

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE *PELLETS* PRODUZIDOS COM ADIÇÃO DE CASCA NA MADEIRA DE *EUCALYPTUS UROPHYLLA*

Nívea S. A. LIMA¹, Angélica de C. O. CARNEIRO¹, Carlos M. S. da SILVA¹, Mateus A. de MAGALHÃES¹, Fernanda B. FERREIRA¹ e Isadora S. CORRADI¹

1 – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da adição de casca nas propriedades físicas e mecânicas de *pellets* produzidos com madeira de *Eucalyptus urophylla*. A madeira e a casca, após serem secas ao ar livre foram reduzidas a partículas em um moinho-martelo e selecionadas entre as peneiras sobrepostas de 1 e 3mm. Os *pellets* foram produzidos em uma prensa peletizadora laboratorial, divididos em seis misturas de madeira de *E.urophylla* com adição de casca nas proporções de 0, 20, 40, 60, 80 e 100%. Para qualificação físico-mecânica dos *pellets*, foram determinadas a umidade de equilíbrio higroscópico em base seca, densidade a granel e dureza. Os resultados foram comparados com a norma de comercialização européia. A umidade de equilíbrio higroscópico e a dureza dos *pellets* aumentaram significativamente com acréscimo de casca na mistura. Já a densidade a granel variou sem apresentar uma tendência definida. *Pellets* de madeira de *E. urophylla* produzidos com adição de casca atendem a norma europeia de qualidade quanto à densidade a granel e umidade, evidenciando o seu potencial de produção e comercialização.

Palavras-chave: densidade a granel, resistência, umidade.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the influence of the addition of bark on physical and mechanical properties of *pellets* produced with *Eucalyptus urophylla*. The wood and the bark, after being air dried, were reduced to particles in a hammer mill and selected between overlapped sieves 1 and 3mm. *Pellets* were produced in a pelletizer Laboratory press, divided into six wood mixtures of *E. urophylla* shell with added in proportions of 0, 20, 40, 60, 80 and 100%. For physical-mechanical qualification of *pellets*, it was determined moisture equilibrium moisture content on a dry basis, bulk density and hardness. The results were compared with the standard European market. The moisture equilibrium moisture content and hardness of *pellets* increased significantly in shell increase in the mix. Bulk density varied without showing a definite trend. *Pellets* of *E. urophylla* wood produced with addition of bark attend the European standard of quality as the bulk density and moisture, demonstrating their potential for production and commercialization.

Keywords: bulk density, resistance, moisture.

1. INTRODUÇÃO

Os *pellets* de madeira são classificados como combustíveis sólidos granulados de formato regular e de alta densidade. A produção de *pellets* é uma tecnologia de compactação



capaz de converter a biomassa vegetal em um material com melhores características de manuseio e de combustão. O mercado de *pellets* está relativamente consolidado em alguns países da Europa e da América do Norte, onde já possui normas específicas de qualidade para sua comercialização, como a norma DIN EN 14961-2(2011). A matéria-prima utilizada por esses países advém basicamente de biomassa residual, principalmente, de restos do processamento de pinos em serrarias.

O Brasil possui um grande potencial nesse setor, apesar do cenário atual de produção e comercialização de *pellets* ainda ser muito incipiente no país. A razão desse otimismo está no fato do Brasil ser um dos maiores produtores agrícolas e florestais do mundo, que geram grandes volumes reaproveitáveis de resíduos, além do desenvolvido setor da eucaliptocultura que poderia atender a demanda em madeira (IBÁ, 2014). Todavia, os resíduos normalmente apresentam altos teores de cinzas, não atendendo as rígidas normas de exportação, sendo destinado apenas para o mercado interno que ainda precisa ser consolidado. No momento, a madeira de eucalipto é a única biomassa brasileira prontamente disponível, em quantidade e qualidade, para atender o mercado de *pellets* tanto nacional quanto internacional.

Entretanto, destinar um plantio de eucalipto exclusivamente para a produção de *pellets* não é uma opção economicamente tão vantajosa. O custo dessa matéria-prima aumentaria os custos de produção, que aliados aos altos custos de transporte, tornariam os *pellets* brasileiros poucos competitivos dentro do mercado internacional e, até mesmo, dentro do próprio mercado brasileiro. A solução é utilizar misturas com os demais resíduos florestais ao invés de apenas madeira. A casca de eucalipto, que segundo Oliveira et al. (1999) pode chegar a mais de 20% da massa seca do tronco, é o resíduo com maior potencial de utilização. Pode ser obtida desde as atividades de colheita e extração até o processamento final, onde normalmente é descartada. Porém, a casca possui composição química diferente da madeira, como altos teores de extrativos e de cinzas (BRAGATO, 2010).

