



## DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE ENERGÉTICA DOS BRIQUETES PRODUZIDOS A PARTIR DA FALHA DE PINHÃO

**Rodolfo Cardoso Jacinto<sup>1</sup>, Martha Andreia Brand<sup>2</sup>, Gabriel Allegretti<sup>3</sup>, Alexsandro Bayestorff da Cunha<sup>2</sup>, Polliana D'AngeloRio<sup>2</sup>, Fernanda Maria Guedes Ramalho<sup>4</sup>**

1 - Mestrando em Engenharia Florestal, CAV - UDESC, Lages, Santa Catarina, Brasil

2 - Professora do Departamento de Engenharia Florestal, CAV - UDESC, Lages, Santa Catarina, Brasil

3 - Engenheiro Florestal, CAV - UDESC, Lages, Santa Catarina, Brasil

4 - Mestranda em Ciência e Tecnologia da madeira, UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brasil

**Resumo:** O objetivo do presente estudo foi a determinação da qualidade energética e das características físicas e químicas dos briquetes produzidos a partir de falhas de pinhão, coletadas em São José do Cerrito, Paineira e Lages. Foram produzidos nove briquetes de falhas inteiras e trituradas para cada amostra. Foram realizadas as análises de umidade, poder calorífico, teor de cinzas, porcentagem de carbono fixo e voláteis, massa específica aparente e resistência à compressão dos briquetes. A granulometria das falhas trituradas ficou abaixo do desejado para a produção de briquetes. A porcentagem de lignina das falhas de pinhão é alta e adequada à produção de briquetes e a qualidade dos briquetes obtidos das falhas de pinhão é excelente.

**Palavras-chave:** falha de pinhão, energia de biomassa, *Araucaria angustifolia*.

**Abstract:** The purpose of this study was to determine the energetic quality to determine the physical and chemical characteristics of the briquettes produced from falhas do pinhão, collected in São José do Cerrito, Paineira and Lages. Were made 9 (nine) briquettes of the whole falhas and ground faults for each sample. Were made moisture content analyzes, calorific value, ash content, percentage of fixed carbon and volatile, apparent density and the compression strength of the briquettes. The granulometry of the ground falhas was below the desired level for the production of briquettes. The percentage of lignin failures pinhao is high and appropriate for the production of briquettes and the quality of the briquettes obtained from the sprocket holes is excellent.

**Keywords:** pinhão failure, biomass energy, *Araucaria angustifolia*.

### 1. INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze., árvore característica da vegetação do sul do Brasil, já teve grande importância econômica nos ciclos de madeira da década de 40 e 60, sendo gradativamente substituída por espécies do gênero *Pinus* para usos da madeira na forma sólida e para a produção de papel.



Atualmente, o uso madeireiro desta espécie é limitado pela disponibilidade de outras fontes de matéria-prima e restrito pela legislação. No entanto, tem sido incentivado e estudado com maior intensidade o uso da semente desta árvore, principalmente na alimentação humana, inclusive por participar das atividades tradicionais culinárias das regiões de ocorrência da espécie e por seu apelo turístico. As iniciativas políticas, econômicas e científicas são fortemente voltadas para a agricultura familiar, enfocando a cadeia produtiva do pinhão como renda complementar para famílias de pequenos agricultores.

No entanto, o pinhão é apenas um dos componentes do estróbilo feminino da araucária (pinha). A pinha tem quatro componentes: sementes (pinhão), eixo central, escamas estéreis ou não fertilizadas (falhas) e escamas férteis não fertilizadas ou abortadas (pinhões chochos). Uma pinha tem seu peso distribuído em média entre 44 – 55% de pinhão, de 3 – 9% do eixo central, de 7 – 10% de pinhões chochos e de 50 – 60% de “falhas” (VERNALHA *et al.* 1972; MANTOVANI *et al.* 2004; VIEIRA-DA-SILVA; REIS, 2009, *apud* VIEIRA-DA-SILVA, MIGUEL e REIS, 2011). Essas falhas não possuem utilidade, sendo deixadas apodrecer no campo.

