

Classificação energética dos resíduos de madeira de Pinus utilizados para a geração de energia calorífica em função do poder calorífico e teor de umidade

Rodrigo Afonso Candéo (UNINTER-PR) rodrigocandéo@bol.com.br
Camila de F. Peroto Lopes (UTFPR) camiperoto@hotmail.com
Profa. Dra. Juliana Vitoria Messias Bittencourt (UTFPR) julianavitoria@utfpr.edu.br
Prof. Dr. João Luiz Kovaleski (UTFPR) kovaleski@utfpr.edu.br

Resumo:

A utilização dos resíduos de madeira de pinus para a geração de energia calorífica é uma ótima alternativa do ponto de vista ambiental. Para que seja também considerada uma ótima alternativa do ponto de vista econômico é necessário que haja uma correta classificação dos resíduos de acordo com o potencial energético disponível e também um controle das demais variáveis que interferem diretamente na eficiência do material utilizado. O presente estudo buscou classificar os resíduos de madeira de pinus, cascas, cavaco, serragem e maravalha, de acordo com seu poder calorífico, bem como demonstrar a influência do teor de umidade sobre o potencial energético de cada um destes resíduos. Foi realizada uma pesquisa de campo junto à empresa Louisiana Pacific do Brasil, empresa que produz painéis de madeira conhecidos como OSB (*Oriented Strand Board*) utilizados para construção de residências a seco, a qual também utiliza os resíduos de madeira de pinus como fonte de energia calorífica. Os resultados demonstraram uma redução de quase 45% no consumo de biomassa após a empresa pesquisada iniciar a classificação dos resíduos e o monitoramento do teor de umidade. A casca de pinus foi considerada a melhor alternativa do ponto de vista energético seguido pelo cavaco de pinus. Ficou caracterizado que o teor de umidade presente nos resíduos de madeira estudados, possui uma relação inversamente proporcional com o seu poder calorífico.

Palavras-chave: Pinus, Umidade, Poder Calorífico, Resíduos, Energia Calorífica, Biomassa.

Energetic classification of waste wood for Pine employed for the generation of calorific energy according to the calorific power and moisture content.

Abstract:

The use of waste wood of pine for the generation of calorific energy is a great alternative from an environmental standpoint. To be considered also a great alternative economic standpoint, there needs to be a correct classification of the waste according to the potential energy available and also control other variables that directly affect the efficiency of the material used. The present study sought to characterize the waste wood from pine bark, wood chips, sawdust and shavings, according to its calorific value, as well as demonstrating the influence of moisture content on the energy potential of each of these residues. We conducted a field survey along the Louisiana Pacific of Brazil, a company which produces wooden panels called as OSB (*Oriented Strand Board*) used for construction of dry houses, which also uses pine wood waste as an energy source heat. The results showed an reduction of almost 45% in the consumption of biomass after the company starts researched waste classification and monitoring of moisture content. The pine bark was considered the best alternative from the point of view of energy followed by pine chips. It was observed that the moisture present in wood waste studied, has an inverse relationship with its calorific power.

Key-words: Pinus, Moisture, Calorific Power, Waste, Heat Energy, Biomass.

1. Introdução

Desde os primórdios, a madeira e seus resíduos vêm sendo utilizados como combustível para a geração de energia calorífica necessária para a sobrevivência da nossa espécie. Com a chegada das indústrias, esta fonte de energia também passou a ser utilizada no processo de transformação de alguns segmentos.

Atualmente esta fonte de energia vem sendo cada vez mais explorada em função de uma série de vantagens, as quais estão listadas abaixo:

- Fonte de energia abundante na natureza,
- Destinação de um resíduo e redução de passivo ambiental,
- Fonte de energia renovável,
- “Energia limpa”,
- Etc.

Em função destas vantagens, diversas indústrias de diversos segmentos adotaram este recurso como fonte de geração de energia calorífica para seus processos. O resultado desta necessidade, foi à criação de um mercado de comercialização de resíduos madeiráveis.

Este mercado basicamente é abastecido por empresas florestais e/ou indústrias de beneficiamento de madeira, onde os resíduos são comercializados por peso (massa), em base úmida (bu), sem nenhum tipo de classificação energética, ou seja, o resíduo comercializado não é classificado e não segue nenhum padrão. Esta falta de padronização, originada muitas vezes pela falta de entendimento sobre o assunto, faz com que as indústrias abastecidas por esta fonte de energia sigam perdendo eficiência por adquirirem resíduos a preços incompatíveis com o potencial energético disponível, ou seja, os preços pagos pelos resíduos não leva em conta o potencial energético disponível.

