

## EFEITO DA GRANULOMETRIA NAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICO DE BRIQUETES DE *PINUS SP.*

Danilo Ribeiro da Costa \*; Fábio M. Yamaji\*\*; Laís Vendrasco \*\*\*; Wesley de Paula Flores\*\*\*\*; Walbert Chrisostomo\*\*\*\*\*.

\* Bolsista ProGrad-UFSCar, graduando do curso de Engenharia Florestal – UFSCar *campus* Sorocaba. da\_nilo2003@yahoo.com.br

\*\* Professor orientador, Projeto Universal – CNPq – fmyamaji@ufscar.br

\*\*\* Bolsista do PIBIC- CNPq, graduanda do curso de Engenharia Florestal – UFSCar *campus* Sorocaba. laisvendrasco@gmail.com

\*\*\*\* Bolsista do PIBITI – CNPq, graduando do curso de Engenharia Florestal – UFSCar *campus* Sorocaba. wesley.depaula@yahoo.com.br

\*\*\*\*\*Bolsista Capes, Mestrando em Ciências dos Materiais – UFSCar *campus* Sorocaba. walbchris@hotmail.com

### Resumo

Um dos desafios do processo de briquetagem é identificar quais seriam os parâmetros que influenciam na sua formação. Este artigo buscou estudar o efeito da granulometria da serragem de *Pinus* no processo de formação dos briquetes. Para o estudo, a serragem foi dividida em 3 diferentes granulometrias, fração retida na malha 14 mesh, retida na 35 mesh e a fração restante no fundo (< 60 mesh). Os resultados mostraram que foi possível a fabricação dos briquetes com todas as três diferentes granulometrias. Após a produção, foi realizado o ensaio mecânico dos briquetes. Observou-se que a granulometria de 14 e 60 mesh apresentaram melhores resultados no teste de resistência. Os resultados do teste de abrasão e do teste de expansão longitudinal não apresentaram diferença significativa entre os briquetes.

### Abstract

#### Effects of particles size on physic-mechanical properties of briquettes of *Pinus sp.*

One challenge of briquetting process is to identify which parameter would be the best in its manufacture. This article aimed to study the effect of *Pinus* sawdust particle on the briquettes production process. For this study, the sawdust was separated in 3 different granulometry, the portion retained in sieve mesh 14, retained in mesh 35 and portion contained in the base (<60 mesh). The results showed that it was possible to produce briquette with all three different particle sizes. The produced briquettes were evaluated by mechanical testing. It was observed that the better results on mechanical test were performed by briquettes with particle size of 14 and 60 mesh. The particle size did not affected the results of abrasion test and the longitudinal expansion test of briquettes.

### INTRODUÇÃO

Atualmente existem muitos trabalhos envolvendo a utilização e caracterização de vários tipos de materiais para fiz energéticos. Entre os processos mais utilizados atualmente a briquetagem que segundo Quirino (1991a) é um método de armazenar energia presente na biomassa e podendo substituir a lenha apresentando até características melhores (Quirino, 1991b), o processo nada mais é do que a prensagem

de um material ligno-celulósico (serragem) efetuado por uma prensa onde facilitará o transporte do material (CARVALHO & BRICK, 2004).

Dentro do processo existe a utilização de aglutinantes porem em estudos realizados por COSTA et al. (2010) observou-se que em condições de temperatura ambiente, com a certa pressão e na ausência de aglutinantes é possível efetuar a fabricação do briquete em laboratório.

Normalmente a serragem utilizada para o processo apresenta dentro de suas estruturas diferentes granulometrias em estudos realizados por FONTES et al. (1989) demonstrou que esta variável influência diretamente na resistência e na quantidade de aglutinantes utilizados na fabricação assim comprometendo a qualidade do produto. Segundo CARVALHO & BRICK (2004) quando se trata de briquetes de carvão a proporção das partículas não pode ultrapassar 20% de partículas menores que 0,5  $\mu\text{m}$  e 5% de partículas menores que 90  $\mu\text{m}$ .

Neste artigo buscou-se realizar estudos sobre a influência da granulometria na formação do briquete sem a presença de aglutinantes, buscando qual entre as 3 granulometrias escolhidas a melhor para a fabricação do briquete.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para as análises granulométrica foram realizados testes no Laboratório de Bioenergia da UFSCar-Sorocaba.

