



SECAGEM DE TORAS DE EUCALIPTO PROVENIENTES DE PLANTIOS COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Roberta Barbosa Moraes¹, Antonio José Vinha Zanuncio¹, Willian Martins da Silva¹, Daniela Martins Fernandes¹, Amélia Guimarães Carvalho¹, Olivia Pereira Lopes¹

¹Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, Minas Gerais (rbm.roberta@ufu.br)

RESUMO: A alta umidade da madeira recentemente colhida representa um desafio para sua utilização na geração de energia e na produção de carvão vegetal. No entanto, toras provenientes de plantios adensados, que possuem diâmetros menores, têm a vantagem de secarem em períodos mais curtos. O objetivo deste estudo foi avaliar o processo de secagem da madeira de eucalipto proveniente de plantações com diferentes espaçamentos (3 × 4; 3 × 3; 2 × 3; 1 × 3 m). Foram selecionadas cinco árvores por tratamento, com diâmetros e alturas próximos à média da população, localizadas longe das bordas e sem bifurcações ou sinais de danos causados por patógenos. Toras de 1,2 m foram retiradas da base e a 50% e 100% da altura comercial, para serem submetidas a um período de secagem de 60 dias. Observou-se que a taxa de secagem das toras retiradas da base aumentou em 2,5 vezes com a redução do espaçamento entre as árvores, resultando em uma diminuição da umidade de 37,2% para 18,8%. Já as toras retiradas da região superior atingiram um nível próximo à umidade de equilíbrio após o período de secagem. Portanto, a redução do espaçamento de plantio teve um efeito positivo na redução da umidade da madeira.

Palavras-chave: bioenergia, carvão vegetal, umidade da madeira.

INTRODUÇÃO

As plantações florestais no Brasil, abrangem uma área de 9,55 milhões de hectares, sendo que 7,47 milhões são compostos por árvores do gênero *Eucalyptus*, são reconhecidas como as mais produtivas do mundo, com uma média de 38,8 m³/ha.ano (IBÁ, 2021). A utilização dessa madeira para queima direta ou produção de carvão vegetal com o propósito de geração de energia é um dos principais fins dessa matéria-prima (IBÁ, 2021). A cadeia produtiva envolvida na produção de bioenergia a partir da madeira é extensa, e um dos principais desafios está relacionado à secagem da madeira, sendo crucial otimizá-la para evitar gargalos na produção.

A remoção da umidade da madeira é comumente realizada por meio do método de secagem ao ar livre, uma vez que métodos artificiais se tornam economicamente inviáveis para lidar com o grande volume de água presente (RESENDE *et al.*, 2018). A secagem da madeira, quando utilizada para geração de energia, proporciona a redução dos custos de transporte (ZANUNCIO *et al.*, 2017), além de aumentar o poder calorífico do material (ZANUNCIO *et*



al., 2013). Esse processo também resulta na diminuição do tempo necessário para a carbonização, no aumento do rendimento gravimétrico e na melhoria da qualidade do produto (CANAL *et al.*, 2020).

A seleção do espaçamento pode ser uma opção para otimizar o processo de secagem da madeira. Plantações mais densas resultam em árvores de menor diâmetro, o que acelera o tempo de secagem. O aumento no número de árvores por unidade de área compensa a redução do volume individual de cada uma delas (ANDRE *et al.*, 2021), não acarretando a perda de produtividade ao adotar plantações mais densas. A diminuição do espaçamento entre as árvores pode reduzir o tempo necessário para a secagem da madeira.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do espaçamento de plantio na secagem de madeira utilizada para produção de carvão vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

Cinco árvores de um clone de *Eucalyptus urophylla* foram selecionadas em plantios em áreas com características semelhantes de clima e solo com espaçamento de 1×1; 2×3; 3×3 e 3×4 m por árvore, totalizando 20 árvores. O volume de madeira por hectare por tratamento foi fornecido pelo produtor com base nos dados de inventário. O material foi coletado no município de Três Marias, Minas Gerais, Brasil, 18° 12' 21" S, 45° 14' 31" O, e altitude média de 527 m.