Para elevar a eficiência do material e torná-lo competitivo frente a outras fontes de energia, suas propriedades energéticas precisam ser controladas. Este controle é feito através da análise e acompanhamentos de variáveis como teor de umidade (TU), teor de cinzas (TC), densidade e poder calorífico (BRAND, 2007).

O poder calorífico refere-se à quantidade de energia liberada na forma de calor pela combustão de uma unidade de massa, expressa em (kcal/kg) quilocaloria/quilograma, e pode ser demonstrado de três formas, sendo PCS (poder calorífico superior), PCI (poder calorífico inferior) e PCL (poder calorífico líquido).

No PCS a combustão se efetua a volume constante e a água formada durante a combustão é condensada, recuperando o calor derivado desta condensação (BRIANE & DOAT, apud QUIRINO et al., 2005).

A partir do PCS, desconta-se a energia gasta para evaporar o hidrogênio de constituição do combustível na forma de água, obtendo-se o PCI. (NASCIMENTO, 2006).

O PCL provém do PCI, onde é deduzida toda a energia consumida para evaporar a água presente no resíduo (água de formação + água de absorção). O PCL determina a quantidade de energia líquida disponível no resíduo sendo também influenciado pelo setor de inorgânicos presentes no material, (resíduos do solo, sílica, etc.).

A determinação do TU é de grande importância principalmente por apresentar um poder calorífico negativo, assim necessitando de energia na forma de calor para evaporá-lo (BRITO & BARRICHELO, 1979).

O TU também possui influência direta sobre o peso (massa) do resíduo. Esta influência além de reduzir o poder calorífico, impacta diretamente no aumento nos custos de aquisição do material.

Com base nestas informações, serão demonstrados neste artigo os diferenciais energéticos para cada resíduo estudado, bem como a influência do teor de umidade sobre o seu poder calorífico. Também serão apresentadas algumas soluções ambientais muito inteligentes para a destinação das cinzas resultantes do processo de combustão destes resíduos. Ao final do estudo serão apresentados os resultados obtidos pela empresa pesquisada após iniciar um rígido controle de classificação energética dos resíduos e controle do TU.

2. Materiais e Métodos

O presente trabalho realizado junto à empresa Louisiana Pacific do Brasil situada na cidade de Ponta Grossa – PR, ocorreu em função da necessidade de otimização nos custos de geração de energia calorífica, visto que os mesmos se encontravam completamente flutuantes e descontrolados. Para que fosse possível iniciar um diagnóstico, os resíduos de madeira de pinus utilizados para a geração de energia calorífica passaram por uma série de estudos de eficiência energética com o intuito de identificar os possíveis vilões que dificultavam o perfeito controle energético e consequentemente financeiro da companhia. Neste sentido, o primeiro passo foi a delimitação do mix de resíduos adquiridos de fornecedores externos, e a realização de análises para a determinação dos valores de PCS. A delimitação do mix de resíduos é importantíssima para garantir a homogeneidade dos materiais e a determinação do PCS necessária para calcular os valores de PCI, PCL e posteriormente classificar energeticamente os resíduos.

Foram enviadas amostras destes resíduos para determinação do PCS ao Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR). Os testes foram realizados através da utilização de uma bomba calorimétrica Modelo C2000, seguindo orientações da Norma NBR 8633:1984 os quais forneceram os seguintes resultados abaixo:

PCS - Resíduos de Madeira de Pinus	
Tipo de Resíduo	PCS - (Kcal/kg)
Casca	3429
Cavaco Verde	2231
*Maravalha	2159
Serragem	1615

Fonte: TECPAR

Tabela 1 – PCS dos resíduos estudados

* Resíduo proveniente da operação de aplainamento da madeira podendo estar disponível em estado seco ou úmido.

Através dos valores de PCS dos combustíveis expressos na tabela 1, foram calculados os valores de PCI e PCL respectivamente. Para calcular o PCI dos resíduos combustíveis em geral, se faz necessário que seja conhecido o teor de hidrogênio presente na composição do material. O teor de hidrogênio da madeira e seus resíduos correspondem a 6% da massa seca total do resíduo.