Primeiramente 100g do material foi coletado e com o auxílio de um peneirador vibratório realizou-se a separação granulométrica do material coletado em 6 peneiras (5 mesh, 9 mesh, 14 mesh, 20 mesh, 35 mesh, 60 mesh) e fundo. Para os experimentos foram utilizada as porções retidas na malha de 14 mesh, na malha 35 mesh e o fundo (porção < 60 mesh) (Fig 1). Foi utilizado 20 g de cada porção para fabricação de cada corpo de prova. Ao final do processo, foram produzidos 24 briquetes (8 briquetes para cada granulometria). Para a produção foram utilizadas as mesmas condições definidas por Costa et al. (2010), ou seja, 12% de umidade e pressão de  $1247,4 \text{ kgf.cm}^{-2}$ .



Figura 1 – Frações da serragem utilizada para o teste: Fundo, 35 mesh e 14 mesh. -  
Fractions of sawdust used for the test: Background, 35 mesh and 14 mesh.

Para a formação dos corpos de prova utilizou-se um prensa hidráulica de 15 ton, um molde de aço com formato cilíndrico com 3,5 cm de diâmetro e 16 cm de altura.

Foram realizados três tipos de ensaio: resistência a compressão diametral que avaliou a resistência do material pela aplicação de uma força usando uma máquina universal de ensaio EMIC 300KN; teste de abrasão que buscou avaliar a perda de massa do briquete num processo de degradação física e um teste de expansão longitudinal com a finalidade de avaliar a variação do comprimento do briquete num determinado período. As medições foram realizadas com 1h, 2h, 3h, 4h e 24 h após a prensagem. Para o teste de abrasão utilizou-se o peneirador vibratório por um tempo de 10 min segundo o método utilizado pelo Bureau of Mines citado por Carvalho e Brick (2004).

Para determinar a expansão longitudinal e o ensaio mecânico foram utilizados 3 tratamentos com 5 repetições. Para o ensaio de abrasão foram utilizados 3 tratamentos com 3 repetições. Os resultados obtidos no teste de resistência mecânica, abrasão e expansão longitudinal foram comprovados por ANOVA e pela análise de variância a 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Distribuição Granulométrica

Inicialmente foi feita a análise granulométrica de todo o material (serragem de pinus) para definir as frações (fina, média e grossa) que poderiam ser utilizadas na produção dos briquetes. A Figura 2 mostra o gráfico com a distribuição granulométrica da serragem de Pinus sp. A porção que apresenta maior massa em porcentagem esta na peneira de 35 mesh que apresentou 37.74% da amostra.

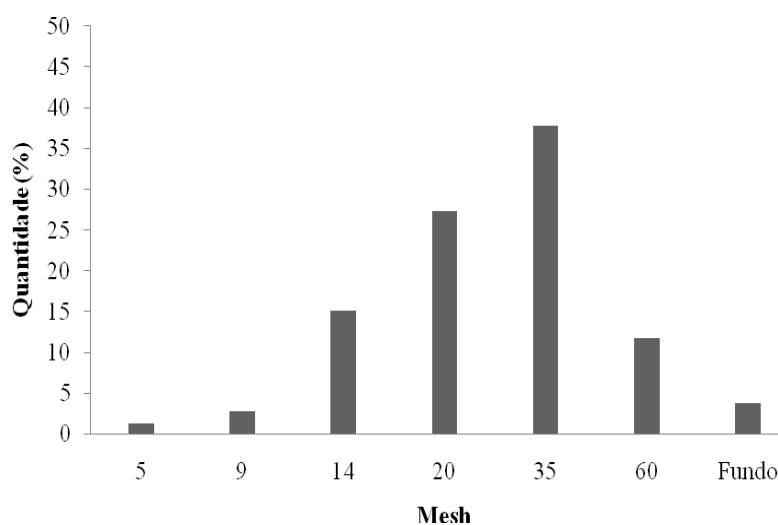


Figura 2 – Distribuição Granulométrica da serragem de Pinus sp.

Figure 2 – Granulometry distribution of the Pinus sawdust.

### Resistência a compressão diametral

Em relação aos testes de resistência mecânica nota-se pelo gráfico (Figura 4) que os briquetes que apresentaram maior resistência foram dos fabricados no mesh de 14 e pela quantidade contida no fundo (fração < 60 mesh).

