



QUALIDADE DE BRIQUETES PRODUZIDOS COM RESÍDUOS OBTIDOS DO PROCESSAMENTO DA MADEIRA DE *Tectona grandis*

Sandra B. SILVA¹; Bárbara M. OLIVEIRA¹; Victor F. BROCCO¹; Hector J. P. L.
SOUZA¹ e Marina D. C. ARANTES¹

1- Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo,
Jerônimo Monteiro, Espírito Santo

Resumo: O briquete é um pequeno bloco de forma e tamanhos variáveis, resultante da compactação através de uma aplicação de pressão a qualquer material lignocelulósico, é um combustível com um alto poder calorífico em relação a madeira *in natura*. O objetivo deste trabalho foi produzir e avaliar briquetes com duas granulometrias de resíduos do processamento de madeira *tetona grandis* (maravalha e serragem) com vinte anos de idade. Antes do processo de briquetagem os resíduos foram preparados para a realização das análises químicas, densidade a granel e poder calorífico superior (PCS). A briquetagem foi realizada à uma pressão fixa de 120 Bar. Foram testadas duas temperaturas (100°C e 120°C) com um tempo de prensagem de 5 min e 7 min de resfriamento. Na avaliação da qualidade dos briquetes foram utilizadas as normas ABNT e testes estadísticos, determinou-se resistência a compressão, poder calorífico superior (PCS) e densidade aparente. Os resultados mostraram que os briquetes produzidos com serragem a temperatura de 120°C obtiveram maiores valores tanto em densidade como resistência mecânica. O PCS dos briquetes produzidos apresentou valores superiores aos encontrados antes da briquetagem. Nos briquetes gerados com a serragem o PCS foi superior ao da maravalha apenas para temperatura 100°C, tendo o aumento da temperatura para 120°C não aumentado o PCS.

Palavras-chave: Energia sustentável. Compactação de resíduo. Bioenergia. Teca.

Abstract: The briquette is a cylindrical small block of predefined shape and variable size resulting from compression by means of a pressure application to any lignocellulosic material is a fuel with a high calorific value compared to wood in nature. The objective of this work was to produce and evaluate briquettes with two grain sizes of wood processing waste *tectona grandis* (shavings and sawdust) with twenty years of age. Before the briquetting process, waste were prepared to carry out chemical analysis, bulk density and gross calorific value (PCS). Briquetting was performed at a fixed pressure of 120 bar. Two temperatures were tested (100 °C and 120 °C) with a pressing time of 5 min 7 min and cooling. In assessing the quality of the briquettes were used relevant standards and statistic tests, compressive strength was determined, gross calorific value (PCS), bulk density. The results showed that the briquettes made with sawdust to 120 °C had higher values both in density and mechanical strength. The PCS of the briquettes produced showed values higher than those found before briquetting. In sawdust briquettes generated with PCS was higher than the temperature shavings only to 100 °C, and the temperature increase to 120 °C not increasing the PCS.

Keywords: Sustainable energy. Compacting waste. Bioenergy. Teak.

1. Introdução

O modelo energético atual está direcionado para utilização de petróleo e seus derivados que são fontes de energia não renováveis a curto prazo, causando danos ao ambiente, que por sua vez está contribuindo consequentemente com o efeito estufa. Em função das quantidades limitadas de combustíveis fósseis e o impacto ambiental gerado durante sua exploração, existe uma pressão cada vez maior para o investimento e desenvolvimento de energias renováveis.

Durante as práticas florestais e agrícolas, indústrias de papel e celulose, indústrias madeireiras e diversas agroindústrias, grandes quantidades de resíduos lignocelulósicos são geradas. Estes resíduos constituem recursos renováveis, com elevado potencial e baixo custo para a obtenção de diversos produtos, como químicos e biocombustíveis para geração de energia.

Os materiais lignocelulósicos estão distribuídos de forma abundante e variável na natureza e possuem grande valor como fonte de energia alternativa. São compostos principalmente de celulose (35-50%), hemiceluloses (15-35%) e lignina (10-35%) e minoritariamente por amido, proteínas e cinzas. A concentração dos componentes mencionados varia de acordo com tipos de biomassa (HONG et al., 2011; ZAMANI, 2015).