Porém o grande volume deste material, resultante do baixo peso, resulta em alto custo de transporte e dificuldades de manuseio e utilização para geração de energia direta. A alternativa para a resolução deste problema é o processo de briquetagem, em que a biomassa é compactada, reduzindo desta forma o volume, aumentando a densidade e melhorando a qualidade energética do combustível briquetado, pois tem-se muito mais energia por unidade de volume. Outra vantagem da briquetagem é a facilidade de manuseio, transporte, armazenamento e limpeza do combustível, podendo desta forma ser utilizado em domicílios ou unidades comerciais como pizzarias e panificadoras, próximas dos locais de produção dos briquetes (OLIVEIRA, LOPES E BRUTI (2010).

As utilizações mais comuns da araucária estiveram associadas à obtenção de madeira para tabuados, vigamentos, pranchões, caixas, móveis; cabos de vassoura e ferramentas, palitos de dente e de fósforo, fabricação de compensados, pasta mecânica e celulose, papel, instrumentos musicais, instrumentos de adorno, artigos de esporte, tacos de nós, mourões, telhas de tábuas. Os galhos e refugos, e, especialmente, o nó de pinho, servem para lenha e combustível de caldeiras, e os pinhões servem de alimento para o homem e para os animais. (GUERRA *et al.*, 2002). Além de também ser utilizada a planta inteira na ornamentação de casas, jardins e praças (VIEIRA-DA-SILVA, MIGUEL e REIS, 2011). No entanto, uma das utilizações mais nobres da espécie é para alimentação, a partir do consumo dos seus pinhões; sendo esta iguaria muito apreciada pelos indígenas (SANTOS, 1973 e VIEIRA, 2004).

Segundo VIEIRA-DA-SILVA, MIGUEL e REIS (2011), nas regiões de São Francisco de Paula, RS e Painel, SC, as “falhas” da araucária possuem um potencial para serem utilizadas em práticas de base agroecológica e também para confecção de artesanatos a partir de produtos naturais. Os usos detectados pelos autores foram: adubo; matéria seca para composteira; cobertura de solo, para diminuição de capina e para a não utilização de herbicidas; para confecção de artesanato e para tingimento natural de lãs.

Tais utilizações elucidam práticas alternativas que podem ser inseridas dentro do manejo agroecológico das regiões de Floresta Ombrófila Mista (Floresta com araucária), e otimizando um recurso já coletado. Podendo, além disso, em alguns casos, aumentar a renda para o agricultor que coleta pinhão, pois este terá dois produtos que podem ser comercializados. O primeiro, o pinhão, que já possui um canal de comercialização consolidado. E o segundo a “falha”, este com um canal de comercialização que está sendo



construído, mas que também pode ser utilizada dentro da própria propriedade (VIEIRA-DA-SILVA, MIGUEL e REIS, 2011).

Em termos de qualidade energética das falhas do pinhão, OLIVEIRA, LOPES e BRUTTI (2010) constataram que o teor de umidade da “falha do pinhão” foi de 64%. No teste de granulometria, 98,74% do material ficou retido na peneira de 12,5 a 25 mm. A densidade aparente da falha do pinhão foi de 0,916 g/cm<sup>3</sup>. Já a densidade básica teve um resultado de 0,050 g/cm<sup>3</sup>. O teor de cinzas foi de 3,54%. O poder calorífico superior (PCS) teve um resultado de 4810 Kcal/Kg, poder calorífico inferior (PCI) de 4486 Kcal/Kg e poder calorífico líquido (PCL) de 1367 Kcal/Kg. OLIVEIRA, LOPES e BRUTTI (2010) demonstraram que as falhas possuem um poder calorífico maior do que a madeira do *Pinus*, tornando o material apto a geração de energia.

Esta análise energética das falhas já dá um indicativo da qualidade do material para a geração de energia. O teor de umidade é alto, demonstrando que o uso direto para geração de energia não é eficiente, portanto a compactação pode ser uma forma de melhoria da qualidade energética deste resíduo. Os testes granulométricos indicam que o material é homogêneo, característica importante para a compactação e favorável para as falhas. A densidade é média, permitindo boa compactação do material. O teor de cinzas é baixo e compatível com outros tipos de biomassa como a madeira, por exemplo. O poder calorífico é similar a outras fontes de biomassa, como a madeira e outros resíduos agrícolas como menciona BRAND (2010). O poder calorífico líquido é baixo, podendo ser melhorado a partir da redução do teor de umidade.