Tensão (MPa)

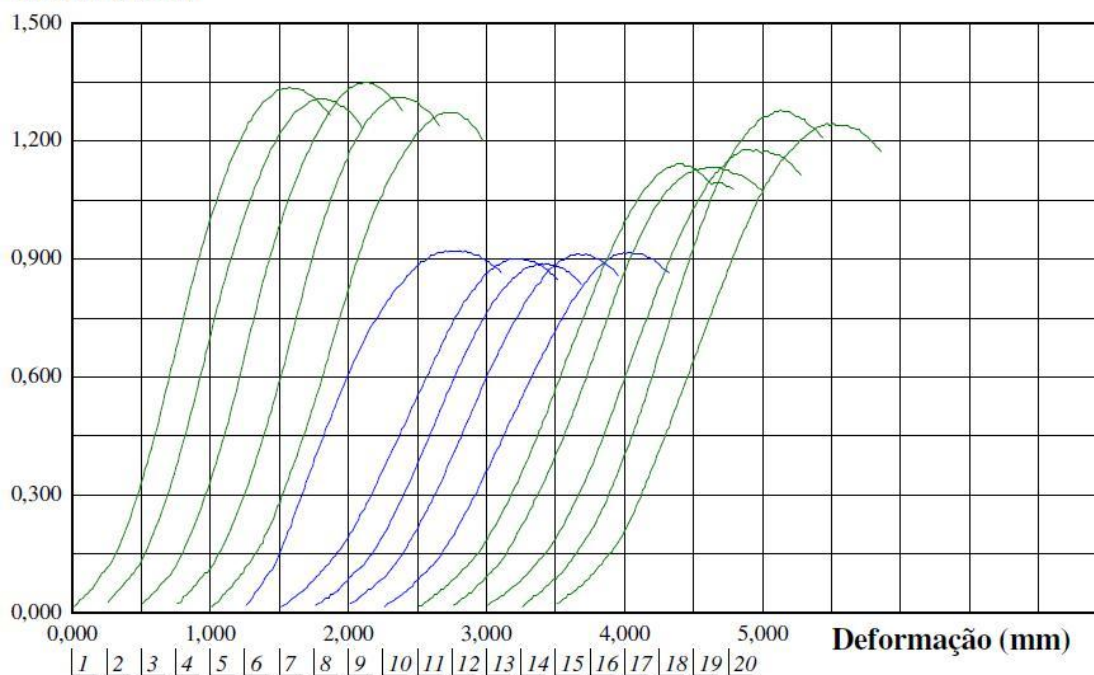


Figura 4 – Gráfico resultante do teste de resistência diametral  
Figure 4- Resulting graphic of the diametrical resistance test.

Isto é comprovado estatisticamente ao se notar que existe diferença entre os três tratamentos (14, 15 e < 60mesh) uma vez que o F calculado (Tabela 1). Ao se analisar as médias através do teste de Tukey (Tabela 2) pode-se notar que não existe diferença significativa entre os tratamentos de 60 e 35 mesh.

Tabela 1 – ANOVA da resistência diametral  
Table 1- Anova for the diametrical resistance.

Cv	G.I.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento (mesh)	2	2377.563	1188.782	108.2068*
Resíduo	12	131.8344	10.9862	-
Total	14	2509.398	-	

\*F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Teste de médias relacionando o tratamento com a média das forças máximas  
Table 2 – Test of Tukey for the three treatments and average of maximum forces.

Mesh	Carga média de força (Kgf)
<b>35</b>	71.88 a
<b>14</b>	96.70 b
<b>&lt;60</b>	100.14 b

Para evidenciar o influencia das 3 diferentes granulometrias em relação a resistência mecânica seria necessário a repetição dos ensaios mecânicos a fim de comprovar se o comportamento da resistência irá se manter.

### Teste de Abrasão

O teste de abrasão busca mostrar qual foi a massa perdida após um processo semelhante ao de um transporte. Pode-se notar que dentro dos mesh utilizados (Tabela 4) o que apresentou maior perda de massa após o processo foi a fração de 35 mesh que em porcentagem apresentou uma perda de 0.75% de sua massa.

Tabela 4 – Porcentagem da massa perdida após teste de abrasão  
Table 4 – Percentage of weight lost after abrasion test

Mesh	Massa perdida (%)
14	0.43
35	0.75
Base	0.69

O resultado da análise estatística a 5% de probabilidade não existe diferença entre os 3 tratamentos.