A espécie *Tectona grandis* L.f., popularmente conhecida como teca, é nativa da Ásia, sendo reconhecida pela qualidade, rusticidade e resistência natural de sua madeira. Apresenta uma beleza peculiar, sendo utilizada em decorações de ambientes de luxo. Além do efeito decorativo, a madeira de teca é utilizada em diversas finalidades como construção naval, laminação e compensados, lenha e carvão vegetal, e móveis de alto padrão (LIMA, et al., 2009; IBÁ, 2014).

A utilização de biomassa de resíduos lignocelulósicos como matéria prima alternativa para fins energéticos necessita ainda de pesquisas para alcançar uma maior quantidade de materiais, podendo conduzir às expectativas confiáveis quanto à qualidade da matéria prima em relação ao seu uso energético.

Neste contexto, destaca-se a briquetagem, processo no qual os resíduos lignocelulósicos são compactados em diferentes formatos, e o produto gerado é chamado briquete (OLIVEIRA, 2015). O processo de briquetagem consiste na aplicação de pressão através de uma prensa mecânica em uma massa de matéria-prima com ou sem adição de ligantes e com ou sem tratamento térmico posterior transformando-a em um sólido, de forma definida, compacto com elevada densidade e poder calorífico (SALAME, 1992).

A vantagem de se utilizar a serragem na forma de briquetes consiste em um gerenciamento sustentável desses resíduos como forma de gerar energia em volumes compactos a partir de um recurso natural renovável, além de não possuir caráter poluidor de fontes fósseis de energia (ACIOLI, 1994). Portanto, os briquetes reduzem o impacto ambiental, ajudam na conservação das florestas nativas, possui disponibilidade de matéria-prima ao longo do ano em determinadas regiões, reduzem a biodregradação de resíduos, além de concentrarem uma grande quantidade de energia em um sólido de tamanho definido e uniforme o que facilita seu manuseio, transporte e armazenamento, pois dessa forma uma quantidade superior está condensada em um espaço físico reduzido (PAULA, 2010).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade dos briquetes produzidos com resíduos de diferentes granulometrias obtidos do processamento da madeira de *Tectona grandis*.

2. Material e métodos

2.1. Coleta e preparo do material

O resíduo utilizado para o processo de briquetagem foi proveniente do processamento mecânico de quatro exemplares de teca (*Tectona grandis* L.f.) com 20 anos de idade, provenientes de um plantio da empresa florestal Celulose Nipo Brasileira – CENIBRA S.A., sediada em Belo Oriente, na região do Vale do Rio Doce, estado de Minas Gerais, localizada à 19° 15' 00" de latitude Sul e 42° 22' 30" de longitude Oeste.

As toras coletadas foram desdobradas em pranchas com 7 cm de espessura e posteriormente aplainadas no Laboratório de Usinagem e Beneficiamento da Madeira (LUMBER) do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) em Jerônimo Monteiro, ES.

O material gerado durante o aplainamento das pranchas foi coletado seco ao ar durante duas semanas e foram armazenados na forma de maravalhas em sacos plásticos dispostos em sala climatizada. Para a caracterização dos resíduos e briquetes produzidos a maravalha foi moída em moinho de martelo com peneira de abertura 5 mm e posteriormente classificado de acordo com os testes realizados.

2.2. Determinação do teor de umidade e densidade a granel

A determinação do teor de umidade dos resíduos utilizados foi realizada de acordo com a norma Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 8112 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1983).

A densidade a granel dos resíduos foi realizada conforme metodologia expressa pela NBR 6922 (ABNT, 1981), a qual foi calculada a partir da relação entre a massa do material e o volume do recipiente utilizado, dada em kg.m^{-3} . O procedimento foi realizado para todas as granulometrias dos resíduos utilizados no estudo (maravalha, e os que passaram pela peneira de 9 “mesh” (serragem) e ficaram retidos na peneira de 48 “mesh” (abertura de 0,3 mm)), nas mesmas condições de umidade.

2.3. Análises químicas e de poder calorífico superior

A análise dos extrativos foi realizada conforme a norma TAPPI 264 om-88 (1992). Foram tomadas amostras de serragem com $2,0 \pm 0,001\text{g}$ da amostra livre de umidade, as amostras foram alocadas em filtro de vidro sinterizado de porosidade n° 2, e posteriormente inseridas em extrator “Soxhlet” para extração pela solução de etanol:tolueno (1:2) por 5 horas. O produto da extração foi evaporado em estufa a $103,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$ para remoção dos solventes. O resíduo formado pelos extrativos foi pesado e o teor de extrativos obtido por diferença de massa. Na segunda etapa para a remoção dos extrativos para análise da lignina, a sequência de extração seguiu com a extração em solução de etanol (120 ml) por 4 horas, e posteriormente em água quente por 1 hora.

