000	17%	3.671.508
aumento em 10%	220	2.970.000	16%	2.773.008
aumento em 20%	240	3.240.000	15,10%	1.874.509
aumento em 40%	280	3.780.000	13,10%	77.510
aumento em 50%	300	4.050.000	12,10%	(820.990)
aumento em 100%	400	5.400.000	6,70%	(5.131.487)

Uma vez que tanto a receita da venda do produto quanto o investimento em máquinas são cotados em moeda européia, também foi feita a análise de sensibilidade do câmbio (R\$/Euros), cujos resultados são apresentados na Tabela 21

Tabela 21: Análise de sensibilidade para flutuações no câmbio R\$/Euro

Análise de sensibilidade ao câmbio R\$/Euro			
Flutuacao	Cenário de câmbio (R\$/Euro)	TIR	VPL(13%)
atual	3,0	17%	3.671.508
queda	2,9	12,9%	(72.614)
queda	2,8	8,3%	(3.816.736)
elevacao	3,1	20,6%	7.415.629
elevacao	3,2	23,9%	11.159.751
elevacao	3,3	26,9%	14.903.873

As linhas laranjas indicam a inviabilidade do empreendimento e as azuis sua viabilidade, ou seja com TIR superior a 13%, conforme referência adotada. A conclusão é que o investimento é bastante suscetível às flutuações do câmbio e é tanto mais rentável quanto menos valorizado estiver o Real. Além do objetivo do empreendimento ser a exportação, a incidência do investimento inicial é relativamente pequena nos custos de produção.

Finalmente, cabe mencionar uma alternativa não explorada neste estudo, e que deve ser devidamente analisada: o fornecimento de biomassa para produção de pellets via silvicultura voltada especificamente para esse fim. Entretanto, para se considerar essa alternativa é importante atentar para o aumento nos custos com eletricidade e manutenção de equipamentos de moagem, uma vez que a matéria prima chegaria à planta em toras e não mais na forma pré-processada, como cavacos e serragem.

O incremento médio anual (IMA) das plantações de pinus no Brasil gira em torno de $25\text{m}^3/\text{ha.ano}^{29}$, com ciclos de corte por volta do 11º ano, sem considerar os desbastes dos anos anteriores, o que significa disponibilidade de $275\text{ m}^3/\text{ha}$ no 11º ano. O teor de casca (aproximado) da madeira dessa conífera é de 10,79% (base volumétrica) (WIECHETECK & SHIMOYAMA, 1993), enquanto a densidade da madeira é de $0,402\text{g}/\text{cm}^3$ (QUAQUARELLI, 2002).

Assim, a produção necessária para atender a demanda de matéria prima da planta sob análise é de $318.521\text{ m}^3/\text{ano}^{30}$ de madeira, que em área, considerando o volume de madeira de uma floresta de pinus com 11 anos, é de 1.158 hectares. Por outro lado, se o objetivo é a autossuficiência no longo prazo, a área deve ser multiplicada por 11, tendo em vista o intervalo dos ciclos de colheita florestal, o que resultaria 12.740 hectares³¹.

²⁹ A Gerdau Florestal encontrou IMA de $27,05\text{m}^3/\text{ha.ano}$ (valor médio nas plantações próprias de pinus com 11 anos em cinco sítios diferentes). Kronka, Ribas e Monteiro, pelo Instituto Florestal de São Paulo, apontam IMA médio nacional para florestas de pinus de $23\text{m}^3/\text{ha.ano}$.

³⁰ $318.521 = 115.000$ (demanda total da planta incluindo perdas e combustível) / densidade da madeira de $0,4 + 10,79\%$ para compensar o teor de casca da tora de pinus.

³¹ Manejados anualmente em talhões de 1.158ha, com ciclos de colheita se repetindo a cada 11 anos em cada talhão.

Capítulo 5

Conclusões

5.1 Considerações finais

O presente trabalho tinha como objetivo a avaliação do potencial de produção de pellets de madeira na região Sul do Brasil, com vista à exportação para o mercado Europeu. O interesse na avaliação deve-se ao fato de que os pellets têm sido bastante utilizados na Europa, seus preços têm sido crescentes nos últimos anos, e o Brasil é um país que apresenta aptidão para produção florestal. O foco da avaliação foi posto na exportação para a Europa, pois é aquele o principal mercado mundial, e é também bastante receptivo às importações em função da baixa capacidade de produção local. O foco da produção foi posto na região Sul do Brasil, em função da grande concentração da silvicultura principalmente em Santa Catarina e Paraná, da concentração da indústria madeireira na região, do fato da produção florestal ser majoritariamente certificada, e da existência de infraestrutura minimamente adequada na região.

