



IMPORTÂNCIA DA SECAGEM DA MADEIRA PARA O TRANSPORTE FLORESTAL

Roberta Barbosa Morais¹, Antônio José Vinha Zanuncio¹, Daniela Martins Fernandes¹, Amélia Guimarães Carvalho¹, Olívia Pereira Lopes¹, Tayllor Eduardo de Macêdo Silva¹.

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

RESUMO: O transporte florestal representa grande parte do custo da madeira para produção de celulose e papel, por isso, a umidade da madeira deve ser baixa para reduzir os custos desta operação. O objetivo foi relacionar a umidade da madeira com o consumo de combustível no transporte florestal. Três árvores de um clone de *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake e três de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson, produzidas via seminal, foram utilizadas. Essas árvores foram abatidas e toras foram retiradas de sua base e a 50 e 100% da altura comercial. A umidade inicial foi determinada e a secagem ao ar livre foi acompanhada por 90 dias. O gasto de combustível por tonelada de madeira seca transportada foi estimado baseado na umidade da madeira. A secagem ao ar livre reduziu a umidade da madeira e o consumo de combustível por tonelada de madeira seca transportada. Desse modo a secagem é uma ferramenta essencial para redução dos custos do transporte florestal.

Palavras-chave: toras, umidade, combustível.

INTRODUÇÃO

Materiais lenhosos apresentam grandes quantidades de água quando colhidos (ELEOTÉRIO *et al.*, 2014), tornando necessária a secagem antes do transporte deste material (ZHU *et al.*, 2011). A estocagem ao ar livre é o método mais empregado para redução da umidade de toras de madeira (ZANUNCIO *et al.*, 2014), sendo o mais utilizado para madeira destinada a fabricação de polpa celulósica em função do custo reduzido, em contrapartida demanda longo tempo.

O comportamento da secagem ao longo do tempo é heterogêneo devido a diferentes relações entre a água e a madeira (BRAND *et al.*, 2014), o que dificulta seu controle. A água retida na parede celular por ligações de hidrogênio é denominada água de adsorção, sua remoção é lenta e demanda maior gasto energético, devido a força da sua ligação com a madeira (ENGELUND *et al.*, 2013). Por último, a água de constituição só pode ser removida após a completa degradação da madeira por fazer parte da mesma (SKAAR, 1972).

O transporte florestal representa um dos maiores custos da madeira (ALVES *et al.*, 2013). Os veículos para esse transporte têm capacidade de carregamento por massa. Por isto,



transportar madeira com elevada umidade aumenta o custo desta operação (TAHVANAINEN; ANTTILA, 2011), devido ao transporte de grande quantidade de água com o material lenhoso, além de aumentar o número de viagens para atender a demanda da fábrica.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a secagem de toras e relacionar a umidade de madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake e *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson com o consumo de combustível gasto no transporte florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Três árvores de um clone de *E. urophylla* e três de *C. citriodora*, foram utilizadas. Essas árvores foram cortadas em toras de 1,1 m, foram removidas na base e a 50 e 100 % da altura comercial (Tabela 1). Um disco de 5 cm de espessura foi removido da extremidade de cada tora para determinação da umidade inicial e densidade básica. A umidade desses discos foi determinada pela razão entre a massa de água e a massa seca de madeira, enquanto a densidade básica foi determinada pela razão entre a massa seca e volume verde da madeira, conforme NBR 7190 (ABNT, 1997). A umidade e a densidade básica das toras foram obtidas como a média encontrada nos discos.

Tabela 1. Diâmetro das toras de *C. citriodora* e *E. urophylla* ao longo do sentido axial

Material	Posição	Diâmetro (cm)	Material	Posição	Diâmetro (cm)
<i>Corymbia citriodora</i>	Base	17,88 ^(8.13)	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Base	19,45 ^(5.14)
	Meio	12,56 ^(9.56)		Meio	13,34 ^(4.08)
	Topo	4,3 ^(3.22)		Topo	4,7 ^(2.67)

O coeficiente de variação é dado entre parênteses.