Das amostras livres de extrativos, foram pesadas 0,3 g de serragem secas para a quantificação da lignina. Nas amostras foram adicionadas 3 mL de ácido sulfúrico a 72%, que foram mantidas em banho-maria a $30 \pm 0,2^\circ\text{C}$ durante 1 hora. Posteriormente as amostras foram diluídas em 1 L de água destilada e depositadas em frasco lacrado hermeticamente, com tampa de borracha e lacre de alumínio, e em seguida foram transferidas para autoclave com água a temperatura de 118°C por 1 hora. Após serem retiradas da autoclave, as amostras foram filtradas em filtro de vidro de porosidade n° 2, com camada de óxido de alumínio em



fibras, e foram introduzidos na estufa à temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, até atingir massa constante, para posterior pesagem e determinação de lignina insolúvel. Para determinação de lignina solúvel em ácido sulfúrico, foi utilizado o método de espectrofotometria, pela equação descrita por Goldschimid (1971). A lignina total foi determinada como sendo a soma das ligninas solúvel e insolúvel.

O teor de cinzas foi determinado de acordo com a ABTCP M 11/77 (1977). Onde foi utilizada cinco gramas secos de madeira, que foram reservados em cadinho de porcelana e em seguida conduzidos à mufla mantida a $575\text{ }^{\circ}\text{C}$ por ± 6 horas. Primeiramente os cadinhos foram inseridos em mufla com tampa, depois da carbonização das amostras, as tampas foram retiradas e os mesmos permaneceram na mufla até a combustão total das amostras. Posteriormente, as amostras foram removidas da mufla e colocadas em dessecador para resfriamento e posterior pesagem para a determinação do teor de cinzas.

A análise do poder calorífico superior dos resíduos foi realizada conforme a NBR 8633 (ABNT,1984). Sendo efetuada utilizando um calorímetro, em que foi usado 1 g de madeira seca com granulometria de 60 “mesh”.

2.4. Produção dos briquetes

Foram produzidos briquetes utilizando as duas granulometrias de resíduo e duas temperaturas diferentes, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, constituindo-se, portanto, de quatro tratamentos:

- Tratamento 1: maravalha a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Tratamento 2: maravalha a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Tratamento 3: serragem a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Tratamento 4: serragem a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A compactação do material foi realizada em uma briquetadeira laboratorial da marca Lippel®, modelo LB 32, pressão constante de 120 kgf/cm^2 , tempo de compactação de cinco minutos, resfriamento de sete minutos. A quantidade de material foi limitada pelo volume do cilindro da briquetadeira utilizada. Foram produzidos dez briquetes por tratamento.

Após a produção, os briquetes foram encaminhados para climatização para homogeneização da umidade, onde permaneceram até atingir massa constante para posteriormente serem avaliados.

2.7. Análise da qualidade dos briquetes

A densidade aparente foi determinada pelo método estequiométrico, que consistiu na obtenção do volume a partir de medições diretamente nos briquetes, utilizando-se um paquímetro e da massa em uma balança com precisão.

Os ensaios mecânicos para avaliar a resistência à compressão axial dos briquetes de ambas granulometrias foram realizados utilizando-se uma máquina universal de ensaios em que o valor de resistência à compressão foi calculado em função da força de resistência do briquete até a carga de tensão de ruptura. A velocidade de carregamento foi de $0,03\text{ cm min}^{-1}$ e a carga aplicada no sentido diametral dos briquetes, adotando-se como base para as análises a metodologia descrita na NBR 7190 – Anexo B (ABNT, 1997).

Para a determinação do poder calorífico superior utilizou-se como base a norma NBR 8633 (ABNT, 1984) conforme descrito no item 2.3.

2.8. Análise é avaliação dos resultados

Para o teor de umidade, análise química e poder calorífico dos resíduos foi utilizada a estatística descritiva.



Na avaliação da qualidade dos briquetes produzidos foi empregado um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial em que foi avaliado o efeito das diferentes granulometrias e temperaturas na densidade aparente, resistência a compressão e poder calorífico. Foram empregadas 10 repetições por granulometria, temperatura e teste realizado, totalizando 120 briquetes.

