

GABRIEL FERREIRA MONTEIRO CHAVES

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCEDIMENTOS DE SECAGEM DA MADEIRA
NO CAMPO**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
DEZEMBRO-2014

GABRIEL FERREIRA MONTEIRO CHAVES

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCEDIMENTOS DE SECAGEM DA MADEIRA
NO CAMPO**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

APROVADA: 10/12/2014

Daniilo de Barros Donato
Coorientador

Cibele Chaves Souza
Coorientadora

Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho
Orientadora

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vida e por sempre me guiar pelo caminho certo.
Aos meus pais pelo amor, carinho, apoio e paciência. Obrigado principalmente
pela confiança depositada em mim.

A Camila, minha irmã, pela amizade e companheirismo.

Aos amigos de república, pelo apoio, amizade e companheirismo.

Aos amigos de curso que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse
até aqui.

Ao Herton, Diretor Florestal da Eucatex, pela oportunidade de realizar o
estágio, a Fernanda, pelas conversas e pela confiança depositada a mim, a Danila
por toda ajuda, ao Rafael e Alexandre pela amizade e pelos ensinamentos, e a
todos da empresa que de alguma forma contribuíram com esse estudo.

A professora Ana Márcia, pela paciência, confiança e amizade e também ao
Danilo.

Aos demais professores do departamento e a todos que de alguma forma
contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Obrigado!

BIOGRAFIA

Gabriel Ferreira Monteiro Chaves nasceu em 14 de julho de 1990, em Juiz de Fora, Minas Gerais.

Em 2008 concluiu o Ensino Médio no Instituto Presbiteriano Gammom, em Lavras, Minas Gerais.

Em 2009, iniciou o curso de graduação em Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa. Realizou estágio no GEIA-MATA, trabalhando com educação ambiental. Foi coautor de um livro sobre Certificação Florestal para pequenos e médios produtores florestais. Participou da Empresa Junior, onde atuou como Gerente da Diretoria de Qualidade. Estagiou na Empresa Eucatex S/A, situada em Botucatu – SP, onde trabalhou na área de Pesquisa e Desenvolvimento do Controle de Qualidade e Melhoria Continua. Em Janeiro de 2015 concluiu o curso de Engenharia Florestal.

SUMÁRIO

EXTRATO	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO	9
2.1 Objetivo geral.....	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
3. REVISÃO DE LITERATURA	10
3.1 Módulo da Colheita Florestal.....	10
3.2 Tipos e localização da água na madeira.....	12
3.3 Secagem da madeira.....	13
3.4 Secagem de madeira em tora.....	14
3.5 Umidade da Madeira.....	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 Caracterização do Local.....	18
4.2 Procedimentos para secagem da madeira ao ar livre.....	18
4.2.1 Manejo de feixes inteiros e inteiros sem ponteira.....	19
4.2.2 Manejo de feixes traçados e espalhados pelo talhão.....	19
4.2.3 Manejo de feixes traçados e empilhados no carreador.....	20
4.3 Determinação das propriedades da madeira.....	20
4.4 Características da madeira no pátio da empresa.....	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Teores de umidade em função dos manejos de colheita.....	23
5.2 Manejo adotado pela empresa.....	25

6. CONCLUSÕES.....	28
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	29

EXTRATO

CHAVES, Gabriel Ferreira Monteiro. Monografia de graduação. Universidade Federal de Viçosa. Dezembro de 2014. **AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCEDIMENTOS DE SECAGEM DA MADEIRA NO CAMPO**. Orientadora: Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho.

O objetivo desse trabalho foi comparar diferentes tipos de manejo de colheita e/ou empilhamento da madeira na secagem ao ar livre de toras do híbrido *Eucalyptus spp*, buscando avaliar qual o melhor tratamento para secagem da madeira. Foram comparados quatro tipos de manejo e/ou empilhamentos de madeira em tora com casca: feixes de árvores inteiras espalhadas ao longo do talhão, feixes de árvores inteiras sem ponteira espalhadas, feixes traçados espalhados e feixes traçados e empilhados à beira do talhão. Foram calculados os teores de umidade base seca (Ubs%) de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 14929. O manejo que apresentou o menor teor de umidade base seca, ao final dos 90 dias foi o de feixes traçados e espalhados pelo talhão, com valor de 33%, a partir de umidade inicial de 124%. Os demais tratamentos, de feixes de árvores inteiras, árvores inteiras sem ponteira e feixes traçados e empilhados no carreador apresentarem Ubs% de 42%, 43% e 55%, respectivamente, ao final de 90 dias. Após os testes a empresa optou pelo manejo de feixes de árvores inteiras que favorecia o sistema de colheita empregado pela empresa e atingia um teor de umidade mais adequado para o processamento no pátio, em torno de 50% Ubs.

1. INTRODUÇÃO

A madeira sempre ocupou um lugar de destaque dentre os diversos materiais utilizados pelo homem, justificando a busca de novas técnicas de colheita, desdobro e secagem que buscam aumentar o aproveitamento dessa matéria-prima. A decisão do uso da madeira é influenciada por sua resistência mecânica, umidade final e características do ambiente que a mesma será exposta (ROSSO, 2006). Qualquer material lenhoso recém-abatido apresenta uma quantidade considerável de água, que, para a maioria dos casos de utilização, deve ser em parte removida. Sua concentração depende da espécie, da idade da árvore e da posição no tronco.

A secagem da madeira é o processo de remoção de água, a fim de levá-la a uma umidade final pré-definida, com o mínimo de defeitos, no menor tempo possível e de uma forma economicamente viável para o uso a que se destina (MARTINS, 1988), com isso é considerada uma das fases mais importantes para a indústria produtora de painéis e pisos, pois proporciona entre outras vantagens, a redução do peso da madeira diminuindo o custo do transporte, melhora nas propriedades mecânicas e físicas como resistência a compressão, flexão e dureza, evitando assim empenamentos, rachaduras e contrações. Além de proporcionar melhor acabamento como pinturas, vernizes, lacs aumentando a facilidade de molduragem, fixação e lixamento.