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da adição de casca nas propriedades físicas e mecânicas de *pellets* produzidos com madeira de *Eucalyptus urophylla*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria prima

Foi utilizada uma única árvore de *Eucalyptus urophylla*, com sete anos de idade, eliminando-se todos os galhos. O tronco foi seccionado em pequenas toras, descascado e rachado em pedaços menores em rachador de lenha RTI 01. Tanto a casca quanto a madeira foram deixadas secando separadas, ao ar livre, até atingir massa constante. Posteriormente, foram reduzidas a partículas de um moinho-martelo e selecionadas entre as peneiras sobrepostas de 1 e 3mm.

2.2 Produção dos *pellets*

Os *pellets* foram produzidos em uma prensa peletizadora laboratorial da marca AmandusKahl, modelo 14-175 com capacidade para produção de 50 kg.h⁻¹, com adaptação externa para adição de vapor.

A temperatura média de peletização foi de 95°C. Para atingir essa temperatura em menor tempo, a matriz de peletização foi pré-aquecida em óleo a 200°C por aproximadamente

30 minutos para posterior montagem na prensa, minimizando o uso de partículas para o aquecimento.

Foram produzidos *pellets* com seis misturas de madeira de *E. urophylla* com adição de casca de: T1 – 0%; T2 – 20%; T3 – 40%; T4 – 60%; T5 – 80%; e T6 – 100%.

2.3 Qualificação físico-mecânica dos *pellets*

Para determinação da umidade de equilíbrio higroscópico, os *pellets* foram acondicionados a uma câmara climática a temperatura de 20°C e umidade relativa de 65%, até massa constante. A determinação da umidade dos *pellets* foi feita de acordo com a norma DIN EN 14774-2 (2009), em base seca.

A densidade a granel (kg/m³) da biomassa foi obtida de acordo com a norma DIN EM 15103 (2010).

A determinação da dureza (kg) foi feita em um Durômetro para *pellets* da marca AmandusKahl.

A verificação da adequação dos parâmetros obtidos foi feita comparando-se os resultados com a norma europeia de qualidade para *pellets* DIN EN 14961-2 (2011).

2.4 Delineamento experimental

Os dados foram analisados segundo um Delineamento Inteiramente Casualizado com seis tratamentos.

Os dados foram submetidos aos testes Cochran e Lilliefors para avaliar a homogeneidade e normalidade das variâncias, respectivamente. Posteriormente procedeu-se a análise de variância ANOVA e quando estabelecidas diferenças significativas, os tratamentos foram comparados entre si por meio do teste de Tukey a 95% de probabilidade. A análise foi realizada no *software Statistica 12.0*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios da qualificação físico-mecânica de *pellets* produzidos com diferentes proporções de madeira e casca.

Tabela 1- Umidade de Equilíbrio Higroscópico (U.E.H), densidade a granel e dureza de *pellets* produzidos com diferentes proporções de madeira e casca.

Tratamento	% Casca	U.E.H (%)	Densidade (kg.m ⁻³)	Dureza (kg)
1	0	8,48 c	670,85 cd	29,68 d
2	20	8,48 c	659,64 d	37,68 bcd
3	40	8,27 c	677,60 cd	36,24 cd
4	60	9,28 b	701,12 ab	47,96 abc
5	80	10,12 a	724,54 a	49,48 ab
6	100	10,10 a	685,48 bc	58,32 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre linhas pelo teste Tukey a 5% de significância.



A umidade de equilíbrio higroscópico e a dureza dos *pellets* aumentaram significativamente com acréscimo de casca na mistura. Já a densidade a granel variou sem apresentar uma tendência definida, sendo a maior densidade apresentada pelos *pellets* feitos a partir da mistura com adição de 80% de casca.