Atualmente, o aumento da importância do uso da biomassa para geração de energia abre a possibilidade de análise de materiais alternativos, principalmente os resíduos de processos produtivos para a geração de energia. Isso torna as falhas do pinhão um material potencial para estudos nesta área, representando ainda, mais uma fonte de renda para os pequenos agricultores na região Sul do Brasil.

Couto et al. (2004) comentaram que a baixa densidade energética da biomassa sólida, em comparação com o petróleo e o carvão mineral, resulta em custo desenvolvimento contínuo de técnicas para aumentar a concentração energética, por exemplo, a briquetagem, técnica pela qual é possível obter incrementos na densidade aparente, contribuindo de forma significativa para um aumento na quantidade de energia por unidade de volume.

O estabelecimento de usos técnico e economicamente viáveis para resíduos de processos produtivos pode significar a diferença entre o êxito e o fracasso de uma cadeia produtiva. Este aspecto torna-se ainda mais importante quando os resíduos são provenientes de atividades desenvolvidas por pequenas industriais ou produtores, pois representa mais uma fonte de renda e a utilização de um material que de outra forma se tornaria um passivo ambiental.

A produção de um passivo ambiental representa um grande problema para sistemas produtivos pequenos, pois a destinação de resíduos sem uso acarreta um custo significativo e que pode inviabilizar uma atividade produtiva.

Desta forma, a determinação de formas de uso das falhas do pinhão terá impactos positivos tanto sociais, pela geração de empregos na atividade de uso do pinhão; econômicos, pelo aumento da renda na atividade e ambientais pela utilização de um resíduo que de outra forma ficaria disposto no ambiente, acarretando em passivos ambientais.

Portanto, a disponibilidade de grande quantidade de falhas nas épocas de safra do pinhão e suas características físicas e químicas torna este resíduo apto para a produção de

briquetes para a geração de energia. Portanto, a produção de briquetes a partir de falhas de pinhão pode ser uma alternativa viável de uso dos resíduos da cadeia produtiva do pinhão e renda para pequenos produtores rurais. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a qualidade energética dos briquetes produzidos a partir das falhas do pinhão.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados para o estudo foram as falhas de pinhão obtidas a partir do estróbilo feminino (pinhas) de árvores de *Araucaria angustifolia*, coletadas em três lugares distintos. Os locais de coleta foram os municípios de São José do Cerrito, Paineira e Lages, localizados na região serrana sul do Estado de Santa Catarina. Foram coletadas as falhas que já haviam sido separadas das pinhas pelos agricultores que comercializam o pinhão. Após a coleta, as amostras foram devidamente embaladas em pacotes práticos fechados, para que não houvesse perda de umidade e encaminhados para processamento e análise.

As falhas foram avaliadas quanto as suas propriedades físicas, químicas e energéticas, passando posteriormente pelo processo de compactação para produção de briquetes, e finalmente analisada a qualidade energética deste compactado.

A primeira propriedade determinada foi o teor de umidade nas amostras recém coletadas, a partir da norma NBR 14929 (ABNT, 2003b).

Após este procedimento, cada amostra permaneceu em câmara climatizada com condições ambientais de  $65\% \pm 2$  de umidade relativa e temperatura de  $22^{\circ}\text{C} \pm 2$ , até o teor de umidade de 12%. Todos os ensaios foram realizados com as falhas inteiras e trituradas. Parte de cada uma das três amostras foi triturada em moinho de martelo industrial para Amostra 1 e um moinho de martelo de bancada nas Amostras 2 e 3.

