

CAMILA DENONI

VARIAÇÃO DA MASSA DA MADEIRA COLHIDA DISPERSA NO CAMPO EM
FUNÇÃO DOS DIAS APÓS A COLHEITA

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de especialista em Gestão Florestal, do curso de pós-graduação em Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Renato Robert

CURITIBA

2015

AGRADECIMENTOS

Ao curso, por ter me proporcionado mais conhecimento para meu crescimento profissional, e me permitido ter contato com ótimos professores.

Aos colegas de curso, pela união, pelas discussões construtivas, pelo companheirismo e ajuda sempre que necessária. Principalmente às colegas de longa data.

Ao professor Renato, pela orientação, paciência e compreensão.

Ao meu estimado gestor Fabiano Stein, pela orientação e pela oportunidade da realização deste trabalho.

"Se quisermos alcançar resultados nunca
antes alcançados, devemos empregar
métodos nunca antes testados."
Francis Bacon

RESUMO

Este trabalho buscou quantificar a perda de água da madeira em função do tempo da mesma disposta em campo, para que os responsáveis tenham dados em mãos para realizar os cálculos necessários nos estudos das possíveis mudanças operacionais, assegurando a tomada de decisão.

Para isso as madeiras, cortadas e processadas, com tempo pós-corte conhecido foram pesadas e tiveram seu volume mensurado. Com esses dados, gerou-se uma curva de perda de massa da madeira em função do tempo pós-corte, sendo possível montar cenários para avaliação de possíveis mudanças. Neste trabalho pode-se observar, por exemplo, que realizando a extração da madeira 77 dias após o corte é possível aumentar 2 m³ por carga do *forwarder* (utilizando como limite a capacidade técnica do equipamento), ou seja 11% de ganho.

Este estudo foi conduzido em um mês de bastante chuva na região, em talhões muito próximos e com dois clones. Para que estes valores possam ser extrapolados para qualquer situação, deve-se realizar o mesmo estudo em diferentes áreas (variação de solo, clima e precipitação), diferentes clones e nas 4 estações do ano (diferentes distribuições de chuva).

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	2
1 INTRODUÇÃO	6
1.1 Secagem da madeira.....	6
1.2 Colheita florestal.....	8
2 OBJETIVOS.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
5 CONCLUSÃO.....	20
6 RECOMENDAÇÕES.....	21
7 REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupou a quarta posição dos maiores produtores de celulose do mundo, produzindo 15,1 milhões de toneladas de celulose no ano de 2013. Neste mesmo ano, foram consumidos 56.628.357 m³ de madeira para produção de celulose no Brasil e 17% de toda a madeira consumida mundialmente neste ano, veio do Brasil (IBÁ, 2015).

1.1 Secagem da madeira

A madeira é um material higroscópico e mantém relações dinâmicas com a umidade do ambiente. Em função da sua umidade e da umidade relativa do ambiente, ela pode ceder ou reter água do meio. O processo de secagem está diretamente envolvido com a movimentação de umidade na madeira (Mellado, 2007).

A secagem da madeira é o balanço dinâmico entre a transferência de calor do ar para a madeira, superfície de evaporação da madeira, difusão da umidade através da madeira e a vazão de água livre (Hart, 1966; Klitzke, 2003).

De acordo com Kollmann e Cotê (1968); Rosen (1983) e Jankowsky (1995), durante o processo de secagem por convecção ocorrem três fases ou estágios distintos, caracterizados pela variação na taxa da perda de umidade e que determinam a curva característica de secagem do material. No primeiro estágio ocorre taxa de secagem constante, com movimentação da água livre ou capilar até a superfície, provocada pelas forças de capilaridade. Pela superfície ocorre o deslocamento de uma corrente de ar, caracterizando uma secagem por convecção. A energia (calor sensível) da corrente de ar é transferida para a superfície da madeira, promovendo a vaporização da água ali existente e que, no estado de vapor, é transferida para a corrente de ar. As condições externas exercem um grande efeito sobre o processo nessa fase, regulando a taxa de secagem desse período.