As extremidades de cada tora foram impermeabilizadas com base asfáltica para impedir a secagem no sentido transversal e melhor simular a situação de campo. Em seguida, as toras foram colocadas em local coberto com passagem de ar, sobre suportes de madeira, a 3 cm do solo e agrupadas a, aproximadamente, 15 cm umas das outras. Nos primeiros 20 dias, a pesagem foi realizada em dias alternados, nos 30 dias seguintes em intervalos de quatro dias e nos 40 seguintes a intervalos de sete dias, totalizando 90 dias de secagem. A curva de perda de umidade em função do tempo foi feita para cada material. O consumo de combustível no transporte florestal foi calculado, considerando um consumo médio de 2 litros de diesel por quilômetro rodado, em veículo de 53 toneladas com capacidade de carregamento de 31,2 toneladas de



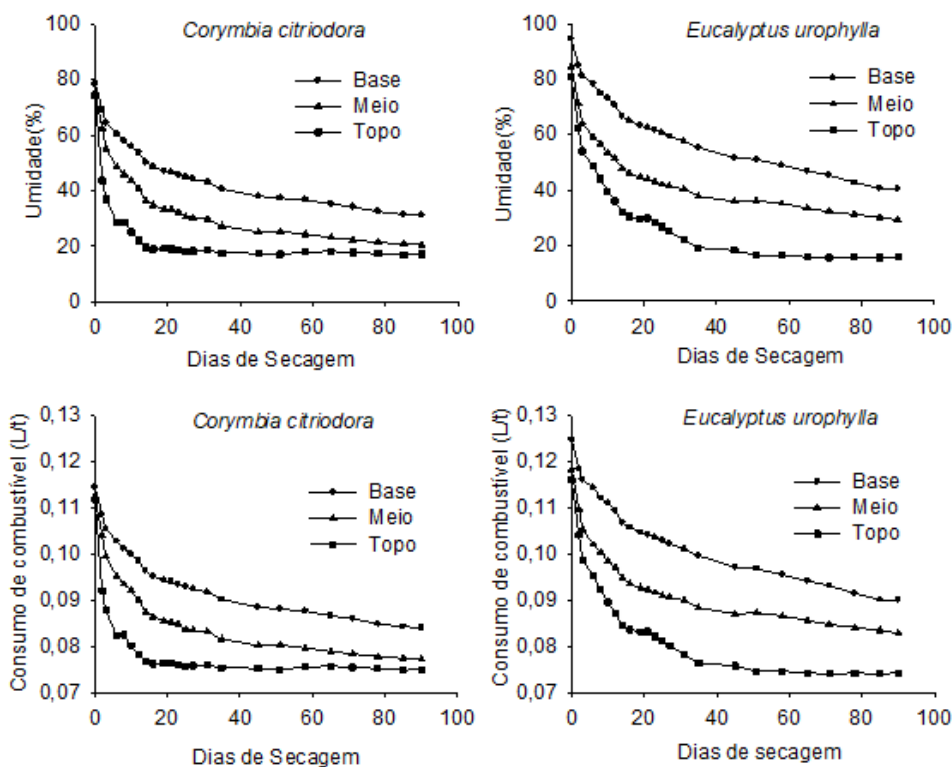
madeira (Equação 1). Uma curva do consumo de combustível por tonelada de madeira seca transportada em função dos dias de secagem foi elaborada.

$$Cm = \frac{Ckm \times (1+U)}{cc} \quad (\text{Equação 1}).$$

Em que: Cm= consumo de combustível por tonelada de madeira seca transportada por quilômetro, Ckm= consumo de combustível por quilômetro rodado, 2 litros de diesel, Cc= capacidade de carga dos veículos de transporte florestal, 31,2 toneladas por viagem, U= umidade da madeira na base seca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade teve maior perda nos primeiros dias de secagem para ambos os materiais. Neste período, a madeira tem grande quantidade de água livre, demandando baixo gasto energético para sua remoção e resultando em alta perda de umidade por unidade de tempo (ANANIAS *et al.*, 2013). Os materiais de *E. urophylla* e de *C. citriodora* apresentaram maior umidade na base, seguido do meio e topo de suas toras. A redução da umidade resultou em economia no consumo de combustível.