Durante o processo de combustão, o hidrogênio reage com o oxigênio formando água. Cada grama de hidrogênio produz em média 9 g de água. Considerando que em 1 Kg de madeira estão presentes 60 g de hidrogênio, o resultante de água produzida nesta reação é igual a 540 g. O poder calorífico inferior (PCI) e o poder calorífico líquido (PCL), foram determinados, segundo Brito (1993), pelas seguintes fórmulas:

$$\text{PCI} = \text{PCS} - 600 (9\text{H}/100)$$

$$\text{PCL} = \text{PCI}[(100-u)/100] - 6u$$

$$\%u = (\mu - \text{ms})100/\mu$$

Onde:

PCS = Poder calorífico superior expresso em (Kcal/kg);

PCI = Poder calorífico inferior expresso em (Kcal/kg);

PCL = Poder calorífico líquido expresso em (Kcal/kg);

H = Teor de hidrogênio (%)

u = Teor de umidade (%)

μ = Massa em base úmida (kg)

ms = Massa em base seca (kg)

Abaixo estão expressos os valores calculados do PCI, para os quatro resíduos de madeira de pinus estudados:

PCI - Resíduos de Madeira de Pinus			
Resíduo	PCS - (Kcal/kg)	PCI - (Kcal/kg)	(PCS - PCI) => (Kcal/kg)
Casca	3429	3105	
Cavaco Verde	2231	1907	
Maravalha	2159	1835	324
Serragem	1615	1291	

Fonte: Autoria própria

Tabela 2 – Poder calorífico inferior calculado.

Pôde-se observar que em função do teor de hidrogênio ter sido considerado uma constante nesta equação, o diferencial energético para estes resíduos (PCS - PCI) também se

mantiveram constante. A título de simplificação, o valor de PCI para os resíduos de madeira também pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$PCI = PCS - 324$$

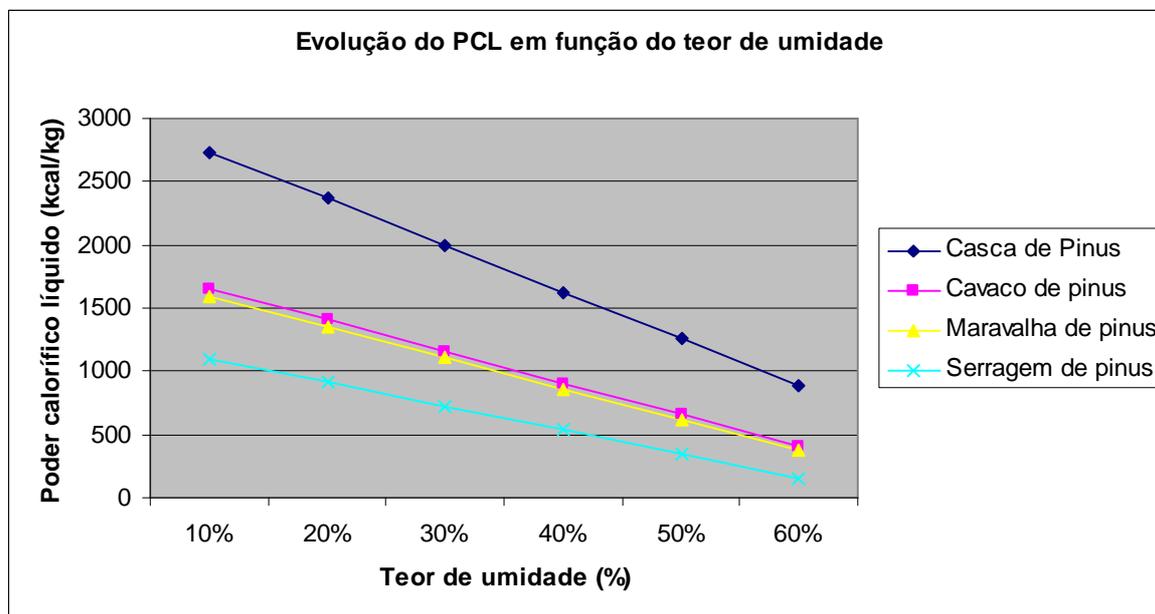
Com base nos resultados de PCI apresentados na tabela 2, foram calculados os valores de PCL, poder calorífico líquido disponível, simulando o teor de umidade em um range entre 10 e 60 % (bu).

PCL x (% bu) - Resíduos de Madeira de Pinus - (Kcal/kg)							
Resíduo	PCI	PCL (10%)	PCL (20%)	PCL (30%)	PCL (40%)	PCL (50%)	PCL (60%)
Casca	3105	2735	2364	1994	1623	1253	882
Cavaco Verde	1907	1656	1406	1155	904	654	403
Maravalha	1835	1592	1348	1105	861	618	374
Serragem	1291	1102	913	724	535	346	156

Fonte: Autoria própria

Tabela 3 – Poder calorífico líquido calculado em função do teor de umidade.