Considerada a disponibilidade de biomassa residual na região Sul, poderiam ser produzidos aproximadamente 1 milhão de toneladas de pellets por ano, montante comparável com a produção do Canadá em 2008 (2 milhões de toneladas), que é o maior produtor e o maior exportador mundial. Entretanto, na região Sul do Brasil há mercado para a biomassa residual, principalmente como combustível industrial, o que limita o potencial de produção de pellets.

Na dissertação foi feita análise de viabilidade econômica de uma unidade industrial com capacidade de produção de 100.000 toneladas de pellets por ano. Foram feitas hipóteses de forma a aproximar o mais possível a análise da realidade na região Sul, e do momento atual. Foi considerada a produção no Paraná, o embarque no porto de Paranaguá, e a destinação do produto

ao porto de Rotterdam, na Holanda, onde os pellets seriam vendidos a granel para fins industriais e/ou para combustível em geração termoelétrica.

Os resultados da análise indicam viabilidade econômica suficiente, uma vez que a taxa interna de retorno (TIR) do empreendimento foi avaliada em 17% e o valor presente líquido (VPL), assumindo-se taxa de desconto de 13%, foi avaliado em R\$ 3.671.508.

Ainda do ponto de vista econômico, concluiu-se que a viabilidade econômica do empreendimento é mais sensível aos seguintes fatores:

- ✓ O preço de venda dos pellets a granel na Europa. O preço assumido como referência foi 140 €/t, e uma pequena queda de apenas 2% no valor de venda já seria suficiente para levar o empreendimento ao limite de viabilidade (considerada remuneração de 13% ao ano como minimamente atrativa);
- ✓ O custo do frete marítimo. Este representa mais do que 44% do custo dos pellets posto Rotterdam, e impacta em muito a viabilidade econômica do investimento;
- ✓ O preço da matéria prima (resíduos de madeira) na região Sul. A biomassa residual tem custo de oportunidade na região, em função do uso alternativo como combustível industrial.

Além dos aspectos descritos acima, existem ainda outros dois outros pontos importantes tanto do ponto de vista da composição dos custos quanto dos riscos do empreendimento, que são:

- ✓ A distância da planta de pelletização até o porto de embarque, bem como da planta de pelletização até a região na qual a matéria prima está disponível. Ambas distâncias afetam os custos do frete terrestre. Nesse caso, vale destacar a importância dos contratos de frete, ou mesmo de se considerar investimento em frota particular de caminhões;
- ✓ A garantia de fornecimento da matéria prima: O estudo faz referência a um consumo superior a 100.000 toneladas ano de biomassa seca, o que equivale a quase 300.000 metros cúbicos de cavaco/serragem de madeira por ano. A garantia de fornecimento é um dos problemas apontados pelos compradores de biomassa na região, que buscam sempre diversificar seus fornecedores como forma de mitigar os riscos.

Outras importantes conclusões do trabalho são:

- ✓ A Europa, enquanto maior consumidora mundial de pellets combustível, por já possuir um mercado estruturado e incentivos ao uso do pellets, tanto em residências como em termoelétricas. É, de fato o mercado mais promissor, o que não significa que outros mercados, inclusive o nacional, futuramente não possam vir a se tornar atrativos.
- ✓ A região Sul, com destaque para Santa Catarina e Paraná, é de imediato a região com o maior potencial de geração de resíduos de madeira para a produção de pellets para exportação, uma vez que já possuem segmento florestal bem estruturado e fundamentado em florestas plantadas, destinadas em grande parte ao processamento mecânico da madeira;
- ✓ É durante o processamento mecânico da madeira, em madeireiras e serrarias, que são gerados os maiores volumes de resíduos. Em função do grande volume de material gerado e de sua concentração nos pátios das indústrias. As serrarias e madeireiras são a principal fonte de matéria prima para a produção do pellets e é importante a proximidade dessas com a planta pelletizadora;
- ✓ As florestas plantadas de coníferas (gênero *Pinus*), predominantes nos estados de Santa Catarina e Paraná, conferem à região Sul vantagens estratégicas na produção do pellets para a exportação, uma vez que florestas plantadas teriam menos restrições quanto a comprovação da origem sustentável da biomassa, e também pelo fato dos pellets feitos a partir de madeiras de coníferas atenderem melhor os padrões de qualidade europeus;
- ✓ A região Sul desfruta, ainda, de uma boa infraestrutura logística, aspecto que é fundamental em qualquer cadeia que vise o processamento e a exportação de grandes volumes de biomassa;
- ✓ Por outro lado, a região Sul possui uma atividade industrial bastante dinâmica, o que tem se refletido nos últimos anos em um crescente aumento na demanda de biomassa para geração de vapor em processos industriais, uma vez que esses passaram a substituir, em alguns casos, os combustíveis fósseis tradicionais. Esse aumento na demanda por biomassa, tem levado ao aumento no preço dos resíduos florestais.