A secagem pode ser realizada artificialmente por meio de estufas ou naturalmente, expondo à madeira a ação dos fatores climáticos do local. Devido às condições climáticas favoráveis do Brasil, a secagem natural vem sendo utilizada como uma pré-secagem ou até mesmo como secagem definitiva. A secagem natural, de

madeiras em toras, consiste em empilhar a madeira em local ventilado, normalmente próximo aos talhões de onde foram cortadas as árvores, em pilhas que variam em comprimento e altura, podendo em alguns casos ter mais de quilômetros de comprimento e diferentes alturas. Esse processo pode ser considerado de baixo investimento, porém requer um longo tempo de secagem, que varia em função dos fatores climáticos de cada região, como temperatura, umidade relativa do ar e direção dos ventos. Por se tratar de um processo limitado às variações climáticas do local, seu controle é dificultado. A perda de umidade na secagem natural é bastante rápida no início, quando a madeira apresenta teores de umidade bem elevados, porém quando a umidade da madeira se aproxima da umidade de equilíbrio, dependendo da temperatura e umidade relativa do ambiente, a secagem natural torna-se constante, não absorvendo nem perdendo água para o ambiente. O tempo de secagem depende ainda, da época do ano em que é feito o corte da árvore e de características inerentes da madeira como, espécie, tipo de madeira, umidade inicial, dentre outros (PINHEIRO, 2013).

No processamento da madeira para produção de painéis, as toras estocadas no pátio da fábrica são levadas para um descascador, onde é retirada a casca da madeira. Depois passam para o picador, onde são transformadas em cavacos. Na sequência, uma peneira realiza a classificação mecânica dos cavacos conforme o tamanho. Eles são armazenados e a retirada é feita por uma rosca dosadora que alimenta o silo rotativo. Os cavacos passam pelo moinho onde são transformados em partículas. A umidade dessas partículas é fator determinante na qualidade do produto final. Uma variação elevada faz com que o produto, quando exposto ao ambiente, absorva umidade causando bolhas, inchamento, dentre outros defeitos.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Determinar o melhor procedimento de secagem da madeira em campo, com intuito de aprimorar a produção das unidades fabris em período de dificuldades na secagem da madeira.

2.2 Objetivos específicos

- Fazer o monitoramento do teor de umidade dos diferentes tipos de manejo de colheita por 90 dias;
- Avaliar a perda de água dos diferentes tratamentos;
- Determinar qual o tratamento de secagem é mais adequado com base em sua eficiência no processo de secagem e também levando em consideração os custos envolvidos na sua condução.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Módulo da Colheita Florestal

A colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal, que visa preparar e extrair a madeira até o local de transporte, utilizando-se de técnicas e padrões estabelecidos a fim de transformá-la em produto final (MACHADO, 2014). A colheita, que é a parte mais importante no ponto de vista técnico-econômico, é composta pelas etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento ou traçamento), descascamento, quando executado no campo; e de extração e carregamento (SANTOS 2000). É o trabalho executado desde o preparo das árvores para o abate até o transporte para o local de uso final. A operação de colheita, dependendo da situação, envolve também o planejamento da operação, a medição, o recebimento no pátio da indústria e a comercialização desta madeira (FREITAS, 2005).

Machado e Lopes (2000) afirmam que a colheita e o transporte florestal são responsáveis por mais da metade do custo final da madeira colocada no centro consumidor. Por esse motivo, a seleção de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento de sistemas operacionais constituem o grande desafio para a redução dos custos operacionais de colheita e transporte florestal.

Devido ao elevado custo da colheita e transporte da madeira, levando em consideração a sua finalidade, a escolha do módulo de colheita deve ser correto, com finalidade de minimizar esses custos e valorizar a produção. Abaixo seguem algumas máquinas utilizadas no sistema de corte de toras curtas, como as motosserras, Feller Buncher, Skidder e Garra traçadora.

- Motoserras

As motosserras tiveram importante participação no processo de mecanização, pois, substituíram o machado nas operações de corte (MINETTI, 1996). Seu corte permite um baixo investimento inicial, produtividade individual elevada e pode alcançar lugares de difícil acesso às máquinas especializadas (SANT'ANNA, 2002). O surgimento das motosserras livrou o trabalhador do corte manual, considerado atividade bastante rudimentar.

- Feller Buncher

O Feller Buncher ou trator florestal cortador consiste em um trator de pneus ou de esteiras com um implemento frontal (cabecote) que faz o corte, acumulando árvores ou não, e assim empilhando-as para a extração. Os implementos de corte podem ser: sabre, tesoura ou disco (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998). É uma máquina utilizada principalmente em cortes rasos, pois não tem mobilidade para realizar desbastes.

O procedimento de corte consiste em fixar a árvore por duas garras na altura aproximada do DAP (diâmetro na altura do peito) e, em seguida, fazer o corte no nível do solo. Após o corte, é acionado o braço acumulador, firmando uma ou mais árvores no cabecote, reabrindo as garras e acionando o mecanismo de corte para nova operação, até atingir a capacidade de carga. Este trator com rodados de pneus pode estar disponível no mercado com dois eixos motrizes, com chassi articulado e com quatro pneus. A potência do motor de 50 a 90 kW, e sua massa total sem carga, em alguns modelos chega a 20 toneladas, adaptado com mecanismo de movimento de esteira. Assim, os feixes de árvores formados e tombados no solo formam ângulos de 45 a 90 graus, ao longo da linha de plantio, são extraídos/arrastados pelo Skidder até o local de traçamento (MACHADO, 2014).

- Skidder

É um trator florestal arrastador, articulado com tração 4 x 4 e pneus nas mesmas dimensões, desenvolvido exclusivamente para o arraste de madeira. A cabine contém

sistema condicionado de ar e estrutura que permite grande mobilidade dentre da área de corte. É uma máquina projetada para trabalhar nos sistemas de árvores inteiras e, ou, toras compridas, executando o arraste dos feixes de fustes da área de corte até a margem da estrada ou pátio intermediário. Alguns modelos são adaptados com uma garra traseira telescópica acionada pelo sistema hidráulico ou sistema de cabos de aço, para o arraste dos feixes de toras simissuspensas. A garra traseira é acionada para abaixar e abrir sobre os feixes de árvores ou toras compridas, agarrá-los, suspendê-los e depois arrastá-los até a margem da estrada. Na parte frontal, o Skidder apresenta uma lâmina que auxilia no nivelamento das toras e na limpeza das vias de acesso (MACHADO, 2014).