As árvores foram colhidas e toras foram retiradas à 1,1 metros da base e a 50 e 100% da altura comercial (até 4 cm de diâmetro) dos troncos cujos diâmetros foram medidos com fita métrica. Um disco de 5 cm foi retirado de cada extremidade de cada tora para determinar a umidade na base seca, conforme a equação: $U_{bs} = ((Mu - Ms) / Ms) \times 100$, em que: U_{bs} = umidade na base seca (%); Mu = massa úmida do material; Ms = Massa seca do material. A umidade média dos respectivos discos, retirados de cada tora, foi considerada como a umidade inicial da tora.

As toras foram condicionadas em local coberto, permitindo a passagem de ar e sem contato uma com as outras para avaliação da secagem da madeira ao ar livre por 60 dias. Uma curva de secagem foi elaborada para as toras por espaçamento de plantio e por posição axial. A taxa de secagem foi calculada conforme fórmula: $Ts = (PU/D)$, em que, Ts = taxa de secagem (% / dia), PU = perda de umidade com base na massa seca (%), D = período de secagem (dias). Uma curva de umidade da madeira, em função dos dias de secagem, foi gerada para cada espaçamento de plantio e para cada posição axial.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura comercial das árvores de *Eucalyptus* variou entre 15,3 e 21,1 m. O diâmetro das toras variou de 8,08 a 15,56 cm; 6,20 e 10,63 cm e 3,46 a 4,39 cm para a base, meio e topo, respectivamente. O volume de madeira variou entre 137 e 145 m³/ha (Tabela 1).

Tabela 1. Diâmetro da base (cm) (DB), do meio (DM) e do topo (DT), altura (Alt.) e produtividade (Prod.) das plantas de eucalipto em plantios com diferentes espaçamentos

Espaçamento	DB (cm)	DM (cm)	DT (cm)	Alt. (m)	Prod. m ³ /ha
A	14,5 ^{3.4}	9,79 ^{3.7}	4,06 ^{2.3}	18,3 ^{5.3}	137
B	14,06 ^{4.1}	9,54 ^{3.2}	3,89 ^{2.8}	18,4 ^{5.9}	133
C	13,52 ^{3.3}	8,65 ^{3.8}	3,92 ^{2.5}	19,6 ^{6.3}	141
D	10,18 ^{3.8}	7,08 ^{3.0}	3,99 ^{2.7}	21,1 ^{6.1}	145

A = 3 × 4 m; B = 3 × 3 m; C = 2 × 3 m e D = 1 × 1 m. *Valores em sobrescrito representam o coeficiente de variação.

O tamanho das árvores variou de acordo com o espaçamento de plantio, com uma redução de 42% e 38% no diâmetro das toras da base e a 50% da altura comercial, respectivamente, sendo a maior redução observada entre os espaçamentos C e D. As árvores dos plantios mais adensados apresentaram uma altura 13% maior em comparação com os espaçamentos A e D. A diminuição no diâmetro das árvores pode ser atribuída ao maior adensamento dos plantios, gerando competição entre as árvores e afetando seu crescimento.

A umidade inicial das toras foi maior no topo, meio e base, respectivamente, o espaçamento de plantio não teve impacto na umidade inicial das toras. A taxa de secagem foi maior nas toras do topo e provenientes de plantios mais adensados, conseqüentemente, estas toras apresentaram menor umidade após o período de secagem (Tabela 2).