O gráfico a seguir mostra a evolução do PCL em função do teor de umidade:



Fonte: Autoria própria

Figura 1 – Evolução do PCL em função do teor de umidade

Após análise das informações anteriores, foi definido que os resíduos de madeira de pinus comprados externamente deveriam ter suas propriedades controladas. A partir desta definição, foi criado um plano de ação para correção e adequação desta condição, o qual foi dividido em

duas fases. A fase 1 deste projeto ficou responsável por atacar a variável “seleção dos resíduos de madeira com base no PCI”, e a fase 2 teve seu foco voltado para o “controle do teor de umidade das cargas de biomassa compradas de fornecedores externos”.

2.1 Fase 1

Dado início a fase 1 do estudo, a primeira ação foi convocar uma reunião com os fornecedores de biomassa com o objetivo de apresentar a proposta de trabalho, envolvê-los fortemente no projeto e definir cotas de abastecimento dos resíduos com base no PCI. Para flexibilizar o abastecimento buscou-se um acordo com os fornecedores para a remuneração dos resíduos com base no PCS, mas sem sucesso. Ficou então definido que os resíduos potencialmente utilizados como combustíveis seriam a casca e o cavaco de pinus. Determinou-se também o limite máximo admissível de 20 % de serragem presente nas cargas fornecidas. A serragem além de apresentar baixo poder calorífico aumenta a densidade da carga e absorve facilmente umidade, elevando os custos de aquisição e reduzindo a eficiência energética do material.

O controle de avaliação do percentual de serragem das cargas é realizado de maneira visual, ou seja, o controle realizado pelos operadores no momento do recebimento das cargas é qualitativo. Foi levantada a possibilidade de se realizar análises granulométricas dos resíduos adquiridos, mas em função da elevada quantidade de cargas recebidas durante o mês (aprox. 200) esta possibilidade foi descartada. Os resíduos de madeira de pinus na região dos Campos Gerais são comercializados por um preço médio de R\$ 60,00/ton, (sessenta reais por tonelada) posto no cliente. Este valor é pago tanto para casca de pinus quanto para qualquer outro tipo de resíduo madeirável. Abaixo segue uma tabela demonstrando os limites de preço que poderiam ser aplicados caso os resíduos fossem comercializados levando em consideração o PCS, tomando por base o preço aplicado para o material de maior PCS, a casca de pinus.

Tabela de Preços com base do PCS		
Resíduo	PCS - Kcal/kg	R\$/Ton
Casca	3429	60,00
Cavaco	2231	39,04
Maravalha	2159	37,78
Serragem	1615	28,26

Fonte: Autoria própria

Tabela 4: Tabela de preços para remuneração da biomassa com base no PCS

Os primeiros resultados deste trabalho se mostraram muito positivos para a companhia. O gráfico abaixo compara os resultados de consumo de combustível no período anterior e posterior à implementação da fase 1 deste projeto. Os valores estão expressos em consumo específico, ou seja, consumo de combustível/unidade produzida, (consumo de combustível dividido por unidade produzida). **Considerar 1 m³ como 1 unidade produzida.** A fase 1 deste projeto foi responsável pela redução de quase 30% no consumo de biomassa.

Histórico de consumo de biomassa 2008													
Cons. Específico	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Ton/m ³	0,86	0,91	0,85	0,86	1,09	1,00	1,10	1,26	1,10	1,22	0,93	0,90	1,01