- Traçador

Conhecida por garra traçadora, esta máquina é adaptada a uma retroescavadora, normalmente com mecanismo de movimentação de esteiras, cuja função é o traçamento de fustes num tamanho preestabelecido. Nos últimos anos, o uso dessa máquina tem sido bastante intenso, em substituição ao traçamento de madeira com motosserra. É usada em sistemas mecanizados de colheita que adotam o Feller ou o Feller Buncher e o Skidder. O traçador trabalha próxima a margem da estrada, pegando os feixes de fustes, realizando o traçamento e formando as pilhas de toras para posterior carregamento. A distribuição de massa e potência do motor é similar à do Harvester. Os mecanismos do braço e do cabeçote de corte, do giro e de deslocamento são acionados por um sistema hidráulico composto de duas bombas de deslocamento variável e pistões axiais (MACHADO, 2014).

3.2 Tipos e localização da água na madeira

De acordo com Klitzke (2003), existem três tipos de água na madeira: água livre ou de capilaridade, água de adesão ou de impregnação e água de constituição.

A água livre ou de capilaridade é a água que ocupa as cavidades dos componentes anatômicos, espaços intercelulares e os canais resiníferos, sendo retirada por fracas ligações capilares (SKAAR, 1972). Devido a essas ligações capilares a água livre sai facilmente por evaporação no processo de secagem da madeira. Segundo

Klitzke (2003) quando toda a água livre for removida da madeira, ela alcançara a “umidade de saturação das fibras” (USF), conhecido também por ponto de saturação das fibras (PSF). Nesse ponto a umidade varia normalmente entre 25 e 35% em relação a massa do material, com valor médio de 28% de umidade. A umidade de saturação das fibras é de grande importância prática, uma vez que as variações dimensionais da madeira se manifestam abaixo da mesma e a velocidade de secagem diminui.

A água de adesão é aquela contida nas paredes celulares, sendo retida pela madeira em uma relação mais forte do que a água livre (STEIN, 2003). A saída de água de adesão afeta a maioria das propriedades físicas e mecânicas da madeira e necessita de maior quantidade de energia para sua retirada, logo, para alguns usos, comumente se seca a madeira somente até a retirada da água livre, mantendo-se a água de adesão.

A água de constituição encontra-se quimicamente combinada com as substâncias da parede celular, ou seja, é a água que faz parte das “substâncias químicas da madeira”. A água de constituição não é realmente água até que o material celulósico seja aquecido em condições drásticas, quando ocorrem degradações térmicas, resultando na quebra de grupos hidroxílicos para formar a água. A água de constituição participa da natureza orgânica da parede celular e não é removida durante a secagem, porque faz parte da madeira. A água de constituição não desempenha papel importante na inter-relação entre a substância madeira e a água de sorção, não influenciando as propriedades físicas e mecânicas da madeira. (KLITZKE, 2003).

3.3 Secagem da madeira

A secagem é um processo que consiste em retirar água da madeira até atingir o teor de umidade adequado para sua utilização. Hart (1966) define a secagem como o balanço dinâmico entre a transferência de calor do ar para a madeira, a superfície de evaporação da madeira. De acordo com Jankowsky (1990), a secagem é a operação intermediária que mais contribui para agregar valor aos produtos manufaturados de madeira, sendo uma das fases de maior custo.

A transformação racional da madeira bruta em produtos e bens de consumo requer a sua secagem prévia pelas seguintes razões: reduz a massa da madeira, diminuindo o custo com transporte; reduz a movimentação dimensional a limites aceitáveis; melhora a atuação dos vernizes e tintas aplicadas sobre a madeira; reduz os

riscos de ataques por fungos; proporciona melhor qualidade das juntas de colagem; propicia maior impregnação da madeira com líquidos preservativos e ignífugos; aumenta a resistência mecânica (GALVÃO e JANKOWSKY, 1985).

A secagem pode ser feita artificialmente através de estufas, ou naturalmente. Na secagem artificial se tem o controle da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, sendo que nesse processo as temperaturas de secagem para madeira serrada variam normalmente entre 40 a 90°C. Esse sistema possui circulação forçada de ar, sistemas de umidificação e troca de ar. (JANKOWSKY *et al.*, 2003).

O processo de secagem natural consiste em expor a madeira à ação dos fatores climáticos de um determinado local, com o objetivo de remover a maior quantidade de água possível (PONCE e WATAI, 1985). No Brasil, devido suas condições climáticas favoráveis, este tipo de secagem é bastante utilizado como pré-secagem ou secagem definitiva, dependendo do uso final da madeira (REZENDE, 2009). É um método que exige um investimento relativamente baixo, porém o tempo de secagem é longo (SANTINI, 1992).

A perda de umidade é bastante rápida no início da secagem natural, devido ao fato da madeira apresentar uma umidade elevada em relação ao ambiente, que faz com que a água presente nos vasos e cavidades celulares seja facilmente evaporada. Quando a umidade da madeira aproximar-se da umidade de equilíbrio higroscópico, onde ocorre o equilíbrio entre a umidade da madeira e a do ambiente, dependendo da temperatura e da umidade relativa do local, a secagem natural pode se tornar bastante lenta (JANKOWSKY, 1990).

3.4 Secagem de madeira em tora

No Brasil, devido às condições climáticas favoráveis, a secagem natural de madeira em tora é utilizada pelas empresas como uma pré-secagem, ou até mesmo como secagem natural, dependendo do uso final da madeira. Normalmente empilham-se as toras perto dos talhões de onde as árvores foram cortadas, ficando expostas as ações climáticas, até atingirem o teor de umidade desejado pela empresa, sendo assim levadas para o pátio das fábricas.