O aumento do diâmetro das toras resultou em um aumento na taxa de secagem da madeira e uma redução na umidade final das toras. No tratamento com um espaçamento de plantio de 3 × 4 m, foi observada uma diferença maior no tamanho entre as toras da base e do topo, o que se refletiu em uma diferença de taxa de secagem de 0,38% para 1,2%/dia e uma redução na umidade final de 37,2% para 15,2%. Ao comparar as toras removidas da base nos tratamentos com espaçamentos de plantio de 3 × 4 e 1 × 3 m, foi observado um aumento na taxa de secagem de 0,38% para 1,04%/dia, resultando em uma redução na umidade final de 37,2% para 18,8%. A redução do diâmetro das toras diminui a distância que a água precisa percorrer dentro da madeira até a superfície para evaporar, o que aumenta a taxa de secagem e reduz a umidade final das toras (ZANUNCIO *et al.*, 2015).



Tabela 2. Umidade inicial (%), taxa de secagem (%/dia) e umidade final (%) das toras da base, meio e topo das árvores de eucalipto provenientes de diferentes espaçamentos e submetidas a secagem

Parâmetro	Espaçamento	Base	Meio	Topo
Umidade inicial das toras (%)	A	93,4 5,9Aa	100,3 6,8 Aa	134,2 7,3 B
	B	82,6 ^{8,1} Ab	102,9 ^{7,3} Ba	128 ,6 ^{7,2} C
	C	73,1 ^{5,1} Ac	97,1 ^{5,4} Ba	143,7 ^{6,8} C
	D	90,5 ^{4,9} Aa	109,3 ^{7,7} Ba	125,8 ^{7,8} C
Taxa de secagem (%/dia)	A	0,38 ^{6,8} Aa	0,66 ^{7,3} Ba	1,20 ^{8,9} Ca
	B	0,70 ^{7,5} Ab	1,18 ^{7,4} Bb	1,63 ^{7,4} Cb
	C	0,69 ^{8,2} Ab	1,15 ^{8,5} Bb	1,81 ^{8,4} Cc
	D	1,04 ^{6,5} Ac	1,33 ^{9,1} Bc	1,81 ^{6,9} Cc
Umidade final das toras (%)	A	37,2 ^{4,3} Aa	20,9 ^{3,6} Ba	15,2 ^{4,2} Ca
	B	30,5 ^{4,1} Aa	19,6 ^{3,8} Ba	15,4 ^{3,8} Ca
	C	23,3 ^{3,2} Ab	17,5 ^{3,5} Bb	15,5 ^{3,5} Ba
	D	18,8 ^{3,4} Ac	17,3 ^{3,7} Ab	15,3 ^{3,3} Ba

Médias com letras maiúsculas na horizontal ou minúsculas na vertical, por parâmetro, não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. Os valores em sobrescrito representam o coeficiente de variação.

A taxa de secagem das toras da base, nos espaçamentos de plantio de 3 × 4 e 1 × 3 m, foi de 0,38% para 1,04%/dia, respectivamente, resultando em um aumento de 2,5 vezes e uma redução na umidade final de 37,2% para 18,8%. Nas toras provenientes de plantios mais adensados, a diferença de umidade entre as toras da base e do topo foi menor, resultando em um material mais uniforme. A perda de umidade da madeira foi mais acentuada no início do processo de secagem, principalmente, para as toras de menor diâmetro (Figura 1).