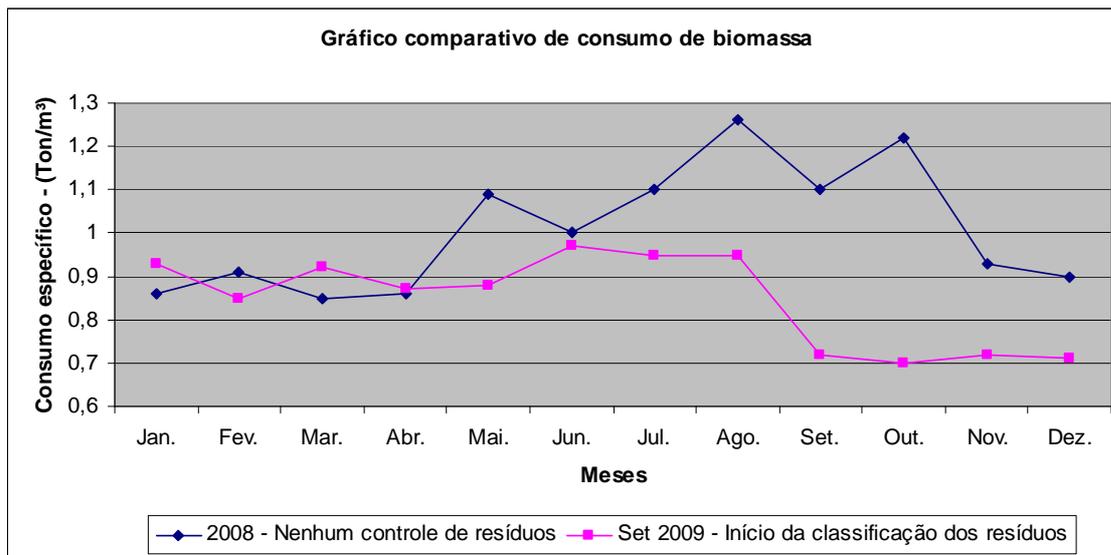
Histórico de consumo de biomassa 2009

Cons. Específico	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Out.	Nov.	Dez.	Média
Ton/m ³	0,93	0,85	0,92	0,87	0,88	0,97	0,95	0,95	0,72	0,70	0,72	0,71	0,85

Fonte: Autoria própria

Tabela 5 – Histórico de Consumo de Biomassa*

*Início da fase 1: Setembro 2009 – Classificação dos materiais.



Fonte: Autoria própria

Figura 2 – Gráfico comparativo de consumo de biomassa (2008 – 2009).

Comprovada a melhora significativa na eficiência energética da planta dada em função do controle e classificação dos resíduos de madeira de pinus, o projeto avançou para a fase 2, onde além de classificados, os resíduos passaram a ser submetidos à um rígido controle do teor umidade.

2.2 Fase 2

Nesta fase foi realizada uma força tarefa junto ao laboratório de controle de qualidade da planta para que 100% das cargas recebidas fossem analisadas. Diariamente são recebidas pela empresa em média 7 cargas de biomassa que somadas equivalem a aproximadamente 200 toneladas de resíduos de madeira de pinus, todas as cargas destinadas para a geração de energia calorífica e cada uma destas submetida a análises de teor umidade. As amostras para o teste de umidade são coletadas em 3 pontos diferentes da carga no momento do recebimento, e estes pontos foram previamente convenionados como sendo em frente, ao meio e na parte traseira da carga, sempre tomando como referência o caminhão reboque. Após a retirada das amostras, o operador de campo preenche um ticket com alguns dados importantes para controle e rastreamento futuro. Estes dados estão expressos na tabela a seguir:

Controle de Qualidade de Biomassa – Geral								
Data	Hora	Placa	NF	Tipo material	% finos	Operador	Analista	Fornecedor

12/jun.	18:20	ABC1234	279	Cascas	20%	Marcio	João	1
12/jun.	18:40	CDE4567	2984	Cavaco/Serragem	20%	Marcio	João	2
13/jun.	23:40	EFG5678	517	Casca/Serragem	10%	Pedro	Mário	3
14/jun.	23:30	HIJ8901	26	Cascas	0%	Pedro	Mário	4
15/jun.	07:39	KLM1234	285	Cavaco/Serragem	20%	Paulo	Miguel	5
15/jun.	09:00	NOP5678	1310	Cavaco/Serragem	20%	Paulo	Miguel	6
15/jun.	15:50	QRS9012	4466	Cascas	15%	Marcio	João	7
16/jun.	17:50	TUV3456	2985	Cavaco/Serragem	15%	Marcio	João	8
17/jun.	16:30	XYZ789	518	Cavaco	0%	Marcio	João	9

Fonte: Autoria própria

Tabela 6 – Controle de Qualidade de Biomassa

Depois de retiradas das cargas, as amostras seguem para o laboratório em sacos herméticos para serem analisadas acompanhadas do ticket contendo as informações descritas na tabela acima. Já no laboratório, as amostras ainda úmidas são acondicionadas em pequenos recipientes metálicos, pesadas para que seja possível determinar a massa inicial da amostra para teste. Para padronizar os testes, esta massa é ajustada para 20 gramas, a qual acontece manualmente e com apoio de uma balança digital. Depois de ajustada a massa inicial úmida da amostra, as mesmas seguem para a secagem em uma estufa onde permanecem por um período de 3 horas à temperatura de 105 graus Celsius. A cada 1 hora, as amostras são retiradas da estufa e pesadas novamente, esta medida visa avaliar a curva de secagem e estabilização da umidade do material. Se na terceira hora a amostra não tiver o resultado de umidade estabilizado próximo de zero, esta amostra volta para a estufa por mais uma hora. Ao final deste tempo, as amostras são pesadas novamente e através da fórmula abaixo são calculados os valores de teor de umidade para a amostra analisada. Como se tratam de 3 amostras por carga, o resultado final é calculado através de uma média aritmética.