Parte da energia recebida pela superfície provocará o aumento da temperatura nessa região, iniciando a transferência de calor para o centro da peça. No momento em que restrições ao fluxo capilar impedem que a água livre alcance a superfície da

madeira, o teor de umidade nessa região atinge o Ponto de Saturação das Fibras (PSF), caracterizando o início da primeira fase de taxa decrescente.

A madeira atinge um teor de umidade no qual a linha de evaporação da água se desloca em direção ao centro da peça. A vaporização da água presente na superfície gerará um gradiente de umidade, principalmente no sentido da espessura, dando início à movimentação da água do interior até a superfície por difusão, a qual também é influenciada pelo fluxo de calor que ocorre no sentido inverso. A movimentação interna da água ocorre nas fases de líquido, de vapor e como água higroscópica (quimicamente ligada aos componentes da parede celular).

A movimentação na fase líquida é fundamentalmente um fenômeno de capilaridade, sendo afetado pela estrutura anatômica da madeira. A movimentação nas outras fases é basicamente um fenômeno difusivo, afetado não só pelas condições termodinâmicas da corrente de ar como também por características da própria madeira, tornando-se, esta última, significativa no controle da taxa de secagem.

No estágio final (segunda fase de taxa decrescente), iniciado quando a linha de evaporação de água se restringe ao centro da peça, não há mais água livre no material e a taxa de secagem é regulada pelas características do material, até que o teor de umidade de equilíbrio seja alcançado.

Durante a secagem, é necessário o fornecimento de calor, de forma natural ou artificial, para evaporar a umidade do material e um meio que retenha essa umidade para remover o vapor d'água formado na superfície do material a ser seco. O processo de fornecimento de calor para o material úmido promoverá a evaporação da água do material e a transferência de massa arrastará o vapor formado (Carneiro, 2001).

Resumindo, logo que a árvore é abatida a madeira perde facilmente sua água livre por evaporação, sem que sofra qualquer contração. Após a saída da água livre, a madeira vai perdendo mais lentamente a água de adesão, até que a umidade da madeira entre em equilíbrio com condições externas de umidade relativa do ar e temperatura. Este ponto é conhecido como umidade de equilíbrio da madeira, em que a madeira não perde nem retém água do ambiente. Oscilações nas condições externas

do ambiente acarretam oscilações proporcionais na umidade da madeira (Skaar, 1972; Ponce & Watai, 1985).

Na secagem, primeiramente, ocorre a evaporação da água próximo à superfície, criando uma atração capilar da água livre nas cavidades celulares. Em função de um gradiente de umidade, a água no interior da madeira movimenta-se das zonas de alta umidade para as de menor umidade. O ar exterior circula sobre a madeira úmida, seca sua superfície e, assim, a umidade move-se a partir do interior da madeira (Forest Products Laboratory, 1999).

Assim, sabe-se como a temperatura e umidade do ambiente interferem na secagem da madeira. Por esse motivo, as madeiras utilizadas neste trabalho não foram empilhadas, e tais resultados são restritos devido à realização em somente uma época do ano.

1.2 Colheita florestal

A colheita florestal trata-se de um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal para explorar e extrair a madeira até o local de transporte ou utilização. A operação é composta pelas etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento), descascamento quando executado em campo, extração e carregamento e é considerada a parte mais importante do ponto de vista técnico-econômico (Santos & Machado, 2001; Machado & Lopes, 2002; Silva, 2003). O descascamento pode variar conforme o uso da matéria prima. O carregamento refere-se à colocação da madeira no veículo para o transporte principal ou para a extração; enquanto o descarregamento é a retirada da madeira do veículo para o transporte principal ou para extração, no local de utilização final ou em pátios especiais (Seixas, 2002).