Vital *et al.* (1985), estudando a secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis*, aos 5 anos de idade, em Viçosa, MG, observaram que a redução de umidade

em função do tempo é afetada pelo diâmetro das toras e presença de casca. As toras sem casca atingiram 23% de umidade média após 175 dias de secagem e as toras com casca atingiram 32%, assumindo-se uma umidade inicial de 129%. A presença de casca teve maior influência na perda de umidade em relação à madeira sem casca, nas quatro primeiras semanas de secagem. As toras com diâmetro superior a 12,0 cm apresentaram umidade superior a 50% após os 175 dias de secagem, enquanto as toras de menores diâmetros apresentaram umidade entre 16 e 27%. Observaram também que a perda de umidade é afetada pela posição das toras nas pilhas; a umidade das toras na região inferior das pilhas variou de 20 a 56%; na região central da pilha, variou de 19 a 44% e, na região superior, de 16 a 43%.

A redução da taxa de secagem, em razão do aumento do diâmetro, ocorre devido ao maior percurso que as moléculas de água existentes no interior da madeira, necessitam percorrer para atingirem as camadas superiores de madeira e serem evaporadas (VITAL *et. al.*, 1985).

Rezende *et. al.*, (2010) conduziu um experimento em Lavras, MG, avaliando a secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis*, com casca e sem casca, com 25 anos de idade, durante 240 dias. Após 240 dias, a umidade média das toras com casca foi de 19% e as toras sem casca alcançaram 17%. A redução total de umidade em relação à umidade inicial nas toras sem casca (66%) foi superior à das toras com casca (54%). Analisando-se a perda de umidade no período, observou-se que a casca influenciou a secagem mais significativamente nas duas primeiras semanas. Esta redução foi, em média, de 2,1% ao dia para as toras com casca e de 3,3% para as sem casca, diminuindo após este período.

Barros (2006) estudando a secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis* aos 11 anos de idade em Santa Maria, RS, observou que a umidade média das toras foi igual a 70% após 30 dias de exposição às condições ambientais, partindo de uma umidade inicial de 106%. Aos 60 dias de secagem, a umidade média aproximou-se de 40%. Após os 180 dias de secagem, a umidade média da madeira foi igual a 27%.

Zanuncio *et. al.*, 2014, estudando a secagem ao ar livre de nove materiais genéticos de *Eucalyptus* e um material de *Corymbia*, das empresas V&M Florestal e Cenibra S.A, por um período de 3 meses, chegaram aos resultados da Figura 1.

Amostra	DB (g/cm ³)	Umidade (%)			
		Recém abatida	1 mês	2 meses	3 meses
GER 73402*	0,536	100,26	66,57	59,08	53,61
MN 463*	0,486	129,70	82,55	66,57	63,52
PEM 03698*	0,504	129,45	89,55	73,89	68,76
VM 1**	0,565	98,69	66,48	57,59	52,42
VM 3*	0,536	109,92	72,07	62,18	57,96
VM 4*	0,552	102,41	62,53	55,35	46,89
VM 5*	0,552	105,76	67,68	59,33	55,81
<i>Corymbia citriodora</i>	0,705	73,52	38,38	34,06	31,50
<i>Eucalyptus paniculata</i>	0,653	66,16	32,49	26,75	24,18
<i>C. citriodora</i> × <i>E.toreliana</i>	0,684	54,67	34,34	28,36	25,46

*Híbrido natural de *Eucalyptus urophylla*; ***Eucalyptus urophylla* × *E. camaldulensis*.

Figura 1: Umidade das toras recém abatidas e após secagem.

Os resultados dos teores de umidade encontrados variaram bastante entre os materiais, reforçando a ideia de contínuo estudo sobre o assunto, devido as vantagens que a secagem proporciona a madeira, principalmente a redução de peso, refletindo em uma economia no transporte da madeira do campo até as fábricas, dentre outras.

3.5. Umidade da Madeira

O conceito de madeira seca pode oscilar desde teores de umidade entre 20 e 30% para madeiras secas ao ar livre, até valores inferiores a 20%, no caso da secagem controlada. O teor de umidade adequado depende do produto final a ser fabricado (GLASS e ZELINKA, 2010).

O teor de umidade, ou simplesmente umidade da madeira, é definida pela relação entre a massa de água contida na matéria lenhosa e sua massa, sendo seu valor expresso em porcentagem. Essa relação pode ser feita levando em consideração a massa inicial da madeira, ou seja, base úmida, ou a massa da madeira totalmente seca, denominada de base seca, conforme as equações 1 e 2 (KLITZKE, 2007).

$$TUu = \frac{Massa\ inicial - Massa\ final}{Massa\ inicial} \times 100 \quad (1)$$

$$TUs = \frac{Massa\ inicial - Massa\ Final}{Massa\ final} \times 100 \quad (2)$$

em que

TU_u = teor de umidade base úmida (%) e TU_s = teor de umidade base seca (%).

O teor de umidade base úmida é comumente utilizado em indústrias de celulose e papel, enquanto o teor de umidade base seca é empregado em indústrias de compensados, empresas produtoras de carvão vegetal, serrarias, indústrias moveleiras, entre outras (GLASS e ZELINKA, 2010).

O teor de água da madeira influi, acentuadamente, nas suas propriedades físico-mecânicas. A resistência da madeira, de uma maneira geral, decresce com o aumento de sua umidade. A resistência elétrica da madeira é também inversamente proporcional ao seu teor, sendo que, de 30% até 0% de umidade, a resistência aumenta cerca de 1 milhão de vezes. A variação do teor de umidade também ocasiona alterações nas dimensões da madeira. Esse fenômeno é denominado de retração e incitamento higroscópico, porque as alterações volumétricas ocorrem como consequência de variações no teor de água de adesão. A umidade da madeira influi ainda no seu tratamento com fluidos, curvamento, resistência ao ataque de fungos xilófagos, colagem, fabricação de compensados, aglomerados e processamento mecânico. De uma forma geral, os produtos industrializados da madeira devem ser condicionados a umidades próximas àsquelas que deverão alcançar quando em uso (JANKOWSKY, 1990).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do Local

O experimento foi realizado na região de Itatinga, São Paulo, na Fazenda Avaré, numa área de 24,7 hectares, pertencente à empresa EUCATEX S/A. O material de estudo foi proveniente de um plantio de um híbrido *Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*, com idade de 7 anos, cultivados no espaçamento 3 x 2,5 metros. A cidade de Itatinga está localizada entre a latitude 23°06'06" sul e a longitude 48°36'57" oeste, estando a uma altitude de 845 metros. O clima é do tipo subtropical úmido (Classificação climática de Köppen-Geiger: Cfa) (CLIMATE-DATA, 2014).