$$\%u = (\mu - m_s)100/\mu$$

$$\%u \text{ final} = (A1 + A2 + A3)/n$$

Onde:

u = Teor de umidade (%)

μ = Massa em base úmida (kg)

m_s = Massa em base seca (kg)

A1 = Peso amostra 1 (g)

A2 = Peso amostra 2 (g)

A3 = Peso amostra 3 (g)

n = Número de amostras analisadas

Utilizando este método, foram analisadas no período do mês de Dezembro de 2009 212 cargas de biomassa, e o resultado médio do teor de umidade encontrado foi de 52,4 % com desvio padrão de 8,8 %. Também foram realizados testes comparativos de umidade com os

quatro constituintes da madeira de pinus (casca, cavaco, serragem e maravalha), para que fosse possível determinar o teor de umidade padrão para as futuras cargas. Os resultados dos testes de umidade destes constituintes estão expressos na tabela a seguir.

Teor de umidade dos constituintes da árvore de Pinus	
Resíduo	Teor de umidade - (%) bu
Casca	46%
Cavaco Verde	49%
Maravalha	51%
Serragem	52%

Fonte: Autoria própria

Tabela 7 – Resultados dos testes de umidade da madeira de pinus recém cortada.

Confrontando as duas informações e apertando um pouco os resultados para que proporcione uma meta desafiadora, determinou-se um teor de umidade inicial admissível para as cargas de biomassa de 50% bu. Para as cargas que ultrapassarem os 50% bu de umidade (cargas não conformes), estas terão seu preço rebaixado proporcionalmente ao teor de umidade excedente calculados através da seguinte expressão abaixo:

$$R = \{M - [(\%buP / \%buR) * M]\} * P$$

Onde:

R = Rebaixa – (R\$)

M = Peso carga – (ton)

%buP = Teor de umidade padrão – (%)

%buR = Teor de umidade real medido

P = Preço por tonelada – (R\$/Ton)

Abaixo segue tabela utilizada para cálculo do desconto das cargas não conformes:

Controle de qualidade de biomassa - Geral										
Data	Placa	NF	Operador	M	%buR	Analista	Fornecedor	%buP	P - R\$	Desconto
12/jun.	ABC1234	279	Marcio	28,9	52%	João	1	50%	60,00	R\$66,69
12/jun.	CDE4567	2984	Marcio	30,3	51%	João	2	50%	60,00	R\$35,65
13/jun.	EFG5678	517	Pedro	31,5	58%	Mário	3	50%	60,00	R\$260,69
14/jun.	HIJ8901	26	Pedro	28	55%	Mário	4	50%	60,00	R\$152,73
15/jun.	KLM1234	285	Paulo	26,5	51%	Miguel	5	50%	60,00	R\$31,18
15/jun.	NOP5678	1310	Paulo	28,9	53%	Miguel	6	50%	60,00	R\$98,15
15/jun.	QRS9012	4466	Marcio	27,9	61%	João	7	50%	60,00	R\$301,87

16/jun.	TUV3456	2985	Marcio	30,1	58%	João	8	50%	60,00	R\$249,10
17/jun.	XYZ789	518	Marcio	35	52%	João	9	50%	60,00	R\$80,77

Fonte: Autoria própria

Tabela 8 – Controle de qualidade de biomassa

Ao final de todo mês, é gerado um relatório o qual é enviado para os respectivos fornecedores com o objetivo de apresentar os resultados alcançados bem como os desvios encontrados para posterior adequação e ajuste de contas se necessário. Os valores de rebaixa de preço não compõem o cálculo de consumo de biomassa, pois este não é o real objetivo do projeto. O objetivo do projeto nada mais é que a padronização dos resíduos de madeira de pinus para que se torne uma alternativa economicamente vantajosa frente a outras fontes de energia alternativa. A tabela a seguir nos mostra os resultados de eficiência energética atingidos pela empresa pesquisada ao final da fase 2 deste projeto. Os resultados mais uma vez se mostraram favoráveis do ponto de vista econômico. A redução de consumo e consequentemente de custos nesta fase do projeto alcançaram à casa dos 21,13%.