Para os fatores detectados como significativos pelo teste F ($p \leq 0,05$), utilizou-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para a comparação entre as médias.

3. Resultados e discussão

Na Tabela 1, encontram-se os valores médios obtidos para a umidade (%), densidade a granel (DA) em kg m^{-3} , extrativos em etanol:tolueno (%), extrativos totais (%), lignina (%), teor de cinzas (%) e Poder Calorífico Superior (PCS) em kcal kg^{-1} dos resíduos da madeira.

Tabela 1. Densidade a granel, análises químicas e poder calorífico superior do material utilizado para a produção dos briquetes.

Granulometria	Umidade (%)	DA (g cm^{-3})	Cinzas (%)	Extrativos etanol:tolueno (%)	Extrativos totais (%)	Lignina total (%)	PCS (kcal kg^{-1})
Maravalha	9,03 (0,44)	0,049 (0,00)	0,77 (0,04)	9,05 (0,22)	10,82 (0,80)	32,52 (0,14)	4746,33 (34,02)
Serragem	10,23 (0,28)	0,189 (0,66)					

*Valores entre parênteses representam o desvio padrão.

Analisando os resultados da Tabela 1, observa-se que os resultados de teor de umidade dos resíduos, estão de acordo com os recomendados na literatura para a compactação, entre 8 e 15% (MAGOSSO, 2007). De acordo com Borghi (2012), a determinação precisa da umidade beneficia a utilização do produto final e é imprescindível para a obtenção de produtos com qualidade.

Os resultados da densidade a granel da maravalha apresentou-se inferior a da serragem, o que torna seu transporte e armazenamento mais caro, uma vez que o frete é pago por metro cúbico, ou seja, quanto maior a densidade a granel menor será o valor do frete (FILIPPETTO, 2008).

Para o teor de cinzas foi encontrado um valor médio de 0,77%, o que está de acordo com a literatura, uma vez que as cinzas “raramente ultrapassam os 2%” (WANDER, 2001). De acordo com o estudo, a média do teor de extrativos totais foi de 10,82%. Segundo Klock, et al. (2005) aproximadamente de 3 a 10% da madeira é constituída por extrativos. O valor médio de lignina encontrado nos resíduos foi de 32,52%, valor apto para a geração de energia, uma vez que, na maioria dos casos, quanto maior o teor de lignina, maior o poder calorífico e consequentemente, maior o rendimento gravimétrico do carvão vegetal.

O valor médio do poder calorífico superior dos resíduos utilizados no estudo foi de 4746,33 Kcal Kg^{-1} , segundo a literatura a quantidade de calor de um quilograma de material madeireiro pode variar em média de 3.500 a 5.000 kcal kg^{-1} (GOLDEMBERG, 1998; QUIRINO, 2002; VALE et al., 2007). Vale ressaltar que as características energéticas da

biomassa estão relacionadas a fatores como: teores de cinzas, extrativos e lignina presentes no material.