Nos últimos anos a mecanização cada vez mais eficiente das atividades de colheita vem ganhando destaque, principalmente com o uso do *forwarder*. Esta máquina, também conhecida como trator florestal transportador, é equipada com uma grua e um compartimento de carga e tem como função retirar a madeira de dentro dos

talhões levando-a para os pátios ou para as margens das estradas. Seu uso comum é em sistemas mecanizados, em que o corte e o processamento das árvores são realizados por um *harvester*. Os *forwarders* podem ser dotados de sistemas de pneus tandem ou esteiras, com chassi articulado possibilitando a diminuição do raio de giro nas manobras dentro do talhão, apresentado (Lima & Leite, 2002). A cabine é provida de proteção ao operador, com sistema condicionador de ar e assento giratório, facilitando a ação e visibilidade na operação. O carregamento é feito por um braço hidráulico articulado e telescópio acoplado a uma garra com movimento de abrir e fechar (Minette, 2008)

Santos (1995) relata que o *forwarder* apresenta o tempo de carga como o elemento que consome a maior parte do ciclo operacional. Sua produtividade cresce à medida que o volume por árvore aumenta e a distância de extração diminui, e decresce na situação inversa. O rendimento operacional também decresce quanto maior a distância de extração da madeira (Coneglian, 2010).

Segundo Rezende (1997), a redução dos custos da colheita é vital para qualquer empresa, sendo que, uma análise detalhada dos custos nos diferentes métodos de colheita tem um papel importante, além de facilitar os estudos no sentido de reduzi-los. Logo, o aumento da qualidade, a racionalização dos processos e a otimização de custos são itens de suma importância para um melhor desempenho desta atividade.

De acordo com Machado (1989), a exploração e o transporte representam 50% ou mais, do total dos custos finais da madeira posta na indústria. Portanto, faz-se necessária a procura de técnicas que tornem a colheita e o beneficiamento da madeira mais efetivo, visando o maior aproveitamento da madeira (Jacovine, 2001).

Por ser a extração uma atividade bastante estruturada nas empresas florestais, mesmo que se atue intensivamente nesta operação, os ganhos de produtividade nem sempre serão expressivos. Entretanto, qualquer ganho obtido pode, dependendo do montante, representar valores consideráveis, em função dos altos custos que estas operações representam (Minette, 2008).

Em função do aumento do consumo de madeira, da constante necessidade de diminuição de custo buscando maior competitividade, e ainda com o cenário econômico brasileiro ruim, precisa-se buscar maneiras sustentáveis de gastar menos com as operações, e realizá-las de maneira mais eficiente.

Por isso, buscou-se através deste trabalho, quantificar o possível ganho no transporte e na extração através do maior tempo da madeira esteirada no campo, para assegurar a tomada de decisão do aumento da caixa de carga do *forwarder*, aumento do tempo entre as operações de corte e extração, e conseqüentemente das operações silviculturais.

2 OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho é quantificar a perda de água da madeira em função do tempo da mesma disposta em campo, assegurando a tomada de decisão do melhor momento pós corte para início das operações de extração e possível aumento da caixa de carga do *forwarder*, visando diminuir os custos das operações sem prejudicar os tratamentos silviculturais, principalmente da condução da brotação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma fazenda, no sul da Bahia, próximo ao município de Guaratinga, situado à 18 metros de altitude, sob as coordenadas geográficas 16° 33' 47" Sul e 39° 46' 57" Oeste, entre os dias 22 de maio (início do corte das árvores) e 7 de agosto (última amostra coletada). A temperatura média do local foi de 22,5°C, a máxima de 35,2 e a mínima de 13,8°C nos últimos 7 anos. Neste mesmo período, a média da umidade relativa do ar foi de 83%, a média da velocidade do vento foi de 2,61 km/h, a média da precipitação mensal foi de 99 mm e a máxima de 310 mm. A média de dias de chuva por mês foi de 11 dias. Os dados de clima detalhados nas datas das coletas de dados serão descritas abaixo. Todos os dados (históricos e diários) foram coletados por uma estação meteorológica a aproximadamente 5 km das áreas de coleta de dados. Duas áreas foram utilizadas para a análise, talhões A e B. O plantio do talhão A possuía 8,8 anos, as árvores tinham volume médio individual de 0,3 m³sc e densidade básica média de 532,1 kg/m³. O talhão B possuía 8,7 anos, as árvores tinham volume médio individual de 0,29 m³sc e densidade básica média de 512,6 kg/m³sc e a outra (talhão 16). Ambos os clones são *Eucalyptus urograndis*.