Um dado importante a ser considerado foi a precipitação de chuvas no período do experimento. De acordo com fontes da Fazenda Santa Terezinha, local da sede do Viveiro de Mudas da Eucatex, nos últimos 6 anos, no período de Janeiro a Abril, a média da precipitação acumulada na região de Itatinga foi de 698 mm, porém nesse ano de 2014 essa média foi de 219 mm.

As amostras foram coletadas dos meses de Janeiro a Abril do ano de 2014.

4.2 Procedimentos para secagem da madeira ao ar livre

Para a primeira amostra do teor de umidade das árvores, foram selecionadas 50 árvores no talhão, foram medidos seus DAP's (diâmetro a altura do peito), e pela média deles foram cortadas as 5 árvores com os DAP's mais próximos da média. Delas, retiraram-se 6 discos com 5 cm de espessura e de cada disco foram seccionadas 2

cunhas para determinação do teor de úmida inicial.. Todas as cunhas foram seccionadas com o auxílio de um martelo e um facão. As cunhas eram identificadas em campo mesmo e armazenadas em sacos próprios e levadas para o laboratório no mesmo dia das coletas.

4.2.1 Manejo de feixes inteiros e inteiros sem ponteira

No manejo de feixes inteiros as árvores foram derrubadas pelo Feller Buncher e deixadas espalhadas no talhão, logo após a primeira coleta. Com 30 dias após a derrubada foram selecionadas cinco árvores ao acaso, e com auxílio de uma motosserra, retirou-se 6 discos de 5 cm de espessura, correspondentes a 0%, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% do comprimento da altura comercial. De cada disco retirou-se duas cunhas em lados opostos para determinação do teor de umidade em laboratório.

A cada mês eram selecionadas 5 novas árvores, escolhidas aleatoriamente entre as árvores espalhadas pelo talhão.

A mesma metodologia foi realizada com o manejo de feixes sem ponteira, no qual imediatamente após o abate pelo Feller Buncher, foi retirada a ponteira das árvores com o auxílio de uma motosserra, considerando a circunferência mínima de 15 cm.

O manejo de feixes inteiros foi dividido em feixes inteiros e feixes inteiros sem ponteira, a fim de avaliar a influência das folhas da ponteira da árvore na secagem da madeira em campo.

4.2.2 Manejo de feixes traçados e espalhados pelo talhão

No manejo de feixes traçados e espalhados pelo talhão, às árvores foram derrubadas pelo Feller Buncher após a primeira coleta e traçadas, com uso de motosserra, em toretes de 3,60 metros de comprimento e mantidas dentro do talhão. Após os 30 dias de corte, foram selecionados cinco toretes ao acaso e retirou-se 3 discos de 5 cm de espessura de cada torete com 25%, 50% e 75% do seu comprimento, sendo os 25% e 75% representando as extremidades do torete. Em cada disco seccionou-se duas cunhas de lados opostos para determinação do teor de umidade em laboratório.

A cada mês eram selecionados 5 novos toretes, escolhidos aleatoriamente entre os toretes espalhados pelo talhão.

4.2.3 Manejo de feixes traçados e empilhados no carreador

No manejo de feixes traçados e empilhados no carreador, após o corte das árvores, elas foram arrastadas, processadas e empilhadas a beira do talhão. Dividiu-se a pilha de madeira em cinco alturas diferentes e em cada ponto de amostragem coletou-se 2 toretes aleatoriamente, com o auxílio da garra traçadora. De cada torete retirou-se três discos de 5,0 cm de espessura com 25%, 50% e 75% do seu comprimento. De cada disco foram seccionadas duas cunhas de lados opostos, para determinação do teor de umidade em laboratório.

A cada mês eram selecionados 10 novos toretes, em pontos diferentes da pilha, considerando o mesmo método de amostragem das alturas.

4.3 Determinação das propriedades da madeira

As análises foram conduzidas no Laboratório da fábrica em Botucatu-SP. Logo após as coletas as cunhas eram pesadas, determinando assim o peso da massa úmida (massa inicial). Depois eram levadas para secagem em estufa, a temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem massa constante, ou seja, massa seca a 0% de umidade (massa final). A determinação do teor de umidade para cada tratamento (tipos de manejo) mencionado nesse estudo foi de acordo com o estabelecido pela NBR 14929.

4.4 Características da madeira no pátio da empresa

Em junho de 2013 a madeira estava chegando muito úmida no pátio da empresa, prejudicando o processamento das toras e a fabricação dos painéis. Com isso estabeleceu-se que a madeira deveria chegar ao pátio com uma média de umidade base seca de 50%, com máxima de 60%.

O controle dessa umidade era feito por meio do monitoramento do teor de umidade das partículas antes delas irem para o secador, dia a dia.

Na Figura 2 podemos ver o controle de umidade das partículas no mês de junho de 2013, quando o problema foi identificado pela empresa.