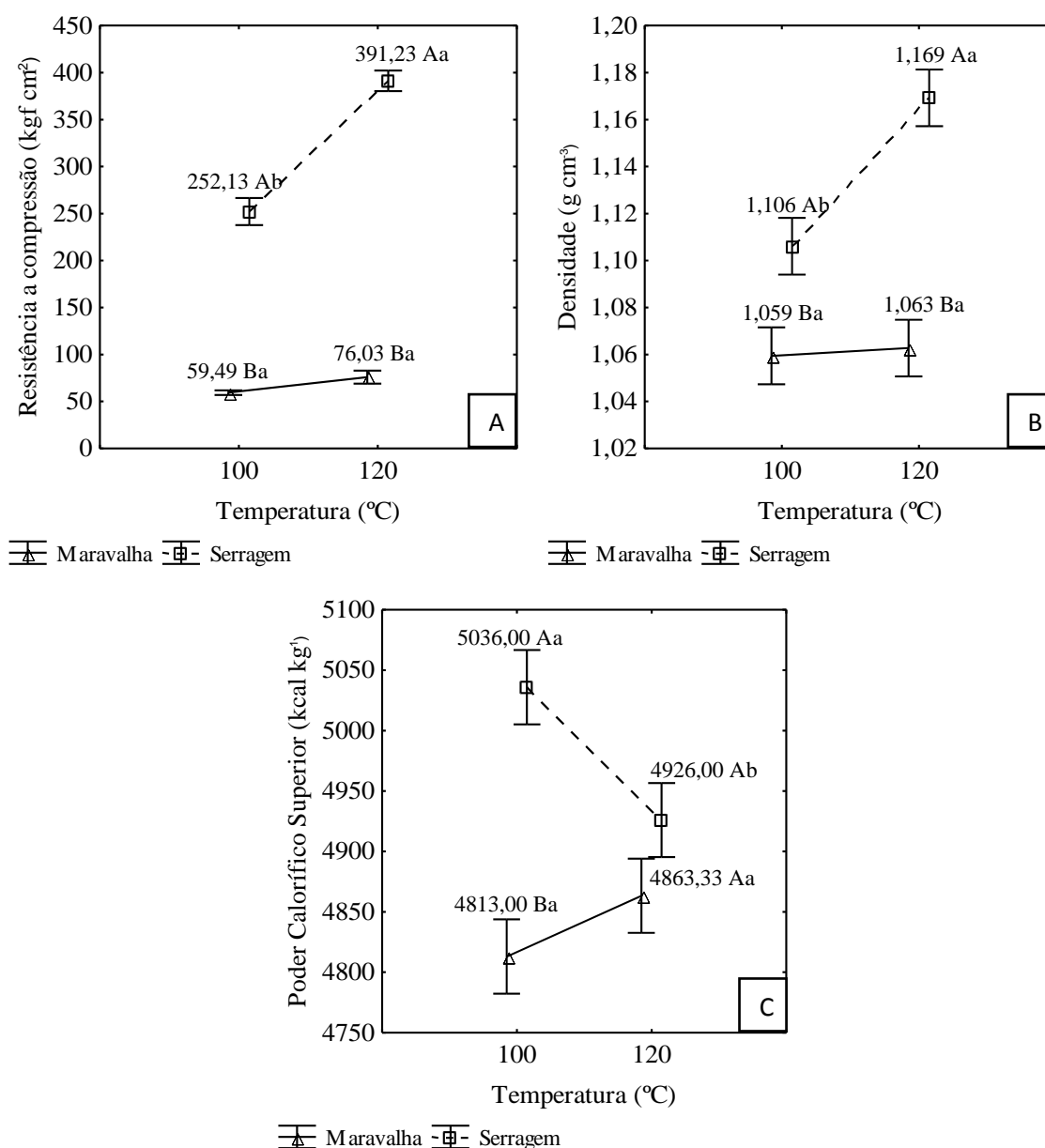
As análises estatísticas indicaram diferença significativa para a interação granulometria x temperatura em todas as análises realizadas com os briquetes produzidos. Na comparação dos valores médios de resistência a compressão (Figura 1A), notou-se que para ambas temperaturas de briquetagem, os briquetes produzidos com a serragem obtiveram maior resistência mecânica quando comparado aos produzidos com a maravalha, o que representou um ganho médio de 374% na resistência. Ao se comparar a resistência entre as temperaturas para cada granulometria pôde-se observar que não houve diferença significativa nos briquetes produzidos com a maravalha. No entanto, para os briquetes produzidos com a serragem, a temperatura de 120 °C proporcionou um aumento significativo na resistência a compressão, o que representou um ganho de aproximadamente 55%.

Para os valores médios de densidade aparente (g.cm^{-3}) (Figura 1B), foi possível observar novamente que para ambas temperaturas de briquetagem, os briquetes produzidos com a serragem obtiveram maiores valores quando comparado aos produzidos com a maravalha. De forma análoga aos resultados da resistência a compressão, a densidade aparente não variaram de forma significativa para as temperaturas testadas nos briquetes produzidos com a maravalha, no entanto, para a serragem, houve aumento significativo da densidade para a temperatura de 120 °C.

Com relação ao poder calorífico superior dos briquetes (Figura 1C), pôde-se notar que houve um aumento em comparação com os valores obtidos antes da briquetagem (Tabela 1). Na comparação entre os briquetes produzidos, notou-se que houve diferença significativa entre as granulometrias utilizadas apenas para a temperatura de 100 °C. Nos briquetes produzidos com a maravalha não houve diferença significativa entre as temperaturas testadas, já quando se utilizou a serragem, notou-se um decréscimo no poder calorífico da temperatura de 100 para 120 °C.