Após o corte e processamento (descascamento, desgalhamento e traçamento) com *harvester* de esteira, a madeira foi extraída com *forwarder* direto para a carreta tri-trem que a transportou para a balança e medidor de volume.

O medidor de volume é, na verdade, um medidor do RPV (relação peso-volume), pois é esse o resultado final deste equipamento. Essa medição ocorre da seguinte forma: 1-tara da balança com o peso da máquina de descarga das carretas; 2-máquina pega um feixe de madeira e sobe da balança determinando o peso da madeira no ar; 3- mergulha o feixe da madeira na água (até marca existente na garra) do tanque e determina o peso da madeira na água.

Para obtenção do volume é utilizado o conceito de empuxo (Princípio de Arquimedes) para quantificação do volume das amostras retiradas das cargas. Segundo o Princípio de Arquimedes, “a perda de peso aparente da água quando um

corpo é imerso na mesma, equivale ao volume deste corpo, considerando a densidade da água igual a um". Assim, segue a seguir a sequência de fórmulas para o cálculo de volume pelo equipamento:

$$ET = PGC(ar) - PGC(água) \quad (1)$$

$$EG = PGV(ar) - PGV(água) \quad (2)$$

$$EM = ET - EG \quad (3)$$

$$V = EM / 1000 \quad (4)$$

Onde:

ET – Empuxo total;

PGC(ar) – Peso da garra cheia no ar;

PGC(água) – Peso da garra cheia na água;

PGV(ar) – Peso da garra vazia no ar;

PGV(água) – Peso da garra vazia na água;

EM – Empuxo da madeira;

EG – Empuxo da garra;

V – Volume (m³).

A balança é do tipo rodoviária, que pesa as carretas de madeira na entrada e na saída. Os valores pesados pela balança só foram utilizados para conferência, os dados utilizados foram de peso e volume dos feixes, devido a todos os compartimentos da carreta terem sido medidos, conforme descrito anteriormente.

Os tratamentos foram mensurados em 2, 4, 8, 10, 12, 17, 20, 25, 33, 77 dias pós corte, com a madeira esteirada (dispersa dentro do talhão, sem empilhá-las) no campo. Os índices pluviométricos e umidade relativa do ar foram medidos todos os dias, desde o corte da madeira.

Para cada tratamento foram carregadas 2 carretas tri-trem, resultando entre 4 e 6 repetições (caixas de carga do *forwarder*) devido ao peso limite da carreta, excedido com 6 repetições quando a madeira estava recém-cortada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores apresentados na tabela 1 foram obtidos através das médias das amostras de um mesmo tratamento. A primeira coluna é a média dos pesos de cada carga completa do *forwarder*, a segunda é a média dos volumes das mesmas cargas, e a terceira coluna resultado da divisão da primeira coluna pela segunda.