Após a moagem, as amostras passaram pelo teste de granulometria. Para tanto foi utilizada a quantidade de 100 a 150 g para a amostra 1 e 200 a 250 g para as amostras 2 e 3. O conjunto de peneiras utilizado foram as de abertura de tela de: 6,3 mm, 4,75 mm, 2 mm, 0,85 mm e uma base. Foi utilizado um agitador de peneiras, onde o conjunto de peneiras permaneceu em agitação máxima por 15 minutos, para cada repetição. A determinação da granulometria foi realizada por meio da equação 1:

$$G = \frac{P_1(P_2, P_3 \dots P_n)}{\sum P} \times 100$$

em que: G = Granulometria em %;

$P_1, P_2, P_3, P_n$  = Peso da amostra em cada peneira em gramas;

$\sum P$  = Somatório do peso das amostras;

Antes da briquetagem, nas falhas inteiras foi determinado somente o teor de umidade. Nas falhas trituradas foi analisado: o teor de umidade (ABNT, 2003b); solubilidade em água fria e quente, segundo a norma NBR 14577 (ABNT, 2003a); solubilidade em álcool tolueno, segundo a norma NBR 14853 (ABNT, 2010a); porcentagem de lignina, por meio da norma NBR 7989 - Determinação de lignina insolúvel em ácido (ABNT, 2010b); teor de cinzas, porcentagem de carbono fixo e voláteis, em termobalança gravimétrica (TGA), utilizando-se a norma ASTM D 1762 (ASTM, 2007), com temperaturas de  $900^{\circ}\text{C}$  para a determinação dos



voláteis e 700 °C para cinzas. O poder calorífico superior foi determinado em calorímetro, segundo a norma DIN 51900 (DIN, 2000).

Os briquetes de falhas inteiras e trituradas foram produzidos em briquetadeira laboratorial. A quantidade de amostra para os briquetes triturados foi de 50 gramas, e para os briquetes de falha inteira foi de 30. A temperatura de ensaio foi de 120°C, a pressão utilizada foi de 50 Bar por 10 minutos, após esse tempo a pressão foi aumentada para 130 Bar por 2 minutos, seguida da liberação gradual da pressão após o término do ensaio e manutenção do corpo-prova sob compressão suave até seu resfriamento.

Os briquetes prontos foram armazenados em sacos devidamente lacrados e identificados. Para cada amostra foram produzidos 18 briquetes, sendo nove de falhas inteiras e nove de falhas trituradas. De cada amostra de nove briquetes, quatro foram triturados em um moinho de facas para a determinação do teor de umidade (ABNT, 2003b); teor de cinzas, porcentagem de carbono fixo e voláteis (ASTM, 2007), com temperaturas de 900 °C para a determinação dos voláteis e 700 °C para cinzas. O poder calorífico superior foi determinado em calorímetro (DIN, 2000). Foi ainda determinada a massa específica aparente dos briquetes, por meio da medição do volume e massa dos briquetes obtidos nos ensaios de laboratório.

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise estatísticas pelo teste de Tukey, com programa *StatSoft*.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

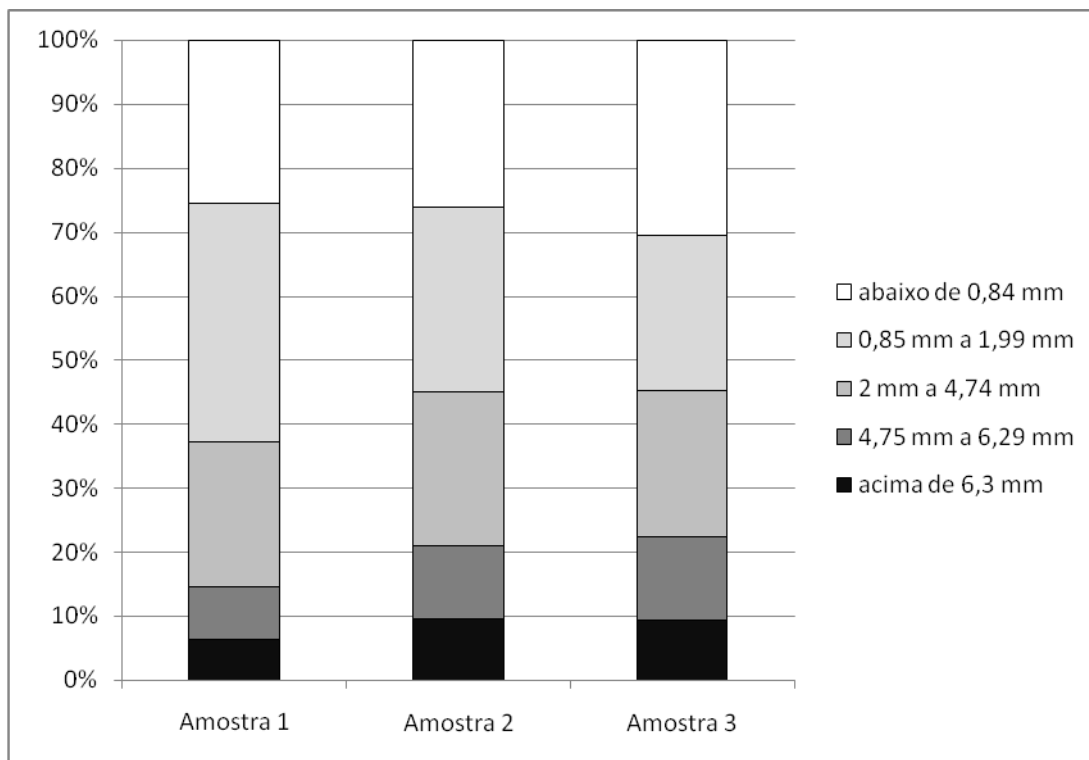
#### 3.1 Quanto à qualidade das falhas de pinhão