Histórico de consumo de biomassa 2009													
Cons. Específico	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Ton/m ³	0,93	0,85	0,92	0,87	0,88	0,97	0,95	0,95	0,72	0,70	0,72	0,71	0,85
Histórico de consumo de biomassa 2010													
Cons. Específico	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Ton/m ³	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,48	0,55	0,52					0,56

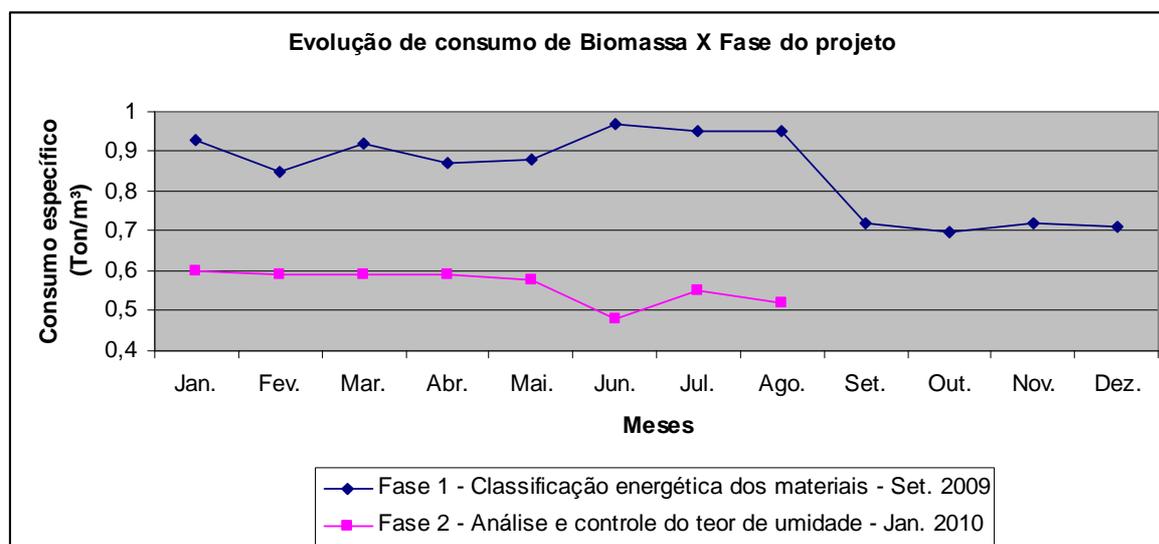
Fonte: Autoria própria

Tabela 9 – Histórico de consumo de biomassa fases 1 e 2*

* Início da fase 1: Setembro 2009 – Classificação dos materiais.

Início da fase 2: Janeiro 2010 – Controle do teor de umidade dos materiais.

Início da fase 2 – Janeiro 2010 – Controle do teor de umidade dos materiais



Fonte: Autoria própria

Figura 3 – Evolução do consumo de biomassa por fase do projeto

3. Resíduos e o Meio Ambiente

O aproveitamento dos resíduos de madeira de pinus para a geração de energia calorífica mesmo sendo ótima alternativa do ponto de vista ambiental, não é um processo 100 % limpo ou seja, este processo por sua vez também gera outro tipo de passivo, em menores proporções, as cinzas. Estudos afirmam que o teor de cinzas gerado no processo de combustão da biomassa em condições ideais deve variar entre 3 a 8% do peso seco total da biomassa ingressada para a queima, e este valor é afetado diretamente pela composição química e presença de inorgânicos do material. O teor de cinzas gerado no processo de combustão da empresa pesquisada gira em torno de 3 a 4 % do volume consumido de biomassa mês. Isso equivale a uma geração mensal de aproximadamente 300 toneladas de cinzas. E o que fazer com tantas cinzas?

Existem duas alternativas na região dos Campos Gerais para a destinação das cinzas derivadas do processo de combustão da biomassa e que são utilizadas pela empresa pesquisada, uma dessas alternativas é a compostagem e a outra é a fabricação de tijolos ecológicos para a construção de casas.

A compostagem é um processo de reciclagem de matéria orgânica com o objetivo de dar um destino útil aos resíduos orgânicos, evitando a sua acumulação em aterros e melhorando a estrutura e fertilidade dos solos.

As cinzas podem ser consideradas um excelente fertilizante e muito eficiente para elevar o pH e os teores de P, K, Mg e Ca do solo. Sendo assim, a compostagem nos ajuda positivamente na redução de um passivo para a recomposição do solo.