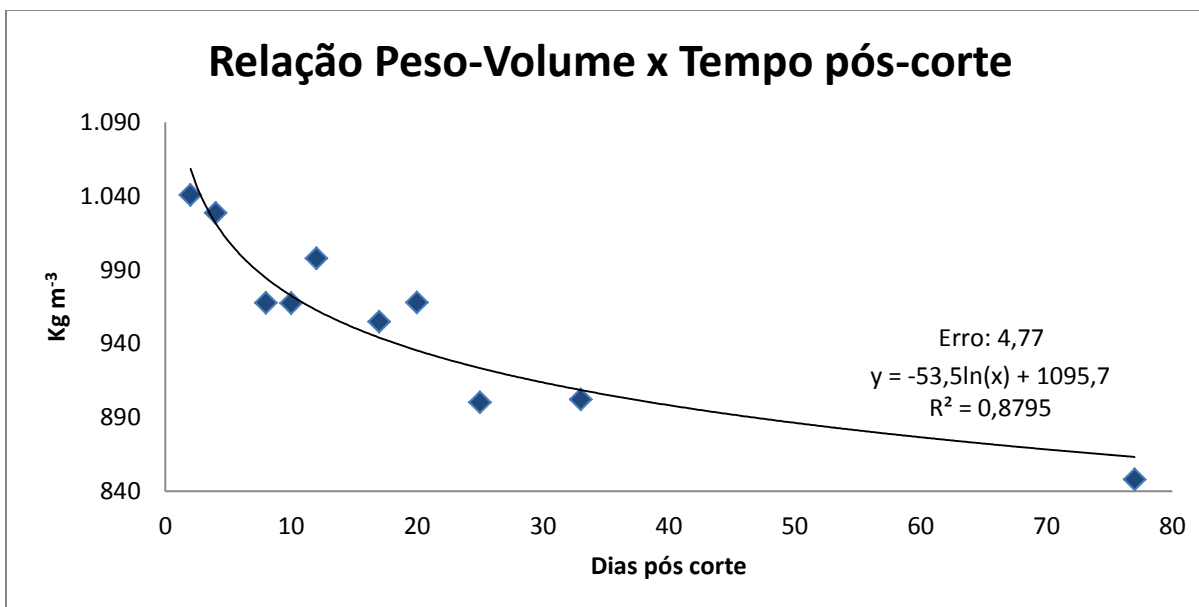
Nota-se que não é nítida a diferença entre os valores das primeiras duas colunas, conforme aumenta-se o tempo pós corte, devido às variações operacionais (diferença nos volumes das cargas). Já na terceira coluna, onde parte dessas diferenças desaparece devido à divisão do peso pelo volume, consegue-se ter uma base de comparação mais sólida, e é possível observar a diminuição do peso/volume conforme se aumenta o tempo pós-corte.

Plotando estes valores da tabela 1 em um gráfico de dois eixos correspondentes (gráfico 1), pode-se observar a correlação forte entre as duas variáveis, como já era esperado, através do valor de R^2 , e a linha de tendência gerada. As distâncias dos números reais em relação à linha se devem principalmente pela variação de clima e variação da operação da máquina (organização e enchimento das caixas de carga).

Tabela 1 – Média dos valores obtidos por tratamento

Tratamento	Talhão	Peso médio transportado no <i>forwarder</i>	Volume médio transportado no <i>forwarder</i>	Peso médio por volume transportado pelo <i>forwarder</i>
dias pós corte		Kg	m ³	Kg m ⁻³
2	A	18.837,5	18,1	1040,7
4	A	18.425,0	17,9	1028,6
8	A	18.675,0	19,3	967,6
10	A	17.762,5	18,4	967,3
12	A	18.525,0	18,6	997,7
17	B	17.941,7	18,8	954,7
20	B	19.550,0	20,2	967,8
25	B	17.733,3	19,7	900,1
33	B	17.058,3	18,9	902,1
77	B	14.825,0	17,5	847,9

Gráfico 1 – Distribuição da Relação Peso-Volume de acordo com os tratamentos de tempo pós-corte



A tabela 2 foi gerada utilizando valores de x de 5 em 5 dias, na fórmula gerada pela regressão da linha de tendência do gráfico 1, obtendo-se valores de y. A tabela 3 foi gerada para facilitar a visualização da perda de água, colocando os valores em porcentagem em relação ao total perdido até o 77º dia. Segundo a tabela 3, 53,1% do peso perdido até 77 dias após o corte, ocorreu nos primeiros dez dias. E 69% nos primeiros 20 dias.

Fica claro também que conforme os dias pós-corte passam, menor a perda de água, e menor a diferença entre os dias. À título de cálculo, principalmente para as operações de transporte, recomenda-se a utilização da tabela 2.

Tabela 2 – Valores por tratamento obtidos através da fórmula da linha de tendência do gráfico 1

Dias pós-corte	Relação Peso-Volume
1	1095,7
5	1009,6
10	972,5
15	950,8
20	935,4
25	923,5
30	913,7
35	905,5
40	898,3
45	892,0
50	886,4
55	881,3
60	876,7
65	872,4
70	868,4
75	864,7
77	863,3

Tabela 3 – Valores percentuais de perda de peso, em relação ao peso perdido até o 35 dia, através da fórmula da linha de tendência

Período (dias pós corte)	Perda de peso em água
1 a 5	37,1%
5 a 10	16,0%
10 a 15	9,3%
15 a 20	6,6%
20 a 25	5,1%
25 a 30	4,2%
30 a 35	3,5%
35 a 40	3,1%
40 a 45	2,7%
45 a 50	2,4%
50 a 55	2,2%
55 a 60	2,0%
60 a 65	1,8%
65 a 70	1,7%
70 a 75	1,6%
75 a 77	0,6%

Em relação às distâncias dos números reais da linha de tendência gerada, alguns deles podem ser explicados através dos dados de clima, visto que a precipitação, e conseqüente, umidade relativa do ar, apresentam alta correlação entre a perda de água da madeira.