A distribuição granulométrica das falhas de pinhão está na Tabela 1:

**Tabela 1** – Distribuição granulométrica das partículas de falha triturada de pinhão.

Amostra	Acima de 6,3 mm	4,75 mm a 6,29 mm	2 mm a 4,74 mm	0,85 mm a 1,99 mm	Abaixo de 0,84 mm
1	6,49 a	8,17 b	22,57 a	37,40 a	25,36 a
2	9,65 a	11,45 a	24,04 a	28,75 b	26,10 a
3	9,51 a	12,88 a	22,92 a	24,24 c	30,44 a
<b>Média</b>	<b>8,62</b>	<b>10,83</b>	<b>23,18</b>	<b>30,13</b>	<b>27,30</b>

Para as granulometrias acima de 6,3mm, 2mm a 4,74mm e abaixo de 0,84mm, não houve diferença estatística. Para 4,75mm a 6,29mm a diferença pode se explicar devido ao fato de terem sido utilizados diferentes tipo de moinho de martelo, para amostra 1 foi utilizado o moinho martelo industrial e para a amostra 2 e 3 foi utilizado moinho do tipo martelo de bancada. A diferença do modelo pode ter ocasionado diferença na porcentagem de finos, que seria porcentagem abaixo de 4,75mm, para amostra 1 os finos compuseram 85,33% da amostra (Figura 1). Já para amostra 2 e 3, a quantidade de finos foi de 78,99% e 77,6% respectivamente. Segundo Protásio et. al. (2011), amostras com menores granulometrias podem influenciar a densidade aparente da biomassa e dos briquetes produzidos.



**Figura 1** – Distribuição granulométrica em função do tipo de moinho utilizado

A granulometria da falha do pinhão está a baixo do recomendado, que de acordo com Dias (2012), que exceto para materiais que possuem pequeno tamanho de partículas, como serragem, casca de arroz, todos os outros devem ser reduzidos para 6 a 8 mm de tamanho, podendo conter cerca de 10-20% de finos. Porém, devido a briquetadeira ser de porte pequeno, o material foi triturado em partículas menores para caber na briquetadeira e melhor compactação do material.

Segundo Kaliyan e Morey (2009), o tamanho da partícula é influenciador importante da durabilidade e resistência dos briquetes, evidenciando a importância da classificação granulométrica da biomassa antes da compactação.

O tamanho de partículas é muito importante para determinar a qualidade e durabilidade de um pellet ou briquete. Quanto menor o tamanho de partícula, menor será a porosidade do produto final e, portanto, maior será sua densidade (Dias, 2012).

Segundo o mesmo autor, a condição ideal é a presença de partículas de diferentes tamanhos, para possibilitar o melhor empacotamento das partículas e contribui para a alta resistência dos briquetes e pellets.

Os valores de lignina obtidos para a falha de pinhão foram maiores que os observados para madeira (Tabela 2). Moraes et al (2005) encontrou valores de 25,18% para *Pinus oocarpa*, enquanto Brito e Nuci (1984) encontraram para a mesma espécie o valor de 31%; para *P. caribeavar. hondurensis* 31,8%; e para *P. caribeavar. bahamensis* o valor de de 33,6% . Para *Pinus elliotii*, Balloni (2009) registrou o valor de 28% para lignina. Valores maiores de lignina contribuem para a melhoria da ligação interna nos briquetes.