5.2 Sugestões para próximos trabalhos

São apresentadas a seguir sugestões de trabalhos para a continuidade do estudo do tema.

São elas:

- ✓ Identificar outras fontes de resíduos florestais, ainda subaproveitadas, dentro da cadeia de produtos florestal, como o desbaste de florestas, poda de árvores e resíduos de colheita;
- ✓ Verificar a viabilidade de se desenvolver a silvicultura com a finalidade exclusiva de se produzir matéria prima para pellets, considerando não só os aspectos técnicos, mas também de custo de oportunidade;
- ✓ Avaliar o balanço energético dos pellets em diferentes arranjos produtivos;
- ✓ Analisar esquemas alternativos de transporte marítimo, bem como o impacto da escala, como forma de reduzir os custos de exportação do produto;
- ✓ Estudar a viabilidade de uso dos pellets combustível no Brasil;
- ✓ Estudar a produção de pellets na região Norte, levando em consideração aspectos ambientais, sociais, logísticos e eventuais de barreiras de mercado.

Referências Bibliográficas

ABRAF- Associação Brasileira de Produtores de Floresta Plantada. **Anuário Estatístico da ABRAF: Ano base 2006**. Brasília, 2007. 80 pg.

ALAKANGAS, Eija Standards for solid biofuels and feedback from market actors. In: **BIOENERGY EUROPE** , 2007, London. **Markets and finance for biofuels and biomass...** [s.l.]: [s.n.]. 2007.

ALAKANGAS, Eija; Heikkinen, Antti; Lensu, Terhi; Vestsrinen, Pirkko. **Biomass fuel trade in Europe**, Summary Report, VTT Technical research Centre of Finland, 2007, Jyvaskyla Finland. 2007, 57 pg. EUBIONET 2.

ANDRITZ SPROUT Equipamentos, comunicação pessoal com departamento comercial da empresa no período de 2008 e 2009.

BAUMGARTNER, Thomas. Transfer of technology: Production of development or reproduction of dependency? In: ERNST, Dieter. **The new international division of labour technology and under-development: Consequences for the third world**. Bonn-Germany: Campus Verlag, 1980. p. 575-591.

BRAND, M.A; MUNIZ, G.I.B.; SILVA, D.A.; KLOCK. U. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serrarias através do balanço de materiais. **Revista Floresta** 32(2) 247-259. Paraná, 2001.

BRASIL - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sistema de Recuperação Automática de Dados – SIDRA. **Silvicultura** . Disponível em www.ibge.gov.br Acessado em 30 de maio de 2007.

BRASIL - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Sistema de Recuperação Automática de Dados – SIDRA. **Pesquisa Industrial Anual**. Disponível em www.ibge.gov.br Acessado em novembro de 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011**. Brasília, DF. 2005. 120p

BRASIL. Ministério de Minas e Energia - Balanço Energético Nacional (BEN). **Análise Energética Brasileira - Período 1970 a 2004**. Brasília, DF. 2005. 8p

BRASIL. Ministério dos Transportes – **Governo Federal**, Disponível em <http://www.transportes.gov.br/Bit/pg-inicial.htm>, acessado em 12 de dezembro de 2008.

BRASIL. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais** - INPE/Prodes Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/> , acessado em 4 de fevereiro de 2009.

CIARDELLI Fuel. Disponível em: <http://www.cfuel.com/index.asp?pgid=13> acessado em 5 de novembro de 2008.

CMO. **International Renewable Biomass**. [s.l.]: [s.n.]. 2008, Disponível em <http://www.internationalrenewablesenergy.com/index.php?pag=menu&idmenu=198&wood-pellets> Acessado em outubro 2008.

COUTO, H.T.Z; BRITO, J.O., TOMAZELLO, M.F. **Quantificação de resíduos florestais para produção de energia em povoamento de *Eucalyptus saligna***, IPEF n.26. ESALQ-USP Piracicaba – SP 1984, p.19-23.