Nos gráficos 2 e 3 pode-se observar as características do ambiente no dia anterior à extração da madeira (visto que todas as extrações foram feitas no período da manhã, a influência maior se deve ao dia anterior, pois durante o período noturno as temperaturas foram baixas).

A amostra realizada com 20 dias pós-corte certamente foi influenciada pela chuva ocorrida no dia anterior, conforme gráfico 2. No gráfico 3 pode-se observar essa mesma influência, devido aos dois dias anteriores à essa amostragem com umidade relativa alta e também a influência da umidade na amostragem dos 33 dias pós-corte.

É perceptível também que as umidades relativas mais baixas, apresentam uma leve tendência de diminuição do peso em relação à linha de tendência. No caso das amostras realizadas com 25 e 8 dias pós-corte, é possível visualizar esse efeito no gráfico 3.

Gráfico 2 – Relação peso-volume da madeira (Kg m^{-3}) em função do tempo pós-corte e precipitação em mm do dia anterior à coleta da amostra

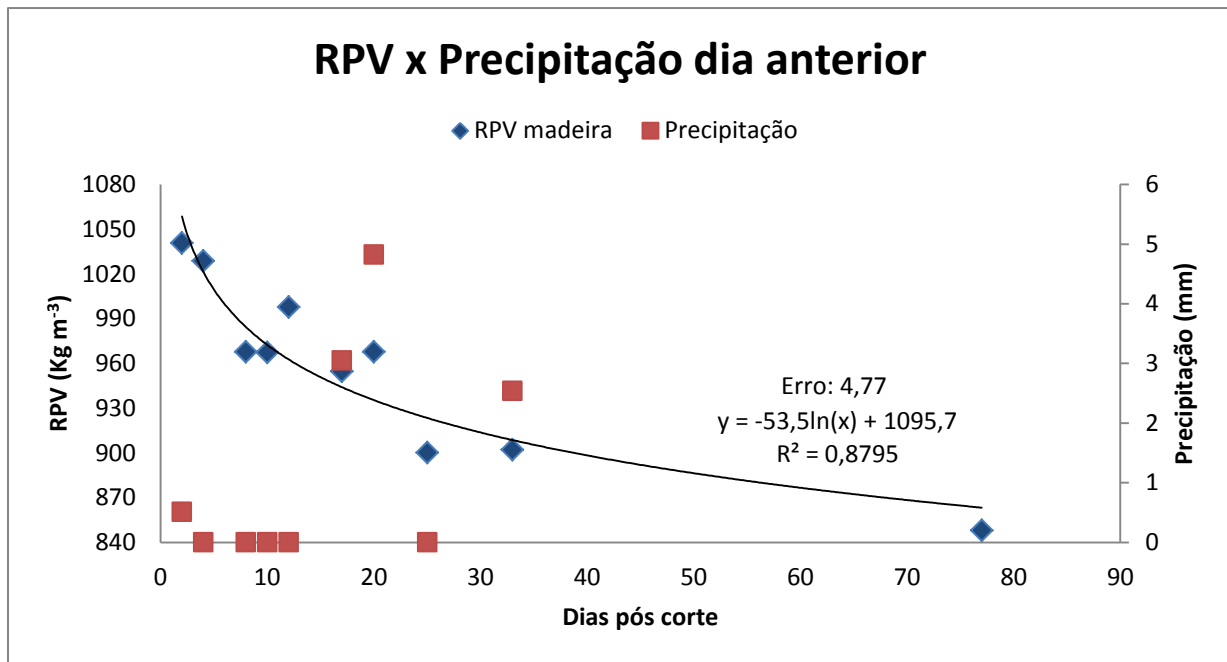
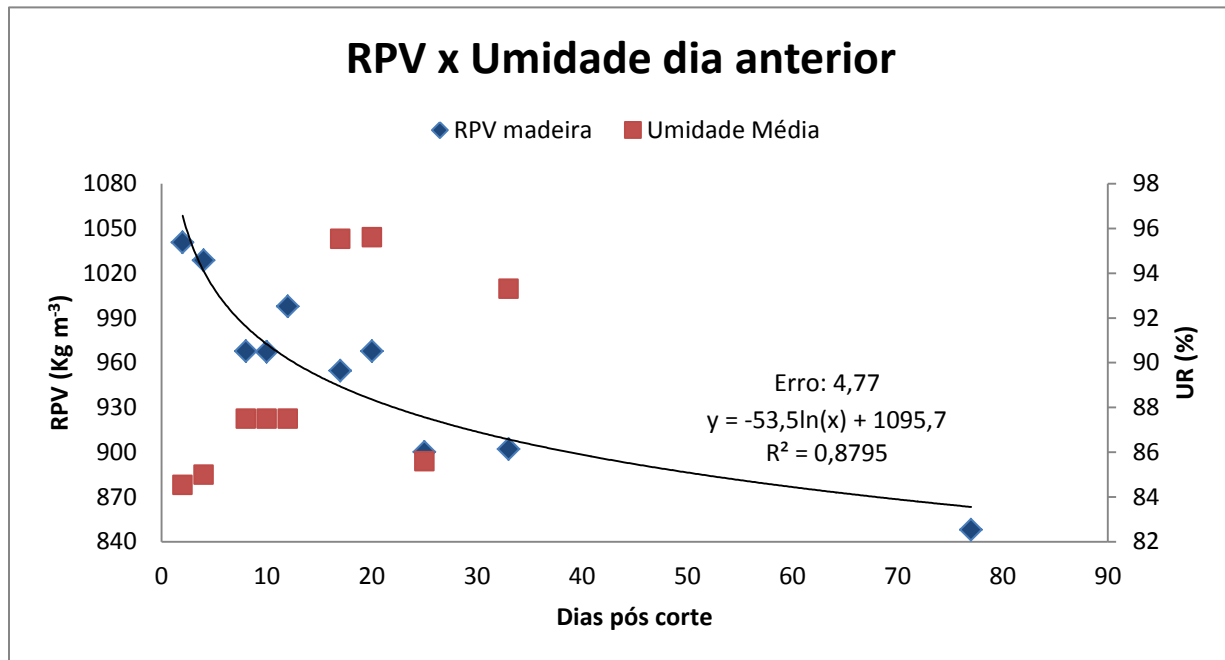


Gráfico 3 – Relação peso-volume da madeira (Kg m^{-3}) em função do tempo pós-corte e umidade relativa média do ar (%) do dia anterior à coleta da amostra



Sobre os aspectos operacionais desse estudo, deve-se considerar primeiramente a estrutura de colheita no campo. Considerando que as máquinas de corte e de extração trabalhem em um mesmo local, utilizando as mesmas estruturas de apoio, caso opte-se por realizar a extração com mais dias pós-corte, essa estrutura precisará ser revista, devido ao distanciamento das duas frentes de trabalho. Com isso, há possibilidade de aumento do custo fixo, devido à necessidade de duplicação dessa estrutura.

No caso de colheita de áreas onde será conduzida a brotação para estabelecimento de um novo povoamento, dificilmente será possível prolongar muito o tempo pós-corte para realização da extração, pois o *forwarder* estraga os brotos já formados. E dependendo do tempo pós-corte para extração pode ser que já tenha passado o tempo ótimo para realização da desbrota (escolha dos melhores brotos para condução). Também deve ser realizada uma análise de custo, pois dependendo dos ganhos relativos à operação de extração, pode valer a pena reformar, ao invés de conduzir a brotação.