UMIDADE SILO ÚMIDO - Partículas
JUNHO 2013

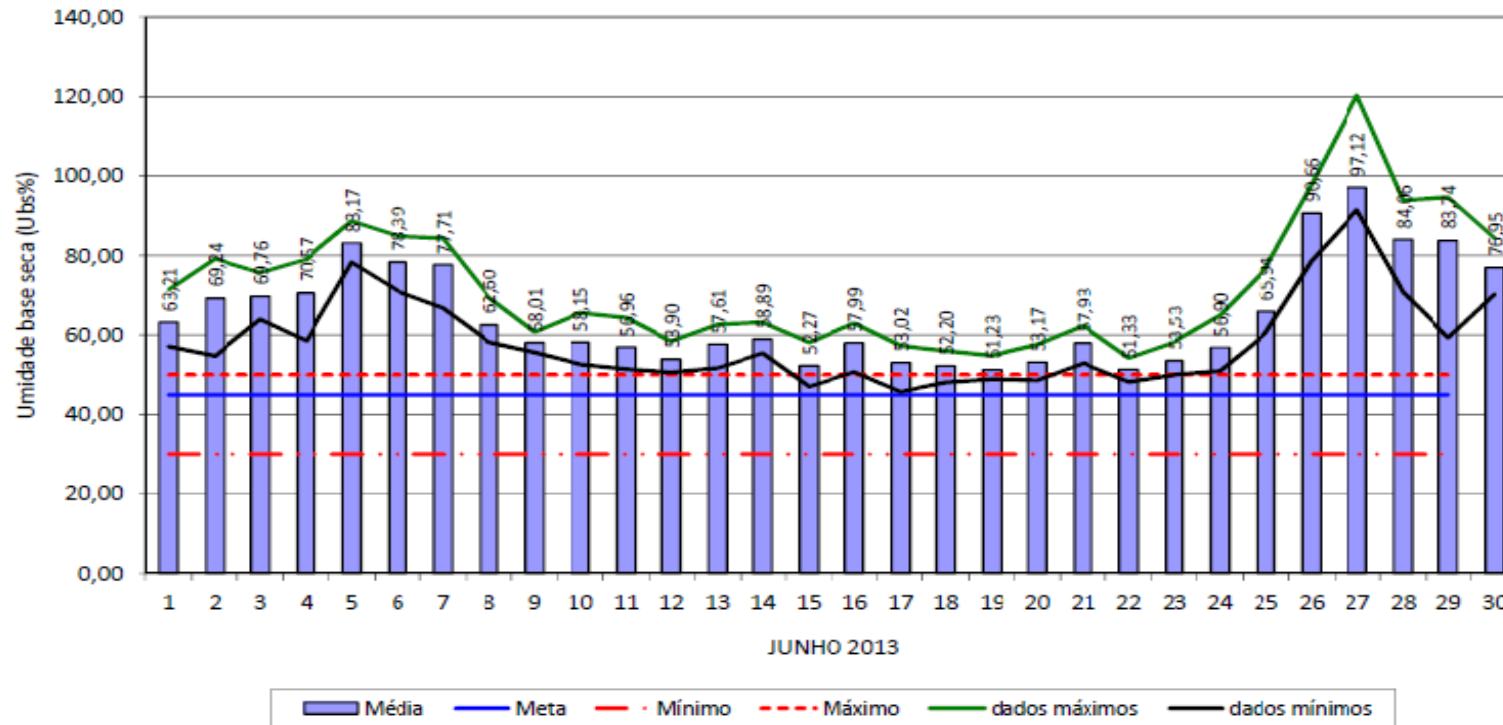


Figura 2: Gráfico das umidades das partículas ao longo do mês de junho de 2013.

Observa-se uma variação muito alta na umidade das partículas, com mínima de 51,23% e máxima de 97,12%. Essa grande diferença é prejudicial ao produto final, pois quando expostos ao ambiente, absorvem umidade causando bolhas, inchamento, dentre outros defeitos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teores de umidade em função dos manejos de colheita

Na Figura 2 são apresentados os resultados do teor de umidade base seca em função dos dias de secagem e dos manejos de colheita.

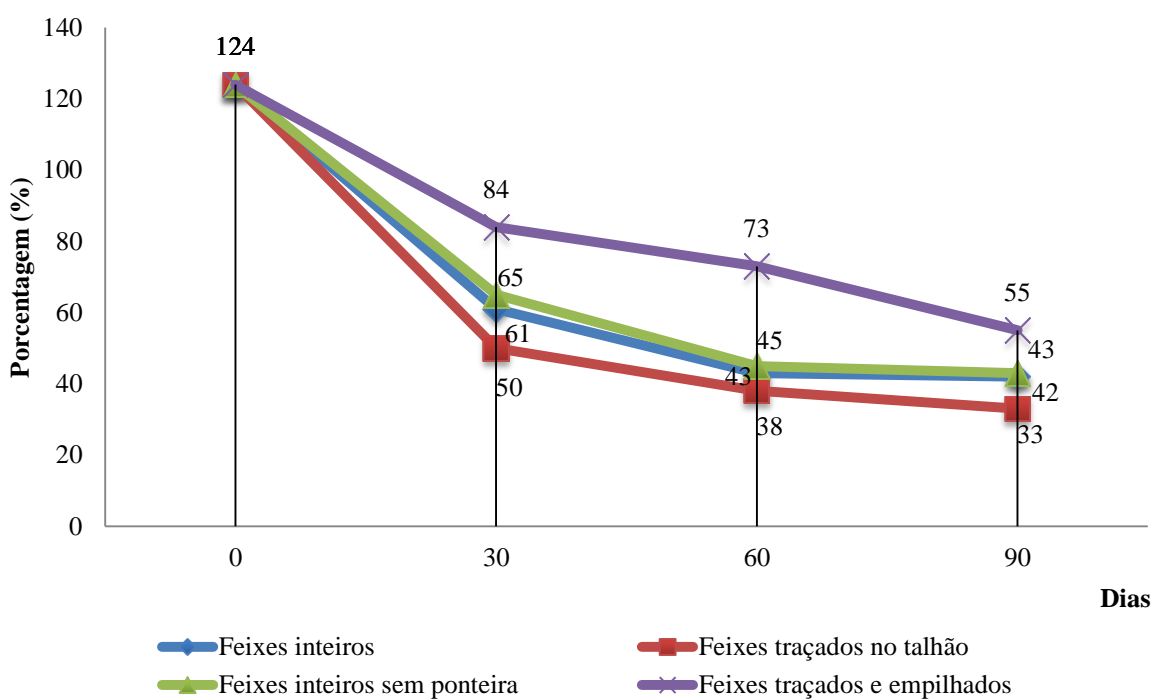


Figura 2: Teor de umidade base seca em função dos manejos de colheita.

O início da secagem ao ar livre normalmente é acelerado, porque a madeira apresenta elevado teor de umidade, com isso ela perde água facilmente para o ambiente. Porém nesse trabalho, essa perda inicial ainda foi favorecida pela baixa precipitação no local, aumentando a incidência de luz solar, evaporando a água rapidamente. Depois dos 30 dias a perda de umidade ainda é significativa, porém dos 60 aos 90 dias ela diminui bastante, devido ao fato de quase toda a água livre já ter sido evaporada e as paredes celulares permanecerem saturadas. Na Tabela 1 pode ser observada a porcentagem de perda de umidade em relação ao tipo de manejo de colheita.