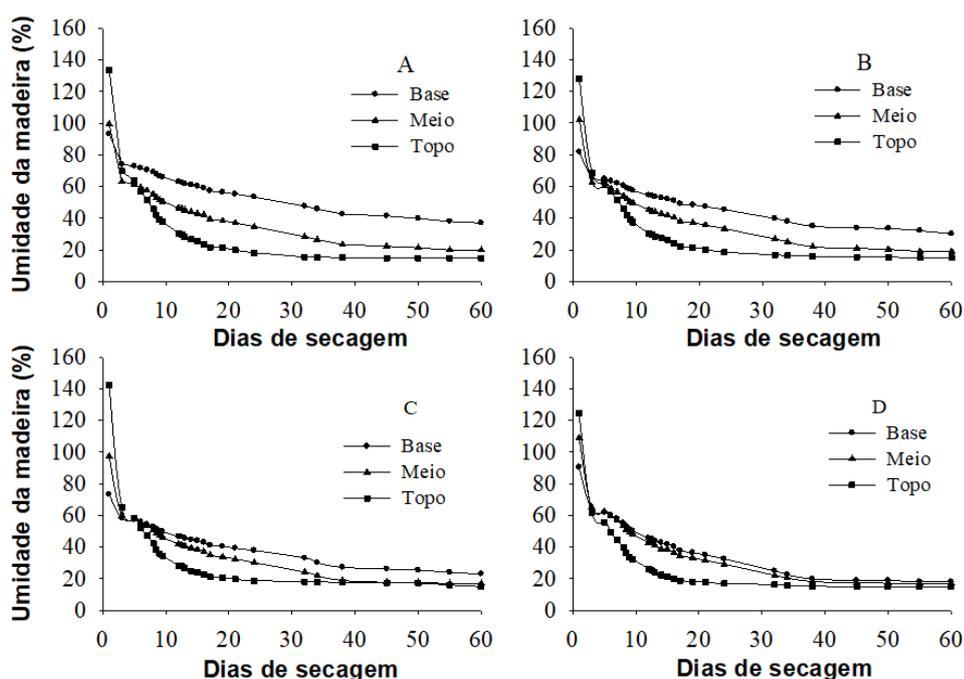


Figura 1. Curva de secagem de toras de eucalipto provenientes de diferentes espaçamentos. A= 3 × 4 m; B = 3 × 3 m; C = 2 × 3 m e D = 1 × 1 m.



Reduzir o espaçamento de plantio é uma estratégia viável em plantações florestais voltadas para a geração de energia, com o objetivo de diminuir a umidade final das toras e reduzir a diferença desse parâmetro entre as toras retiradas de diferentes posições axiais.

CONCLUSÕES

O espaçamento de plantio não teve impacto na umidade inicial da madeira, mas houve diferenças na umidade das toras retiradas do topo das árvores.

A adoção de plantios mais adensados mostrou-se eficaz na obtenção de materiais com menor umidade após a secagem, bem como na redução da variação entre as toras retiradas da base e do topo. Essa abordagem representa uma alternativa viável para plantações de eucalipto voltadas à produção de madeira para geração de energia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências brasileiras Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG-APQ-03512 -18) pelas bolsas de estudo e apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, J. L. *et al.* Wood volume of eucalyptus clones established under different spacings in the Brazilian Cerrado, **Forest Science**, Volume 67, Issue 4, August 2021, Pages 478–489.

CANAL, W. D. *et al.* Impact of wood moisture in charcoal production and quality. **Floresta e Ambiente** [online]. 2020, v. 27, n. 1 [Accessed 23 June 2022], e20170999. Available from: <<https://doi.org/10.1590/2179-8087.099917>>. Epub 27 Mar 2020. ISSN 2179-8087.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – **IBÁ**. Dados setoriais 2021. 93 p.

RESENDE, R. T. *et al.* **Air-drying of eucalypts logs**: Genetic variations along time and stem profile. *Industrial crops and products*, v. 124, p. 316-324, 2018.

ZANUNCIO, A. J. V. *et al.* Drying biomass for energy use of *Eucalyptus urophylla* and *Corymbia citriodora* logs. **BioResources** (Raleigh, N.C), v. 8, p. 5159-5168, 2013.

ZANUNCIO, A. J. V. *et al.* Predicting moisture content from basic density and diameter during air drying of *Eucalyptus* and *Corymbia* logs. **Maderas: Ciencia y Tecnología** (En línea), v. 17, p. 335-344, 2015.

ZANUNCIO, A. J. V. *et al.* Importance of wood drying to the forest transport and pulp mill supply. **Cerne**, v. 23, p. 147-152, 2017.