5 CONCLUSÃO

Visto que a capacidade de carga do *forwarder* utilizado é de 18 toneladas, só será possível aumentar a caixa de carga se a madeira a ser extraída estiver acima de 35 dias pós-corte. Para realizar a extração com a madeira de 77 dias pós-corte, é possível haver um aumento de 2 m³ por carga, ou seja 11% de ganho. Porém esta decisão deverá ser estudada em conjunto com outras áreas para avaliação da possibilidade.

6 RECOMENDAÇÕES

Este estudo foi conduzido em um mês de bastante chuva na região, em talhões muito próximos e com dois clones. Para que estes valores possam ser extrapolados para qualquer situação, deve-se realizar o mesmo estudo em diferentes áreas (variação de solo, clima e precipitação), diferentes clones e nas 4 estações do ano (diferentes distribuições de chuva).

7 REFERÊNCIAS

- CARNEIRO, M. C. **Armazenagem e secagem do resíduo industrial do maracujá amarelo**. 2001. 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- CONEGLIAN, A.; BATISTA, W.R.; HOKAMA, L.F.; SANTIAGO F.L.S.; FENNER, P.T. Avaliação do rendimento e custo operacional de forwarder na colheita de Eucalyptus em primeiro e segundo corte. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 15, p. 13-24, 2010.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Air Drying of Lumber**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. 62 p.
- HART, C. A. **The drying of wood**. Raleigh: North Carolina Agriculture Extension Service, 1966. 24 p.
- IBÁ. IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. Edição 13 – Junho de 2015. Disponível em: <<http://www.iba.org/pt/dados-e-estatisticas/cenarios-iba>>. Acesso em 25 de junho de 2015.
- JACOVINE, L. A. G.; Machado, M. M.; Souza, A. P.; Leite, H. G.; Minetti, L. J. Avaliação a perda de madeira em cinco sistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p.463-470, 2001.
- JANKOWSKY, I. P. Equipamentos e processos para secagem de madeiras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p.109-118
- KLITZKE, R. J. **Secagem da madeira**. Curitiba: UFPR, 2003. 98 p.
- KOLLMANN, F.F.P.; CÔTÉ JUNIOR, W.A. **Principles of wood science and technology**. New York: Springer-Varlag, v.1. 1968. 592p.
- LIMA, O. S.; Leite, A. M. P. **Mecanização**. In: Machado, C. C. (org). Colheita florestal. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2002. p.33-54.
- MACHADO, C. C.; Lopes, E. S. **Planejamento**, In: Machado, C. C. (Org). Colheita Florestal. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 2002. 468p. Machado, C. C.; Lopes, E. S.
- MELLADO, E.C.E.R. **Modelo de transferência de calor e massa na secagem de madeira serrada de Pinus**. 2007. 155f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MINETTE, L. J.; SILVA, E. N.; MIRANDA, G. M.; SOUZA, A. P.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica da operação de extração de Eucalyptus spp. utilizando o trator autocarregável e o trator florestal transportador “forwarder” na região sul da Bahia. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 16, n. 3, p. 312-317, 2008.

PONCE HERRERO, R.; WATAI, L.T. **Manual de secagem da madeira**. Brasília: MIC / STI / IPT, 1985. 70p. (Série documentos, 22).

REZENDE, J.L.; FIEDLER, N.C.; MELLO, J.M.; SOUZA, A.P. **Análise técnica e de custos de métodos de colheita e transporte florestal**. Lavras: UFLA, 1997. 50p. (Boletim Agropecuário, 22).

ROSEN, H. N. Recent advances in the theory of dryinglumber, In: IUFRO DIVISION CONFERENCE, 5., 1983, Madison. **Proceedings**. Carbondale: Southern Illinois University, 1983. p. 32-62.

SANTOS, S. L. M.; Machado, C. C. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira com forwarder em diferentes volumes por árvore e comprimentos de toras. **Revista Madera Y Bosque**, v.7, n.2, p.87-94, 2001.

SANTOS, S. L. M. **Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira**. 1995. 99f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, UFV.

SEIXAS, F. Transporte de madeira. **Cultivar Máquinas**, v.14, p.6-9, 2002.

SILVA, J. R. **Compactação do solo exercida por tráfego de colheita e transporte de madeira**. Botucatu: FCA/Unesp 2003. 134p. Tese (Doutorado/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, 2003.

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