Tabela 1: Porcentagem de perda de umidade em função do manejo

Dias	Feixes inteiros	Feixes inteiros sem ponteiro	Feixes traçados talhão	Feixes traçados empilhados
30	51%	48%	60%	32%
60	65%	64%	69%	41%
90	66%	66%	73%	55%

Observa-se que o manejo de feixes traçados e empilhados obteve uma secagem mais lenta em relação aos outros tipos de manejo. Isso já era esperado, pois quando a madeira é empilhada, diminui-se a superfície por onde a água é evaporada, resultando assim em uma secagem mais lenta. No estudo realizado por Rezende *et. al.* (2010), que avaliou a secagem ao ar livre de toras de um clone de *Eucalyptus urophylla* com casca e sem casca. A umidade das toras sem casca (54%) e com casca (50%) foram próximas após 80 dias de secagem, com uma maior redução de umidade para as toras sem casca, pois apresentava uma umidade inicial maior. Os resultados sob influência da casca foram bastante parecidos com o deste estudo, onde a perda de umidade dos feixes traçados (3,6 m) e empilhados na beira do talhão ao final de 90 dias atingiu os 55%. Outro estudo realizado por Rezende (2009) em Lavras, avaliando a secagem de toras com casca e sem casca do clone *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*, observou que ao final dos 90 dias de secagem ao ar livre, a umidade das toras com casca estava em 88% e das toras sem casca, aproximadamente, 67%. Esses resultados exemplificam que a secagem ao ar livre é muito influenciada pela espécie e pelo local

(fatores climáticos), reforçando a ideia de trabalhos como estes devem ser realizados constantemente para uma otimização da secagem das madeiras em campo.

No manejo de feixes de árvores inteiras e inteiras sem ponteira, as folhas influenciaram apenas nos primeiros dias de secagem, depois elas secam, e não influenciam na perda de água da madeira. Na Tabela 1 podemos observar que a perda de umidade em ambos foi de aproximadamente 66%, com umidade final de 42% Ubs para os feixes inteiros e 43% Ubs para os feixes inteiros sem ponteira.

O manejo que apresentou o menor teor de umidade final foi o de feixes traçados e espalhados pelo talhão. Resultado este já esperado, pois traçando a madeira aumentam-se as superfícies para a evaporação da madeira e deixando-as espalhadas pelo talhão, aumenta-se a incidência de luz solar. Devido ao espalhamento dos toretes traçados a secagem torna-se mais rápida e homogênea, conferindo assim uma curva de secagem mais acentuada.

5.2 Manejo adotado pela empresa

De acordo com os resultados e as exigências de umidade no pátio da fábrica, o manejo de feixes traçados e espalhados pelo talhão seria a melhor opção para a empresa, pois após os 30 dias do corte a madeira já poderia ser levada para o pátio, pois já teria atingido os 50% Ubs exigido pela fábrica. Porém por motivos práticos, econômicos e logísticos, a empresa resolveu adotar o manejo de feixes inteiros, sendo que as árvores permaneceriam espalhadas pelo talhão até os 45 dias, depois seriam traçadas e empilhadas, e após 100-120 dias seriam levadas para o pátio da empresa.

Após o manejo de colheita ser definido e colocado em prática, a madeira começou a chegar com teores de umidade mais adequados no pátio da fábrica, adequando assim seu processamento e sua produção de painéis.

Na Figura 3 são apresentados os teores de umidade, dia a dia, do mês de junho de 2014.