Os valores de extrativos em água e álcool tolueno também foram maiores que os observados para madeira. Este comportamento era esperado visto que as falhas se constituem em parte protetora das sementes, nos estróbilos femininos da araucária.

**Tabela 2** – Propriedades químicas da Falha de pinhão

Amostra	Lignina (%)	Solubilidade em água fria (%)	Solubilidade em álcool tolueno (%)
1	48,88 a	9,60 a	8,44 b
2	45,15 b	10,33 a	17,85 a
3	49,25 a	9,59 a	13,26 ab
<b>Média</b>	<b>47,76</b>	<b>9,84</b>	<b>13,18</b>

Nota: Médias seguidas da mesma letra não apresentam variação estatística significativa para o Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Dias (2012) cita que a lignina, as proteínas, amidos, gorduras e carboidratos solúveis, são adesivos naturais da biomassa. A presença desses compostos justifica a não utilização de aglomerantes artificiais para a briquetagem ou a pelletização. Entretanto, caso a matéria-prima tenha deficiência desses compostos, há necessidade da adição do ligante.

A lignina atua como um agente ligante *in situ* no material. A temperaturas elevadas, amolece e ajuda no processo de ligação (Kaliyan e Morey, 2009).

Segundo Kaliyan e Morey (2009), devido a aplicação de alta pressão e temperatura, pontes sólidas podem ser desenvolvidas por difusão de moléculas a partir de uma partícula para o outro ponto de contato. Pontes sólidas podem também ser formadas entre as partículas devido a cristalização de alguns ingredientes, reações químicas, o endurecimento das pastas, e solidificação dos componentes derretidos. Principalmente, após o resfriamento, finas camadas de adsorção são imóveis e podem formar ligações fortes entre as partículas adjacentes, quer por alisara rugosidade da superfície e aumentara área de contato entre partículas ou diminuindo a distância entre partículas e permitindo que as forças atrativas intermoleculares, para participar no mecanismo de ligação.

Sob alta pressão, os componentes de ligação, proteínas, lignina e pectina nas matérias-primas ou da biomassa são espremidos para fora das partículas, isso contribui para a ligação entre partículas (Kaliyan e Morey, 2009).

Brito e Nuci (1984) encontraram valores de 5,3% e Moraes et al (2005) encontraram 4,38% de extrativos em etanol:tolueno, para *Pinus oocarpa*. Brito e Nuci (1984) encontraram o valor de 5,1%, tanto para *P. caribear. hondurensis*, quanto para *P. caribear. bahamensis* de de extrativos em etanol:tolueno.

### 3.2 Quanto à qualidade dos briquetes de falhas de pinhão

Os valores de teor de umidade, massa específica aparente, poder calorífico e análise imediata dos briquetes produzidos a partir das falhas de pinhão estão na Tabela 3.

**Tabela 3** – Valores médios das propriedades físicas e energéticas dos briquetes de falhas de pinhão

Amostra	TU (%)	MEA (kg/m <sup>3</sup> )	PCS (kcal/kg)	PCL (kcal/kg)	CF (%)	TV (%)	TC (%)
FI 1	10,55 b	1130,28 a	4508 ab	3679 a	72,32 a	24,79 a	2,89 b
FI 2	10,10 b	1148,33 a	4577 a	3763 a	72,15 a	24,81 a	3,05 b
FI 3	8,45cd	1166,22 a	4566 a	3833 a	72,35 a	24,99 a	2,66 b
FM 1	9,63 bc	1100,14 a	4440 ac	3662 a	71,92 a	24,31 a	3,77 a
FM 2	7,80 d	1163,51 a	4309 bc	3627 a	72,84 a	24,50 a	2,66 b
FM 3	12,90 a	1168,53 a	4257 bc	3348 b			
<b>Média</b>	<b>9,91</b>	<b>1146,17</b>	<b>4443</b>	<b>3652</b>	<b>72,32</b>	<b>24,68</b>	<b>3,00</b>

Nota: Amostra 1: Procedência Lages; Amostra 2: Procedência Painel; Amostra 3: Procedência São José do Cerrito.