A outra alternativa para destinação das cinzas geradas no processo de combustão da biomassa é a fabricação de tijolos ecológicos, alternativa que está sendo avaliada pelo IAP (Instituto Ambiental do Paraná). Este projeto trata-se de uma parceria entre o núcleo dos Campos Gerais e as empresas Masisa do Brasil e Louisiana Pacific do Brasil, ambas empresas do ramo madeireiro. Se aprovado este projeto, poderão ser construídas casas por menos da metade do valor total de uma construção convencional utilizando-se de tijolos produzidos de cinzas. Os tijolos são produzidos utilizando 70% de cinzas inorgânicas (ricas em sílica) e não necessitam de energia para serem queimados. Alternativa eficiente e barata.

4. Conclusão

Ficou comprovado através deste estudo que tanto a classificação energética quanto o controle do teor de umidade dos resíduos de madeira de pinus utilizados para a geração de energia calorífica são soluções extremamente viáveis e proporcionam bons retornos para a empresa. A classificação energética dos resíduos de madeira de pinus proporcionou uma redução de consumo específico de biomassa de 29,7%. Considerando os resíduos de madeira de pinus estudados, a casca é a melhor alternativa energética seguido pelo cavaco por apresentarem os maiores valores de PCS. O controle do teor de umidade dos resíduos de madeira representou uma redução 21,13% no consumo comparando ao início da fase 2 do projeto. A redução total de consumo considerando todas as fases deste estudo foi 44,55%. Considerando uma empresa que compra cerca de 50.000 ton de biomassa e gasta cerca de R\$ 3.000.000,00 por ano, isso significa uma redução de R\$ 1.336,633,66 no mesmo período.

Referências

BRAND, M.A. Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem. 2007. 168p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Curso de Pós Graduação em Ciências Florestais, UFPR, Brasil, 2007.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Usos diretos e propriedades da madeira para a geração de energia. IPEF, São Paulo, Circular Técnica, n.52. PBP/3.1.8, 7p. jun 1979. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr052.pdf>

Acesso em: 27/07/2010

BRITO, J.O. Expressão da produção florestal em unidades energéticas. In CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993, Curitiba, Anais... Curitiba, p.280-82, 1993.

FERREIRA, J.C. Influência do teor de umidade no poder calorífico em diferentes idades e componentes de árvores de pinus Taeda. Trabalho de pesquisa pertencente ao projeto de pesquisa Avaliação da potencialidade de uso da biomassa florestal para a produção de energia como contribuição para o mecanismo de desenvolvimento limpo – MDL.

INCE, P. J. *How to estimate recoverable heat energy in wood or bark fuels.* US Department of Agriculture. Forest Products Laboratory. General Technical Report FPL 29, 1979. 10 p. Disponível em: <<http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr29.pdf>> Acesso em: 20/07/2010.

MULLER, M.D. Produção de madeira para a geração de energia elétrica numa plantação clonal em Itamarandiba, MG. 2005. 108 p. Tese (Doctor Science) – Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2005. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/influencia-do-teor-de-umidade-no-poder-calorifico-em-diferentes-idades-e-componentes-de-arvores-de-a21997.html>> Acesso em: 20/07/2010

NASCIMENTO, S.M. et al. Resíduos de indústria madeireira. Caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. HOLOS Environment, V. 6, n.1, 2006, p.8-21.

QUIRINO, W.F. et al. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. Revista da Madeira, n.89, abr.2005, p. 100-106. Disponível em: <<http://www.funtec.org.br/arquivos/podercalorifico.pdf>> Acesso em: 20/07/2010

SANTOS, E.G.JR. Tijolos de cinzas são alternativa ecológica. Jornal Gazeta do Povo. Ponta Grossa, PR, 31/12/2008. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania/conteudo.phtml?tl=1&id=842889&tit=Tijolos-de-cinzas-sao-alternativa-ecologica>> Acesso em: 01/09/2010

SOARES, R. V.; HAKKILA, P. Potencial energético dos resíduos de desbastes em plantações de Pinus taeda no Estado do Paraná, Brasil. Revista Floresta, v. 17, N. 1, 2, p. 73-94, 1987.

WANDER, P. R. Utilização de resíduos de madeira e lenha como alternativas de energias renováveis para o desenvolvimento sustentável da região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2001. 105 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ZOELLINGER, H. Como transformar resíduos de madeira em energia. Jornal Madeira & Cia. v.2, n.13, p.12, 1994.