* Consumo de combustível (Diesel) por tonelada de madeira seca transportada.



Toras de menor diâmetro, retiradas a 100 % da altura comercial apresentaram secagem mais acelerada, chegando próximo à umidade de equilíbrio higroscópico aos 90 dias de secagem, 15,87 % para *E. urophylla* e 17,07 % para *C. citriodora*. Isto pode ser explicado pelo fato de a distância percorrida pela água em seu interior ser menor, alcançando a superfície mais rápido, o que aumenta a velocidade de secagem (REZENDE *et al.*, 2010).

A redução do consumo de combustível foi maior nos primeiros dias de secagem. Após 75 dias de secagem, o consumo de combustível por tonelada transportada caiu de 0,124, 0,118 e 0,116 L/t para de 0,084, 0,077 e 0,075 para as toras da base, meio e topo, respectivamente. As toras de *E. urophylla* apresentaram tendência semelhante as de *C. citriodora*.

Portanto, a secagem reduz o custo de transporte florestal com aumento da massa seca de madeira transportada e reduz o número de viagens para abastecimento de uma fábrica de celulose.

CONCLUSÕES

A secagem ao ar livre foi eficiente para reduzir a umidade da madeira. A umidade das toras da base e meio de *C. citriodora* foram menores durante o período avaliado, resultando em menor gasto com transporte comparado ao *E. urophylla*. As toras do topo apresentaram alta taxa de secagem, alcançando umidade baixa no primeiro mês de secagem e estando disponíveis para o transporte florestal após este período. Os modelos para estimar a umidade, consumo de combustível e número de viagens em função dos dias de secagem apresentaram alto coeficiente de correlação e baixo desvio padrão, podendo ser utilizados para estimar os custos do transporte florestal. A secagem reduz os custos de transporte florestal com economia de combustível, redução do número de viagens e do tamanho da frota necessária para abastecimento da fábrica de celulose.

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

ALVES, R. T. *et al.* Análise técnica e de custos do transporte de madeira com diferentes composições veiculares. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.5, p.897-904, 2013.

ANANIAS, R. A. *et al.* Testing new in-kiln meter for monitoring lumber moisture content during drying. **Drying Technology: An International Journal**. 31(3): 277–281, 2013.

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

BRAND, M. A. *et al.* Influência das condições meteorológicas e do método de empilhamento na qualidade da madeira serrada de *Cupressus lusitanica* Mill., submetida a secagem ao ar, em Lages – SC. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 103, p. 429-437, 2014.

ELEOTÉRIO, J. R. *et al.* Efeito da espécie e da condição de secagem na formação de defeitos na madeira serrada de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p. 41-47, mar. 2014.

ENGELUND, E. T. *et al.* “A critical discussion of the physics of wood–water interactions,” **Wood Science and Technology** 47(1), 141-161. 2013.

REZENDE, R. N. *et al.* Air drying of logs from *Eucalyptus urophylla* clone for carbonization use, **Cerne** 16(4), 565-572. 2010.

SKAAR, C.J. 1972. **Water in wood**. Syracuse: Syracuse University, 218p.

TAHVANAINEN, T.; ANTTILA, P. Supply chain cost analysis of long-distance transportation of energy wood in Finland. **Biomass and Bioenergy**. Volume 35, Issue 8, August 2011, Pages 3360–3375.

ZANUNCIO, A.V. Z. *et al.* Physical and colorimetric changes in *Eucalyptus grandis* wood after heat treatment. **BioResources**, v.9, n.1, p.293-302, 2014.

ZHU, X. *et al.* Challenges and models in supporting logistics system design for dedicated-biomass–based bioenergy industry, **Bioresource Technology** 102(2), 1344-1351. 2011.