Nota: Médias seguidas da mesma letra não apresentam variação estatística significativa para o Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Nota: FI: Falha inteira; FM: Falha moída; TU: Teor de umidade na base úmida; MEA Massa específica aparente; PCS: Poder calorífico superior; PCL: Poder calorífico líquido; CF: Teor de carbono fixo; TV: Teor de voláteis; TC: Teor de cinzas.

O teor de umidade dos briquetes foi baixo, havendo variação significativa entre os tratamentos quando comparados de forma conjunta, mas não quando a comparação foi feita entre briquetes de falhas inteiras e moídas. Segundo Kaliyan e Morey (2009), em geral, o teor de umidade final dos compactados deve ser inferior a 13%.

Quanto à massa específica aparente dos briquetes, os valores observados estão dentro do esperado para este produto, visto que, segundo Dias et al (2012), a densidade aparente dos briquetes varia entre 500 e 1200 kg/m<sup>3</sup>.

A massa específica dos briquetes de falha de pinhão apresentaram valores menores, mas próximos aos observados por Furtado et al. (2010) que encontrou valores variando de 1190 kg/m<sup>3</sup>, para briquetes de casca de pinus a 1410 kg/m<sup>3</sup> para a mistura de madeira e casca de pinus, na mesma pressão de compactação utilizada neste trabalho. Os resíduos de pinus são a matéria-prima mais utilizada para a produção de compactados em Santa Catarina, região do estudo, conforme Nones (2014).

Não houve variação estatística entre os tratamentos analisados, e a menor granulometria da amostra 1 não afetou significativamente a densidade dos briquetes obtidos desta amostra em relação aos demais tratamentos.

Quanto ao poder calorífico superior e química imediata dos briquetes não se esperava muita alteração dos valores, em comparação com o material antes da briquetagem. Isso porque o processo de compactação não promove alteração química da matéria-prima. Em materiais com grande quantidade de extrativos voláteis, pode haver perda pelo aumento da temperatura ocorrida durante o processo, mas a parede celular não é alterada.

Assim, o poder calorífico superior dos briquetes foi ligeiramente superior ao da matéria-prima. Para os briquetes ocorreu variação estatística entre os tratamentos na análise conjunta dos tratamentos e entre os briquetes feitos com falhas inteiras e moídas. O poder calorífico líquido foi alto, em função do baixo teor de umidade dos briquetes, sendo que somente o tratamento FM3, que teve o menor valor foi diferente dos demais tratamentos. Já a análise entre falhas inteiras e moídas também apresentou variação estatística com maior poder calorífico líquido para os briquetes de falhas inteiras.





Os teores de voláteis foram maiores para os briquetes em relação à matéria-prima e o carbono fixo menor. O teor de cinzas foi menor nos briquetes. Entre os briquetes não houve variação estatística entre os tratamentos para voláteis e carbono fixo, e para o teor de cinzas o tratamento FM1, com maior teor de cinzas, foi diferente de todos os demais tratamentos.

De forma geral, as propriedades dos briquetes de falhas inteiras e de falhas moídas foram similares, de modo que a qualidade dos briquetes não foi influenciada pelo tamanho das partículas.

### CONCLUSÕES

- A granulometria das falhas trituradas ficou abaixo do desejado para à produção de briquetes;
- A porcentagem de lignina das falhas de pinhão é alta e adequada à produção de briquetes;
- O teor de umidade das falhas *in natura* é alto inviabilizando seu uso energético sem prévio tratamento.
- As propriedades energéticas das falhas de pinhão são similares aos resíduos: bagaço de cana e ramas de algodão.
- A quantidade de lignina e extrativos das falhas de pinhão são maiores que na madeira, tornando o material apto à produção de compactados para geração de energia de alta qualidade.
- Não é necessária a moagem das falhas para a produção de briquetes de alta qualidade.
- A qualidade dos briquetes obtidos das falhas de pinhão é excelente.