Dias Júnior (2014) em seus estudos encontraram valores de resistência à compressão entre 42,01 e 80,40 kgf.cm^{-2} . Analisando briquetes de biomassa e cavaco Borghi (2012) encontrou valores variando entre 39,2 a 67, 4 kgf.cm^{-2} . Já Furtado et al. (2010) obteve resultado de 115 kgf.cm^{-2} de resistência à compressão para briquetes de serragem. Os valores encontrados por esses autores foram em média inferiores aos resultados obtidos no presente estudo.

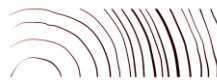
Segundo Quirino (1991) os resultados de ensaios à resistência de compressão devem ser interpretados com cuidado, porque são influenciados diretamente pelo tamanho e forma dos briquetes, e ainda pelas propriedades dos materiais a partir dos quais são produzidos. Dessa forma, pode-se inferir que a temperatura e o tipo de material tiveram influência direta nos resultados encontrados.



As médias seguidas pela mesma letra, (maiúscula entre granulometrias e minúscula entre temperaturas), não diferem estatisticamente entre si (Tukey $p > 0,05$)

Figura 1. Resistência a compressão (A), densidade aparente (B) e poder calorífico superior (C) dos briquetes em função da granulometria e temperatura utilizada.

Os valores encontrados para densidade estão de acordo aos citados por Dias et al. (2012), com valores de densidade para briquetes variando entre 0,5 a 1,2 g.cm⁻³. Paula (2010) aplicando temperatura de 100 °C encontrou densidade aparente média de 0,903 g.cm⁻³ para briquetes fabricados com serragem e 0,850 g.cm⁻³ para briquetes fabricados com maravalha. Em seu estudo Paula (2010) ainda testou diferentes temperaturas para a fabricação de briquetes de resíduos de café e arroz, encontrando melhores resultados de densidade e resistência à compressão quando feitos à temperatura de 125 °C.



Segundo Dias et al. (2012) a maravalha e a serragem de madeira possuem um poder calorífico médio de $4.800 \text{ kcal.kg}^{-1}$. Furtado et al. (2010), em seus estudos, encontraram poder calorífico superior médio de $4.938 \text{ kcal.kg}^{-1}$ para briquetes fabricados a partir de serragem. Já Quirino e Brito (1991) encontrou um poder calorífico superior médio de $5.364 \text{ kcal.kg}^{-1}$ para briquetes de carvão vegetal.

Furtado et al. (2010) afirmam, de acordo com seus estudos, que a redução do poder calorífico dos briquetes está relacionada a perda de voláteis, que é consequência do aumento da temperatura do processo, causando escape destes compostos para o meio, devido à redução dos espaços vazios dentro do briquete. Esse fato pode ser aplicado à redução do poder calorífico observado em briquetes de serragem à $120 \text{ }^\circ\text{C}$ no presente trabalho.

Segundo Ginâni (2013), uma matéria-prima de baixa granulometria resulta em briquetes com maior densidade. Portanto, a serragem, por apresentar partículas com dimensões menores e pelo fato de abranger uma área maior de superfície e conseqüentemente, promover, uma melhor interação, apresentou melhores resultados quando comparado com a maravalha em todas as análises realizadas.

Gonçalves (2010) enfatizou que em relação à temperatura, a compactação em condições acima de $100 \text{ }^\circ\text{C}$ permite a fluidificação da lignina, promovendo, portanto, uma maior adesão das partículas. Além disso, temperaturas elevadas evaporam parte da umidade da biomassa, melhorando o poder calorífico do produto compactado. Nesse sentido, a temperatura de $120 \text{ }^\circ\text{C}$ apresentou os melhores resultados principalmente quando aplicada à serragem.

4. Conclusões

De forma geral, os resíduos estudados possuem boas propriedades para a sua utilização energética, principalmente por apresentar baixo teor de cinzas, alto teor de lignina e alto poder calorífico superior.

Os briquetes produzidos com serragem obtiveram ganhos significativos de densidade aparente e apresentaram-se mais resistentes que os produzidos com a maravalha.

O processo de briquetagem ocasionou aumento do poder calorífico superior (PCS) comparado com a matéria prima antes do processo de briquetagem. Os briquetes produzidos com a serragem apresentaram valores de PCS superiores àqueles produzidos com a maravalha, no entanto o aumento da temperatura não proporcionou o aumento do PCS.