### Teste de Expansão longitudinal

O teste de expansão busca avaliar quanto os briquetes irão expandir após um determinado período de tempo. O resultado do ensaio pode ser visto no gráfico abaixo (Fig. 5). Estatisticamente (5% de probabilidade) não houve diferença significativa entre os tratamentos (14 mesh, 35 mesh, 60 mesh) assim pode-se dizer que a granulometria não irá influenciar na expansão longitudinal do briquete, ou seja, mesmo partículas grandes como apresentadas na granulometria de 14 mesh e menores de 60 mesh (base) terão mesmo comportamento de expansão.

Figura 5

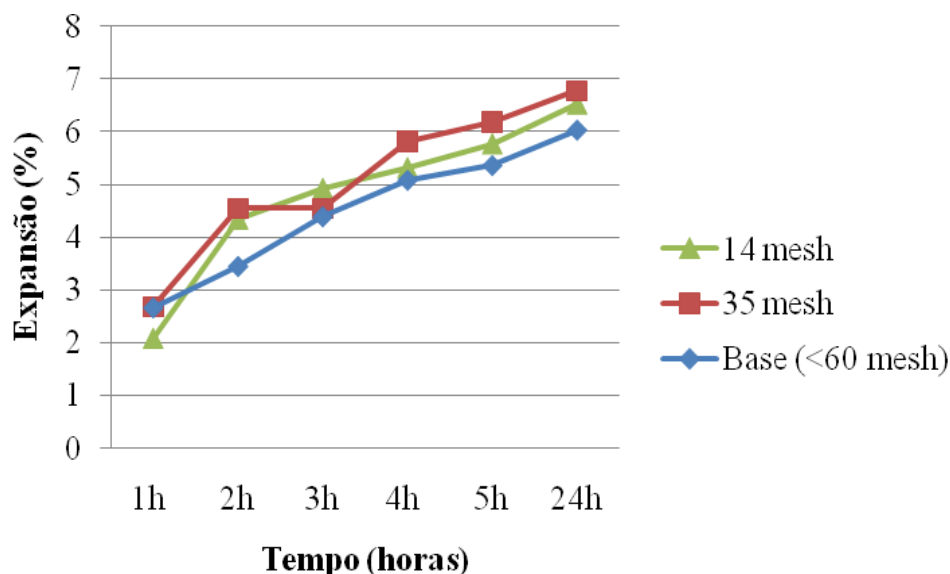


Figura 5 – Teste de expansão longitudinal dos briquetes de Pinus sp.  
Figure 5- Longitudinal expansion test of briquettes of Pinus sp.

## CONCLUSÃO

O objetivo do artigo foi mostrar as influências da granulometria no processo de formação dos briquetes. De acordo com os ensaios realizados observou-se que a granulometria influenciou na resistência mecânica dos briquetes. Para os ensaios de Expansão longitudinal e Abrasão não houve diferença significativa entre os tratamentos, mostrando que a granulometria não teve interferência nos ensaios.

## Agradecimentos

Ao CNPq pelo financiamento dos equipamentos (Projeto Universal – Edital MCT CNPq 15/2007) e a ProGrad (UFSCar) pela bolsa concedida. Ainda ao CNPq pelas bolsas de Iniciação Científica PIBITI e PIBIC concedidas.

## Referencias bibliográficas

CARVALHO, E. A. ; BRICK, V. . Briquetagem. In: Adão Benvindo da Luz; João Alves Sampaio. (Org.). Tratamento de Minérios. 4 ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004, v. 1, p. 613-638.

COSTA, D. R. ; YAMAJI, F. M. ; VENDRASCO, L. ; FLORES, W. P. . Análise de Briquetes de Eucalyptus. Revista da Madeira, v. 123, p. 46-48, 2010.

FONTES, P. J.; QUIRINO, W. F.; OKINO, E. Y. **Aspectos técnicos da briquetagem de carvão vegetal no Brasil**. Brasília, DF: Laboratório de Produtos Florestais, Departamento de Pesquisas, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1989. p. 1-14.

QUIRINO, W. F. - Características de briquetes de carvão vegetal a seu comportamento na combustão. Piracicaba, janeiro, 1991a. 80 páginas (Dissertação de Mestrado apresentada à ESALQ/LISP para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais).

QUIRINO, W. F. Briquetagem de resíduos ligno-celulósicos. Brasília: LPF, 1991b. (Circular Técnica 20).