COUTO, H.T.Z; BRITO, J.O. Inventário de resíduos florestais - **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.1, n.2, p.A.1 – A.13, Jul.1980.

Centro de Tecnologia do Gás – CTGÁS. **Dados de unidades de conversão**. Disponível em www.ctgas.com.br/informacoes/publicacoes/dados_unidade_conversao.pdf Acessado em novembro de 2008.

DOLZAN, Paulo; WALTER, Arnaldo. **Brazilian solid biofuels and the international bio-energy trade**: Costs added by logistic barriers versus market prices. European Biomass Conference, Berlim, 2007. 4p.

ESSEN, P.V. Rotterdam Biohub - port of Rotterdam: in the midst of large scale developments. **EUBIONET II** / Task 40, Finland, 2007.

EUROPA Jelle Bosch; Francis X. Johnson; Roeland Mertens. **Panorama of Energy in Europe**. Luxembourg, 2007, Eurostat, 178 pg

EUBIA. European Biomass Industry Association. Disponível em: <http://www.eubia.org/338.0.html> . Acessado em agosto de 2007

EUROPEAN COMMISSION for Energy and Transport. Save II Action, Contract no. 4.1031/Z/99-283 - **Labelling and other measures for heating systems in dwellings**. Final Technical Report. Jan.2002, 52 pg.

EUROPEAN COMMISSION – **EU Plano de Ação Biomassa**. COM(2005) 628 final. Bruxelas, 2005, 48pg.

EUROPEAN COMMISSION – **EU action against climate change**. The European Climate Change Programme. 2006, 20pg.

EUROPEAN COMMISSION - **EU Commission proposes an integrated energy and climate change package to cut emissions for the 21st Century**. Disponível em: http://www.europa-eu-un.org/articles/en/article_6665_en.htm Acessado em junho de 2008.

EUROPEAN PELLETS CENTER PROGRAM. **1st Newsletter of the Pelletsatlas project**, [s.l.]: [s.n.]. 2007, 12 pg

EUROPEAN PELLETS CENTER - **3rd Newsletter of the Pellets@las project**. [s.l.]: [s.n.]. Intelligent Energy Europe. Jun 2008. 10p.

EUROPEAN PELLETS CENTER – Pellets@las Project. Disponível em <HTTP://www.pelletcentre.info/cms/site.aspx?p=878> Acessado em dezembro de 2008.

EUROSTAT- Statistical Office of the European Communities. **Environment and Energy**. 2007. Disponível em: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136239,0_45571444&_dad=portal&_sc_hema=PORTAL . Acessado em: maio de 2008.

GERDAU Florestal – **Incremento Medio Anual em talhões de *Pinnus elliottii* e *taeda***. Disponível em: <http://www.gerdauflorestal.com.br/download/monitoramento/IMA.pdf> . Acessado em: fevereiro de 2009

HAHN, Brigitte. Pellets for Europe. **Existing Guidelines and Quality Assurance for Fuel Pellets**. St. Pölten, Áustria [s.l.]: [s.n.]. 2004, 20 pg.

HAYES, Sandra. The National Energy Foundation Pellets Fuel Production Workshop: **VAPO Finland**, consultant for Pellets@las and the UK Pellet Market, novembro de 2007, Finlândia, 2007

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA Bioenergy Task 40. **Global Wood Pellets Markets And Industry: Policy Drivers, Market Status And Raw Material Potential**, [s.l.]: [s.n.]. 2007, 127 pg

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – Oil Market Report. **Average CIF Cost of Imported Crude Oil IEA Europe**. OECD/IEA. Disponível em: www.oilmarketreport.org . Acessado em março de 2009.

JONES, R.W; NEARY, J.P. **The positive theory of international trade**. In: Jones and Kenen. [s.l.], [s.n.]. v.1. 1984.

JUNGINGER, M.; FAAIJ, A. **IEA Bioenergy Task 40 – Country report for the Netherlands**. [s.l.]: [s.n.]. 2006. Disponível em: <<http://www.bioenergytrade.org>>. Acesso em: nov de 2006.

KING, Joseph, E. **Reducing bioenergy cost by monetizing environmental benefits of reservoir water quality improvements from switchgrass production: Pelletsized switchgrass for space and water heating**. Lawrence, Kansas: [s.n.], 1999. 76p.