Do ponto de vista energético, a maior umidade é indesejável por apresentar correlação negativa com o potencial combustível da biomassa, já que a água reduz a quantidade total de energia que poderia ser liberada da madeira devido ao consumo energético necessário para o processo inicial de evaporação da secagem, além de aumentar os custos com transporte e armazenamento (SWITHENBANK et al. 2011). A umidade também pode prejudicar o armazenamento, contribuindo para proliferação de fungos e reduzindo a resistência mecânica dos *pellets*. A norma europeia de qualidade estipula valor máximo de 11,1% de umidade em base seca para os *pellets* de madeira, dessa forma todos os tratamentos atendem a norma.

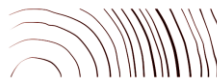
Características químicas da casca estão intimamente relacionadas com o seu poder combustível, como encontradas no estudo de BRITO & BARRICHELO (1978), no qual a casca de diferentes espécies de eucalipto apresentou maiores teores de carbono fixo, comparada à madeira, o que é desejável para utilização dos *pellets*. VITAL et al (1989) analisou a qualidade do carvão produzido com adição de casca de *E. grandis* e obteve resultados satisfatórios para o rendimento gravimétrico e em carbono fixo do carvão vegetal, mostrando mais uma possível utilidade deste resíduo.

A densidade a granel variou sem uma tendência geral, mas todos os tratamentos apresentaram valores considerados elevados. A maior densidade corresponde a maior quantidade de massa e de energia por unidade de volume. Com isso, aumenta o rendimento energético durante a combustão e otimiza a logística de transporte e armazenamento. A norma europeia de qualidade de *pellets* exige valores mínimos de 600 kg/m³, logo todos os tratamentos obtiveram valores satisfatórios.

A adição de casca influenciou positivamente no aumento da dureza dos *pellets*, sendo os valores médios do tratamento 100% casca praticamente o dobro dos valores do tratamento 100% madeira. A geometria e granulometria das partículas podem influenciar na resistência mecânica dos *pellets*. Segundo Castellano et al. (2015), partículas de menor granulometria tendem a produzir *pellets* mais resistentes, devido a melhor interação entre elas. Mesmo utilizando o mesmo moinho e peneira, as partículas de cascas ficaram menores, mais finas e menos duras do que as partículas de madeira, fato que facilitou a peletização, exigindo menos esforço da máquina. O aumento da dureza é vantajoso por indicar maior resistência dos *pellets* aos impactos mecânicos comuns durante o transporte, armazenamento e manuseio dos mesmos, diminuindo a formação de finos.

4. CONCLUSÕES

- *Pellets* de madeira de *E. urophylla* produzidos com adição de casca apresentam maior umidade de equilíbrio higroscópico e maior índice de dureza.
- De modo geral, os *pellets* produzidos com adição de casca de *E. urophylla* atenderam a norma europeia de qualidade, quanto à umidade e densidade a granel na classe A, evidenciando o seu potencial de produção e comercialização.



5. AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF), à Universidade Federal de Viçosa, à FAPEMIG e ao CNPQ,

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGATO, J. Avaliação do potencial da casca de *Eucalyptus* spp. para produção de bioetanol. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ/USP. Piracicaba, SP. 2010.

BRITO, J.O. & BARRICHELO, L.E.G. Características do Eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. IPEF, Piracicaba, (16): 63-70, 1978

CASTELLANO et al. Study on the effects of raw materials composition and pelletization conditions on the quality and properties of *pellets* obtained from different woody and non woody biomasses. Fuel, V.139, p.629-636, 2015.

DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG - DIN **EN 14774-2** - Solid biofuels - Determination of moisture content - Oven dry method - Part 2: Total moisture - Simplified method. Alemanha, 2009.

DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG - DIN **EN 15103** - Solid biofuels - Determination of bulk density. Alemanha, 2010.

DEUTSCHES INSTITUT FUR NORMUNG - DIN **EN 14961-2** - Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 2: Wood *pellets* for non-industrial use. Alemanha, 2011.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – **IBÁ 2014**. São Paulo, SP. 2014. 100 p.

OLIVEIRA et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1- avaliações dendrométricas das árvores. ScientiaForestalis, n.56, p.113-124, 1999.

SWITHENBANK, J.; CHEN, Q.; ZHANG, X.; SHARIFI, V.; POURKASHANIAN, M. Wood would burn. Biomass and Bioenergy. V.35 (3), p.999-1007. 2011.

VITAL B. R.; ANDRADE A. M.; VALENTE O. F.; CAMPOS J. C. C. Influência da casca no rendimento e na qualidade do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis*. Revista do IPEF, n.41/42, p.44-49, jan./dez.1989.