UMIDADE SILO ÚMIDO - Partículas
JUNHO 2014

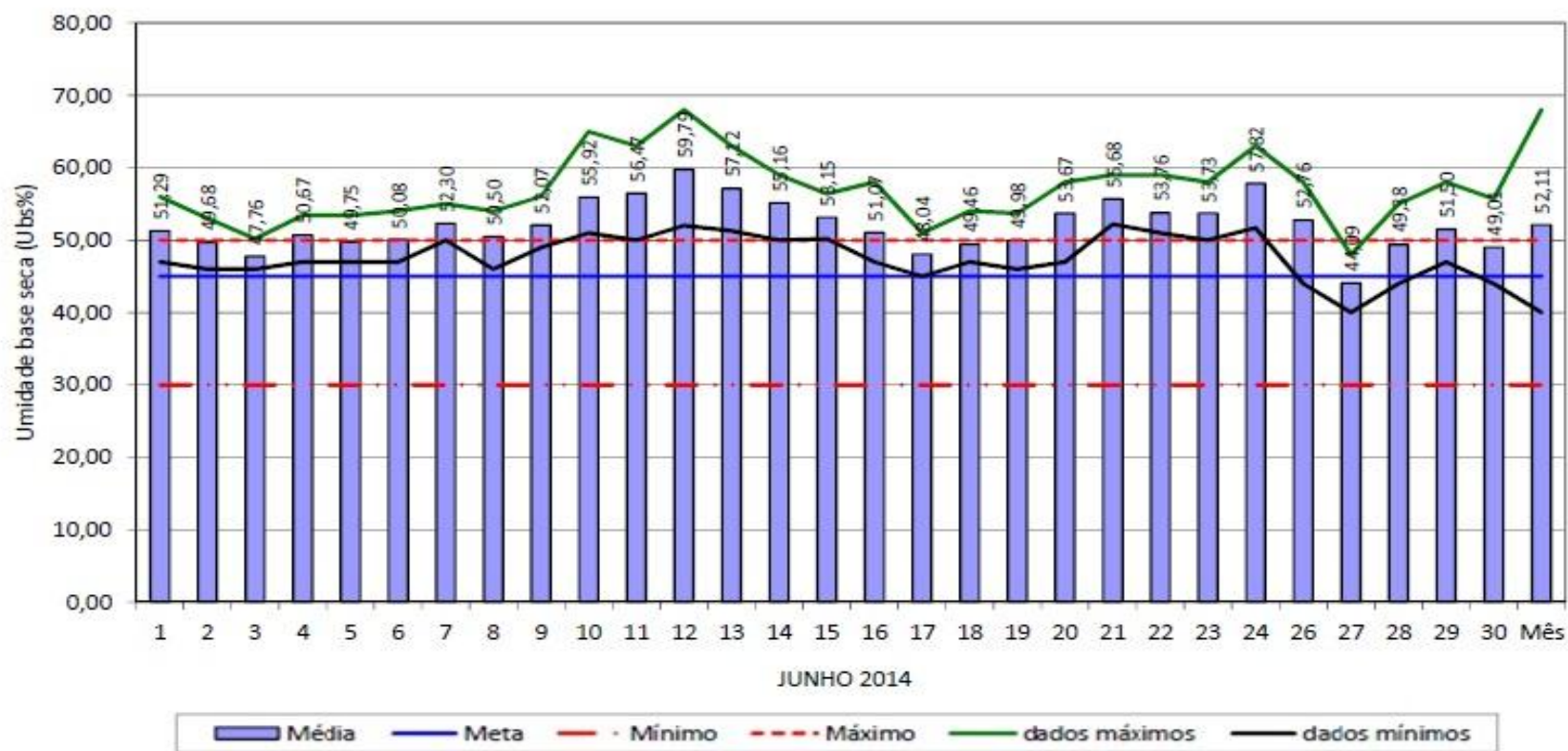


Figura 3: Gráfico das umidades das partículas ao longo do mês de junho de 2014.

Observa-se que os teores de umidade foram muito mais homogêneos que os observados no ano anterior, atingindo a média de 50% no teor de umidade das partículas, e máximo de 60%. Isso resultou em menos defeitos nos painéis e maior dinâmica do estoque de madeira no pátio da fábrica.

6. CONCLUSÕES

Com esse trabalho podemos concluir que:

- O manejo de colheita com melhor performance foi o de feixes traçados e espalhados pelo talhão;
- O manejo mais adequado para a empresa em relação a sua eficiência no processo de secagem e também em relação aos custos foi o de feixes inteiros, mesclado com o de feixes traçados e empilhados na beira do talhão.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Madeira – Determinação do teor de umidade de cavacos – Método por secagem em estufa**, NBR 14929. 2003. 17p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. 2013. **Anuário estatístico ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, 2013. 148p.

BARROS, M. V. **Fator de cubicação para madeira empilhada de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, com toretes de dois comprimentos, e sua variação com o tempo de exposição ao ambiente**. 2006. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

CLIMATE-DATA. Disponível em: <http://pt.climate-data.org/location/34870/> Acesso em: 11/12/2014.

FREITAS, K. E. de, **Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada**. 27 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111p.

GLASS, S. V.; ZELINKA, S. L. **Moisture Relations and Physical Properties of Wood**. In: Forest Products Laboratory. Wood Handbook – Wood as an engineering material. U.S. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 4-19.

HART, C.A. **The drying of wood**. Raleigh: North Carolina Agriculture Extension Service, 1966. 24p.

- JANKOWSKY, I. P. **Fundamentos de secagem de madeiras**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 13 p.
- JANKOWSKY, I. P.; SANTOS, G. R. V.; ANDRADE, A. Secagem de madeira serrada de eucalipto. **Circular Técnico do IPEF**, n. 199. 2003.
- KLITZKE, R. J. **Secagem da madeira**. Curitiba: UFPR, 2003. 98 p.
- KLITZKE, R. J. Secagem da madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Org.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro, ES: Suprema Gráfica, 2007. p. 271-341.
- MACHADO, C.C. **Colheita Florestal – 3ª Edição**. Viçosa-MG: UFV, 2014. 543 p.
- MACHADO C. C.; LOPES E. S. Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. **Cerne**, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.
- MALINOVSKI, J. R.; MALINOVSKI, R. A. **Evolução dos sistemas de colheita de Pinus na Região Sul do Brasil**. Curitiba-PR, FUPEF, 1998. 138p.
- MARTINS, V. A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: Gutenberg, 1988. 56p.
- MINETTI, L. J. **Análise de fatores operacionais ergonômicos da operação de corte florestal com motosserra**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1996. 211f.
- PINHEIRO, M. A. **Influência das dimensões da madeira na secagem e nas propriedades do carvão vegetal**. 2013 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.
- PONCE, R. H.; WATAI, L. T. **Manual de secagem da madeira**. Brasília: STI/IPT, 1985. 72 p.
- REZENDE, R. N. **Secagem de toras de clones de *Eucalyptus* empregados na produção de carvão**. 2009. 178p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.
- REZENDE, R. N.; LIMA, J. T.; PAULA, L. E. R. P.; FARIA, A. L. R. Secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis* em Lavras, MG. **Cerne**, v. 16, s/n, p. 41-47, 2010.
- REZENDE, R. N.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M. da.; NAPOLI, A.; ANDRADE, H. B.; FARIA, A. L. R. Secagem ao ar livre de toras de um clone de *Eucalyptus urophylla* empregado na carbonização. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 565-572, out./dez. 2010.
- ROSSO, S. **Qualidade da madeira de três espécies de *Eucalyptus* resultante da combinação dos métodos de secagem ao ar livre e convencional**. 2006. 91f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

SANT'ANNA, C. de M. Corte Florestal. In: MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita Florestal**, Livro. Viçosa-MG, UFV, p.55-88, 2002.

SANTINI, E. J. Métodos usuais de secagem da madeira. In: Seminário sobre secagem da madeira, 1., 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1992. p. 47-59.

SANTOS, L. S. dos. Mecanização florestal no Brasil. **Revista Madeira**, Curitiba, n. 51. p. 43-44, ago., 2000.

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

STEIN, F. R. **Avaliação técnica do tempo de estocagem da madeira**. 2003. 36p. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

VITAL, B. R. DELLA LUCIA, R. M. VALENTE, O. F. Estimativa do teor de umidade de lenha para carvão em função do tempo de secagem. **Revista Árvore**, v. 9, s/n, p. 10-27, 1985.

ZANUNCIO, A. J. V.; LIMA, J. T.; MONTEIRO, T. C.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, F. S. Secagem ao Ar Livre da Madeira para Produção de Carvão Vegetal. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p. 401-408, 2014.