KRONKA, F, J.N; RIBAS, C; MONTEIRO, C. **Revista Campo e Negocio**. Disponível em: http://www.revistacampoenegocios.com.br/anteriores/07-08/index.php?referencia=em_negrito08 Acessado em: fevereiro de 2009.

KRUEGER, A.O; LARY, H.B; MONSON, T. and AKRASANEE, A. **Trade and employment in developing countries:1 Individuals studies**. Chicago, University of Chicago Press. Ill. 1983.

LENTILI, Marcos. **A ilegalidade no setor madeireiro da Amazônia**, Disponível em: <http://empresasefinancas.hsw.uol.com.br/industria-da-madeira5.htm> Acessado em junho de 2008.

MANI, Sudhagar. Simulation of biomass pelletsing operation. Prince George. **Bioenergy Conference & Exhibition** [s.n.]. Department of Chemical & Biological Engineering University of British Columbia. 2006. 22p.

NEOS - Corporation for State of Colorado Office of Energy Conservation Corporation. **Wood Pelletsization Sourcebook: A Sample Business Plan for the Potential Pellets Manufacturer**. U.S. Department of Energy Great Lakes Regional Biomass Program Colorado-USA., 1995.

PASTRE, Olivier. Analysis of the technical obstacles related to the production and utilization of fuel pellets made from agricultural residues. In: ALTENER, 2002, [s.l.]: **Pellets for Europe...**[s.l.]: [s.n.]. 2002. 107 pg.

PELLETS ATLAS PROJECT- **Intelligent Energy. 2008.** Disponível em: <http://www.pelletsatlas.info/cms/site.aspx?p=5351>. Acessado em: dezembro de 2008.

PETERSON SOLID CORPORATION. **Oregon Logging Conference.** Oregon-USA. 2007. 42p.

PORTUGAL. Ministério da Economia e da Inovação – Direção Geral de Energia e Geologia. **Diário da República**, 2.^a série — N.º 122 —2008, 2p

PNUD/MME, Relatório Final da Parte I do Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Funcamp/Unicamp - **Levantamento do potencial nacional de produção de eletricidade nos segmentos sucroalcooleiro, madeireiro e em usinas de beneficiamento de arroz.** [s.n.]. Campinas, SP, Junho de 2005. 158p

POLAGYE, Brian, L; HODGSON, Kevin, T; MALTE, Philip C. An economic analysis of bio-energy options using thinnings from overstocked forests. **Biomass and Bioenergy.** Seattle, USA, n.31, 105–125, nov. 2006.

QUAQUARELLI, Márcia, R; ARITA, Gisele, S; BITTENCOURT, Eduardo; KLOCK, Umberto; MUÑIZ, Graciela, I, B. Características físicas da madeira de pinus taeda l - **XI Encontro Anual de Iniciação Científica de Maringá**, Universidade Federal do Paraná/Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Curitiba, PR, 2002

RAKOS, Christian. European pellets markets. In: proPellets, 2007, Austria. **Recent developments & policy issues** [s.l.]: [s.n.]. 2007

ROWTHORN, R.E; WELLS, J.R. **Desindustrialization and foreign trade.** Cambridge, Cambridge University Press. 1987.

SHIMOYAMA, V.R.S; WIECHETECK, M.S.S; **CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA E DA PASTA TERMOMECÂNICA DE *Pinus***. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.9, n.27, p.63 – 80, Ago.1993. 18p.

SIFRECA. **Serviço de Informação de Cargas e Fretes**. [s.l.]: [s.n.]. 2007, Disponível em <http://www.sifreca.esalq.usp.br> Acessado em: nov 2007.

Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS). disponível em <http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm> acessado em 30 de maio de 2007.

STAAIJ, Van der, 2005. in **Standards for solid biofuels and feedback from market actors - Personal communication on imported biomass volumes in 2004 in Rotterdam harbour**, 28 April 2005, Havenbedrijf Rotterdam.

SYRQUIN, Moshe. **Patterns of structural change**. In: Chenery and Srinivasan. [s.l.], [s.n.]. v 1. 1988.

THEK, Gerold; OBERNBERGER, Ingwald. Wood pellets production costs under Austrian and in comparison to Swedish framework conditions. **Biomass and Bioenergy**, Graz, Austria, n.27, 671–693, jul 2003.

WILD, Michael. CEO da European Bio Energy Systems. Comunicação pessoal em Janeiro de 2009.

WOOD, Adrian. **North-South trade employment and inequality**: Changing fortunes in a skill-driven world. 2 ed. New York: Clarendon Press - Oxford, 1997. 505p.