

## Utilização do ensaio de tração por compressão diametral (tração indireta) para determinação da resistência mecânica de briquetes.

Roberto E. P. de Almeida<sup>1</sup>, Fabio Minoru Yamaji<sup>1</sup>, João Lúcio de Barros<sup>2</sup>

1. IC e graduando em Engenharia Florestal, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar; [\\*eng.robertoponciano@gmail.com](mailto:eng.robertoponciano@gmail.com)
2. Pesquisador e Professor Adjunto do Depto.de Ciências Ambientais - Sorocaba, UFSCar, Sorocaba/SP
3. Professor Instituto Federal de São Paulo – Campus Itapetininga, IFSP, Itapetininga/SP

Palavras Chave: briquete, *Pinus sp.*, resistência mecânica.

### Introdução

Há expressiva e constante elevação da demanda por biomassa nos setores de geração de energia, aquecimento e transporte, em que o consumo primário atingiu aproximadamente 57 exajoules (EJ) em 2013 (10% da oferta global). Neste mesmo ano houve um investimento total de US\$ 8 bilhões no setor (REN21, 2014). No Brasil o consumo final energético de biomassa é representado por 65.293 x 10<sup>3</sup> toneladas equivalente de petróleo – tep. Além disso, o país elevou sua produção bioenergética acima de 10%, passando de 10,8 GW para 11,4 GW (EPE, 2013). O setor de bioenergia é altamente complexo devido à variedade de potenciais de matéria prima e rotas técnicas para converter biomassa em bioenergia (REN21, 2014). Além disso, a qualidade final do produto é altamente influenciada pelo tipo de matéria prima utilizada e pelas condições de armazenamento (YAMAJI et al., 2010). Em 2012, a área plantada, utilizando-se *Pinus*, representava 1.562.782 ha no território nacional. O consumo de madeira de 2012, em toras de *Pinus*, foi de 27. 424. 294 m<sup>3</sup>, sendo o segmento de Indústria Madeireira o principal mercado consumidor deste tipo de madeira (ABRAF, 2012). Neste contexto escolheu-se este material para uso. Para definir a qualidade do briquete, deve-se avaliar as características mecânicas (força máxima; módulo elástico, tensão a compressão), uma vez que um material frágil pode dificultar o armazenamento, transporte e manejo (FLORES et al., 2009). Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a resistência a compressão diametral, de acordo com a variação da relação entre o tamanho e o diâmetro do briquete (fator h/d).

### Resultados e Discussão

A briquetagem do material de *Pinus*, com granulometria menor que 40 mesh, e teor de umidade de 10,30% ± 0,01%, foi realizada na briquetadeira de marca Marcon (modelo MPH-30), prensando-o a 12 t, por 30 s (T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>), e T<sub>3</sub> por 60 s. O procedimento foi realizado para 3 tratamentos, com 5 repetições, em que utilizou-se em T<sub>1</sub> = 10 g, T<sub>2</sub> = 20 g, e T<sub>3</sub> = 30 g, do mesmo material, de acordo com a figura 1.

A densidade aparente média do briquete foi de 0,94 ± 0,01 g/cm<sup>3</sup>. O ensaio de resistência à compressão foi feito na máquina universal de ensaios mecânicos (EMIC - modelo DL30000.), utilizando a célula de carga de 500 kgf (5kN). Na figura 2 encontra-se o percentual de expansão longitudinal, medido anteriormente ao ensaio. Os dados apresentados na tabela 1 foram avaliados estatisticamente (figura 3), indicando que o tratamento T<sub>3</sub> apresentou melhor resultado para tensão e força máxima, porém menor elasticidade. Em seguida realizou-se o ensaio de friabilidade, o qual de acordo com Barros (2014) avalia-se a resistência do material quando submetido à quedas, impactos e abrasões. Obteve-se os resultados apresentados na figura 4. Os resultados indicaram que

quando o fator h/d está próximo de 1, menos frível (mais resistente) o briquete tende a ser. Nesse contexto o T<sub>3</sub> obteve o melhor resultado de resistência neste teste.

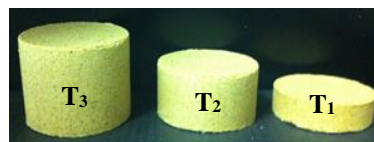


Figura 1. Uso de *Pinus sp.* para confecção de briquetes.

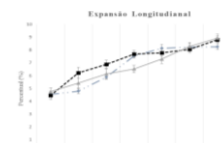


Figura 2. Expansão longitudinal - tratamentos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.

Tabela 1. Dados do ensaio de tração por compressão.

Tratamento	Parâmetro	Média	Mediana	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)	Mínimo	Máximo
		Tratamento 1	Força Máxima (kgf)	28,400	28,020	0,825	2,903
	Módulo Elástico (Mpa)	14,770	19,360	7,910	53,540	6,180	22,150
	Tensão Máxima (MPa)	0,463	0,462	0,012	2,687	0,444	0,477
Tratamento 2	Força Máxima (kgf)	61,270	61,930	2,093	3,415	58,890	63,660
	Módulo Elástico (Mpa)	21,100	21,100	0,570	2,701	20,420	21,890
	Tensão Máxima (MPa)	0,517	0,515	0,022	4,175	0,487	0,541
Tratamento 3	Força Máxima (kgf)	126,300	126,000	9,211	7,294	115,900	140,300
	Módulo Elástico (Mpa)	10,85	10,81	2,740	25,260	7,360	13,630
	Tensão Máxima (MPa)	0,710	0,709	0,046	6,539	0,662	0,783

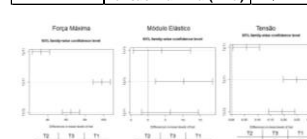


Figura 3. Teste de Tukey – força máxima, módulo elástico, tensão.



Figura 4. Teor de friabilidade.

### Conclusões

De acordo com o fator h/d, conclui-se que este interfere na resistência do briquete. Quando a razão é mais próxima de 1, observou-se que o briquete resiste a maior força máxima e tensão máxima aplicada, tem menor friabilidade, e tem um período maior para atingir a estabilidade dimensional, além disso, o seu módulo elástico reduz-se.

### Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio concedido pelo CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, para a realização do presente trabalho.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012. ABRAF. Brasília, p. 148. 2013. (1980-8550).

BARROS, J. L. D. Caracterização de vlenas e briquetes de carvões. Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, p. 121. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2013: Ano base 2012. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, p. 288. 2013. (620.9:553.04(81)).

REN21. Renewables 2014 Global Status Report. REN21 Secretariat. Paris, p. 2016. 2014. (978-3-9815934-2-6).

W.P. FLORES, F. M. Y. L. V. D. R. C. Redução do volume de biomassa no processo de briquetagem. Revista da Madeira, n. 20, p. 32-34, 2009.

YAMAJI, F. M. . V. L. . C. W. . F. W. P. Análise do comportamento higroscópico de briquetes. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 11-15, 2013.