### AGRADECIMENTOS

Á Solumad Ltda., Tractebel, UNIPLAC, UDESC, e ao projeto Kayova pelo apoio.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

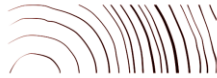
AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1762**: Standard Test Method for Chemical Analysis of wood charcoal. PA: American Society for Testing and Materials. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14853**: Madeira - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano e em acetona. Rio de Janeiro. 2010 (a).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14577**: Determinação do material solúvel em água. Rio de Janeiro, 2003 (a).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14929**: Madeira - Determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa. Rio de Janeiro, 2003 (b).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7989**: Pasta celulósica e madeira – Determinação de lignina insolúvel em ácido. Rio de Janeiro, 2010 (b).



BALLONI, C. J. V.. Caracterização física e química da madeira de *Pinus elliottii*. **Monografia**. UNESP. Itapeva, 2009. 41 f.

BRAND, M.A. **Energia de Biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 114 p.

BRITO, J. O.; DE NUCCI, O. Estudo tecnológico da madeira de *Pinus* spp para a produção de carvão vegetal e briquetagem. **IPEF**, n.26, p.25-30, abr.1984.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e. V. **DIN 51900**: Determining the gross calorific value of solid and liquid fuels using the bomb calorimeter, and calculation of net calorific value. Berlin, 2000.

DIAS, J. M. C. S.; SOUZA, D. T.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, D.J. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Brasília, DF; Embrapa Agroenergia, 2012.

FRIEDL, A.; PADOUVAS, E.; ROTTER, H.; VARMUZA, K. Prediction of heating values of biomass fuel from elemental composition. **Analytica Chimica Acta**. V. 544, n. 1-2, p. 191-198, 2005

FURTADO, T. S.; FERREIRA, J. C.; BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B. DE; QUIRINO, W. F. Mapeamento da frequência de uso e características da biomassa florestal utilizada para geração de energia em Lages, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 795-802, out.-dez., 2012.

FURTADO, T. S.; VALIN, M.; BRAND, M. A.; BELLOTE, A. F. J. Variáveis do processo de briquetagem e qualidade de briquetes de biomassa florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 101-106, 2010

GUERRA, M. P., SILVEIRA, V., REIS, M. S., SCHNEIDER, L. Exploração, manejo e conservação da Araucária (*Araucaria angustifolia*). In: Simões, L. L.; Lino, C. F. (Org.). **Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2002. p.85-101.

KALIYAN, N. MOREY, R.V. Factors affecting strength and durability of densified biomass products. **Biomass and bioenergy**, Oxford, GB., v. 33, n. 3. P. 337-359, 2009.

NONES, D.L. Cadeia produtiva de pellets e briquetes de biomassa residual para geração de energia em Santa Catarina. 2014. 86 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal – Área: Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2014.

OLIVEIRA, J.; LOPES, G.P.R.D.; BRUTTI, R.C.; Caracterização energética da “falha do pinhão”. VI Simpósio de Pós-graduação em Ciências Florestais e II Simpósio de Ciência e Tecnologia da Madeira do RJ. **Anais...**, Rio de Janeiro, 2010.

PARIKH, J; CHANNIWALA, S.A.; GHOSAL, G. K. A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels. **Fuel**, v. 84, n. 5, p. 487-494, 2005

## II CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Belo Horizonte - 2015



II Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira  
Belo Horizonte - 20 a 22 set 2015



PROTÁSIO, T. P.; ALVES, I.C.N.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V.O.; BALIZA, A. E. R. Compactação de biomassa vegetal visando à produção de bicompostíveis sólidos. Larvas, MG, 2011.

SANTOS, S.C. **Índios e Brancos no Sul do Brasil**: a dramática experiência dos Xokleng. Florianópolis: Ed. Edune, 1973. 312p.

VIEIRA, E.E. Simbolismo e reelaboração na cultura material dos Xokleng.122f. **Dissertação** (Mestrado em História), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

VIEIRA-DA-SILVA, C.; MIGUEL, L. A; REIS, M. S. Utilizações alternativas para a “falha”, componente da pinha (*Araucária angustifolia*), e seu potencial para a agricultura de base agroecológica.VII Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Anais...** Fortaleza, CE, 2011. Disponível em <<http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/cad/article/viewFile/11582/8028>> Acesso em 29/02/2012.