Referências bibliográficas

ACIOLI, J. L. **Fontes de energia**. Brasília: UnB, 1994. 138p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: carvão vegetal: determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8112**: Carvão vegetal – análise imediata, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6922**. Carvão vegetal - Ensaio físicos - Determinação da massa específica - Densidade a granel. Rio de Janeiro, 1981.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **M11/77**: Teor de cinzas. São Paulo, 1977. 8p.

BORGHI, M. M. **Efeito da granulometria na avaliação dos briquetes**. 2012. 47 f.. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2012.

DIAS, J.M.C.S. et al. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Embrapa Agroenergia: Brasília, 2012. 130p.

DIAS JÚNIOR, A.F. **Caracterização de briquetes produzidos com resíduos agroflorestais**. 2013. 25 f.. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014.

FILIPPETTO, D. **Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnico-econômica e potencial de mercado**. 2008. 73 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008.

FURTADO, T.S. et al. Variáveis do processo de briquetagem e qualidade de briquetes de biomassa florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.30, n. 62, mai/jul. p. 102-106. Colombo, 2010.

GINÂNI, T. P. **Estudo preliminar da produção de briquetes compostos a partir de resíduos florestais**. 2013. 37 f.. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos - RN, 2013.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. Ed. Edusp. 234 p. São Paulo. 1998.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K.V.; LUDWIG, C.H. **Lignins: occurrence, formation, structure and reactions**. New York: John Wiley & Sons, 1971. p.241-266.

GONÇALVES, J. E. **Avaliação energética e ambiental de briquetes produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e de madeira de *Eucalyptus grandis***. 2010. 104 f.. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

HONG, L. S.; IBRAHIM, D.; OMAR, I. C. Lignocellulolytic materials- as a raw material for the production fermentable sugars via solid state fermentation. **Asian J. Scientific Res.** v. 4, n. 1, p. 53-61, 2011.



INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Brasília: Studio 113. 100 p.
Disponível em: <http://www.iba.org/shared/iba_2014_pt.pdf>. Acesso em: 02 dez.
2014.

KLOCK, U.; MUNIZ, G. I. B.; ERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**.
3. ed. Curitiba: UFPR, 2005. 86 p.

LIMA, I. L.; FLORSHEIM, S. M. B.; LONGUI, E. L. Influência do espaçamento em algumas
propriedades físicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 2, p. 244-
250, 2009.

MAGOSSI, D. C. **A produção florestal e a industrialização de seus Resíduos na região de
Jaguariaíva – Paraná**. 2007. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) -
Universidade Federal do Paraná, Jaguariaíva, PR, 2007.

OLIVEIRA, B. M., **Utilização de resíduos do processamento da madeira para produção
de briquetes**. 2015. 23 f.. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Salinas, MG, 2015.

PAULA, L. E. de R. **Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos**. 2010.
72 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de
Lavras, Lavras, 2010.

QUIRINO, W. F. **Características de briquetes de carvão vegetal e seu comportamento na
combustão**. 1991. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de
Queiroz da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1991.

QUIRINO, W.F.; BRITO, J.O. **Características e índice de combustão de briquetes de
carvão vegetal**. Laboratório de Produtos Florestais - LPF/IBAMA. Brasília, 1991. 18p.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais**. Editora IBAMA. Brasília.
2002.

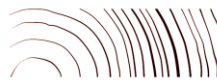
SALAME, J. E. F. **Estudo básico para briquetagem do carvão vegetal**. Escola de Minas e
Metalurgia, Ouro Preto, 1992. 19p.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI test methods T 264
om-88**: preparation of wood for chemical analysis. Atlanta: Tappi Technology Park, v.1,
1992.

VALE, A. T. do.; GENTIL, L. V.; GONÇALEZ, J. C.; COSTA, A. F. da. **Caracterização
energética e rendimento da carbonização de resíduos de grãos de café (*Coffea arábica*,
L) e de madeira (*Cedrelinga catenaeformis*), duke**. **Cerne**, Lavras, v. 13, n.4, p. 416-420,
out./dez. 2007.

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



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. 33 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, RS, 2001.

ZAMANI, A. Introduction to Lignocellulose-based Products. In: KARIMI, K. (Ed.). **Lignocellulose-Based Bioproducts.** Switzerland: Springer Publishing, 2015, p. 1-36.

ZAGO, M. A., FROEHLICH, E. S.; PELEGRINI, A. G., SIFUENTES, P. H. O processo de briquetagem como alternativa de sustentabilidade para as indústrias madeireiras do município de Aripuanã - MT. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO. Ponta Grossa, 2010.