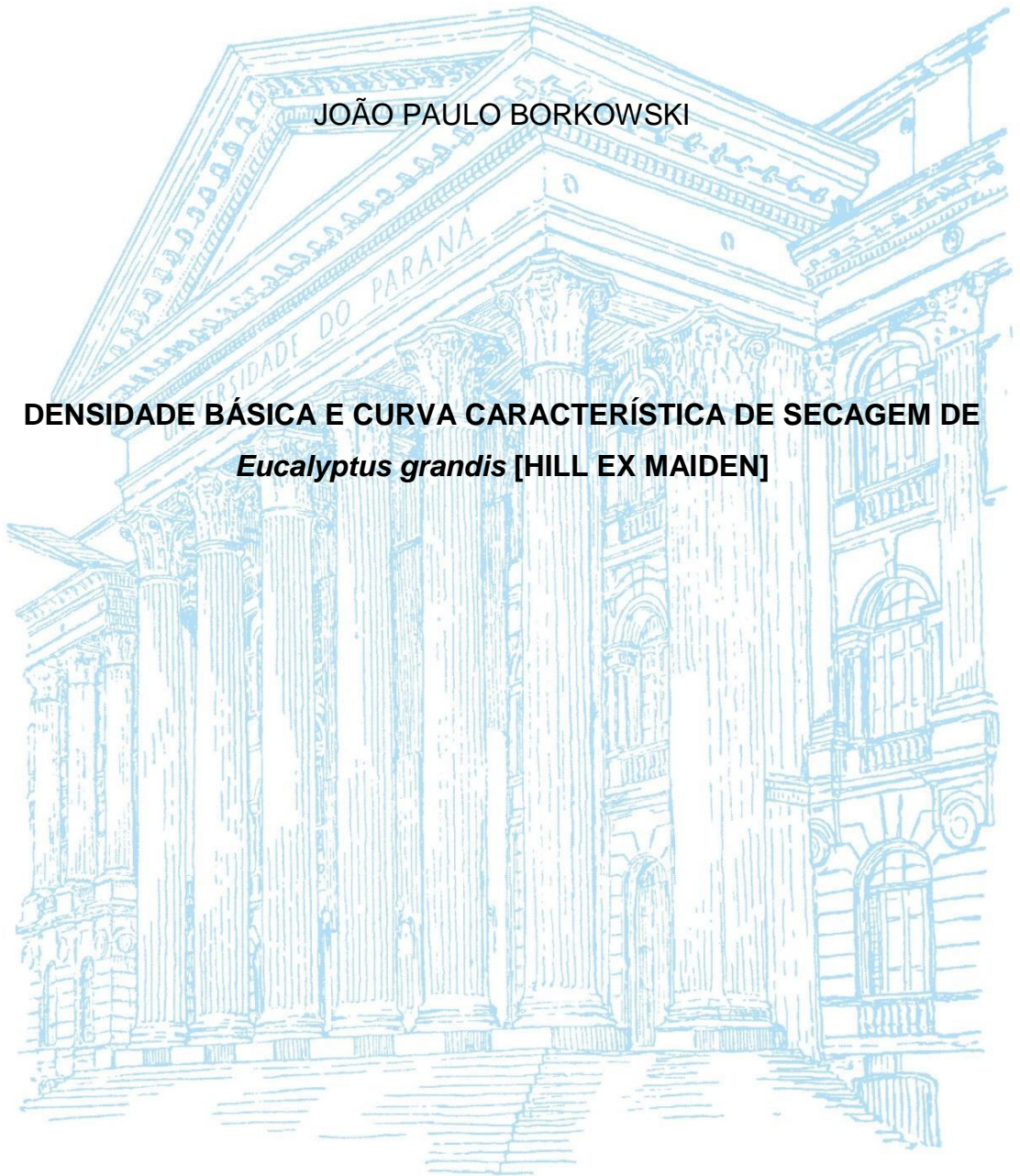


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANA

JOÃO PAULO BORKOWSKI

**DENSIDADE BÁSICA E CURVA CARACTERÍSTICA DE SECAGEM DE
Eucalyptus grandis [HILL EX MAIDEN]**



PALOTINA

2016

JOÃO PAULO BORKOWSKI DENSIDADE BÁSICA E CURVA CARACTERÍSTICA DE SECAGEM DE
Eucalyptus grandis [HILL EX MAIDEN] 2016

JOÃO PAULO BORKOWSKI

**DENSIDADE BÁSICA E CURVA CARACTERÍSTICA DE SECAGEM DE
Eucalyptus grandis [HILL EX MAIDEN]**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para disciplina de TCC II do curso de graduação em Agronomia, Setor de Palotina da Universidade Federal do Paraná.

Prof. Dr. Roberto Rochadelli

PALOTINA

2016


TERMO DE APROVAÇÃO

JOÃO PAULO BORKOWSKI

DENSIDADE BÁSICA E CURVA CARACTERÍSTICA DE SECAGEM DE

Eucalyptus grandis [HILL EX MAIDEN]

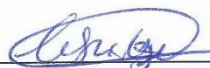
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná como requisito à obtenção do título do grau de Agrônomo, pela seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Roberto Rochadelli
Orientador – Departamento de Sociais e Humanas
UFPR, Setor Palotina



Prof.ª Dr.ª Ivonete Rossi Bautitz
Departamento de Engenharias e Exatas
UFPR, Setor Palotina



Eng. Agr. M.e Cláudio Gilnei Lilge
Departamento Agrônômico
C.Vale – Cooperativa Agroindustrial

Palotina, 20 de maio 2016.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, principalmente à minha mãe, Dona Maru, minha avó, Dona Katia, minha irmã, Jamila Borkowski, meu pai José Borkowski, e todos da UFPR que contribuíram e continuam contribuindo diretamente ou indiretamente para minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo.

Aos meus pais e familiares, que me apoiaram e incentivaram os meus estudos.

Pela orientação do professor Roberto Rochadelli, por todas as horas disponíveis a realização deste trabalho e pela paciência de esperar a conclusão deste trabalho.

Ao acadêmico André Luiz Canan, por todas as horas dedicadas a campo e no laboratório.

Ao apoio financeiro da C.Vale - Cooperativa Agroindustrial.

Aos funcionários da C.Vale - Cooperativa Agroindustrial, que contribuíram para o presente trabalho.

Aos acadêmicos da matéria de Silvicultura da primeira turma de Agronomia de Palotina, em especial os colegas Giovane Moreno, Augusto Tessele e Juliano Lorenzetti.

Agradeço ao corpo docente da UFPR, pelo conhecimento transmitido e pela direção de estudo feita por estes.

A todos os amigos que fizeram parte da minha vida, em momentos difíceis e momentos de alegria.

Aos funcionários públicos e terceirizados, que possibilitam o funcionamento UFPR.

RESUMO

A demanda energética mundial tem aumentado a um ritmo acelerado desde a primeira revolução industrial, no século XVIII e XIX na Europa. Essa demanda vem aumentando com o crescimento populacional das últimas décadas e com a melhor qualidade de vida desta população, o que torna-se imprescindível o estudo de fontes de energias renováveis como a madeira. O objetivo principal do presente trabalho foi determinar a Densidade Básica e Curva Característica de secagem de madeira de *Eucalyptus grandis*. Para a obtenção de amostras foram utilizadas 28 árvores de *Eucalyptus grandis* com 13 anos de idade. A densidade básica das amostras foi calculada pela fórmula proposta por Smith (1954), tendo como base o máximo teor de umidade. O teor de umidade foi calculado em relação a base seca, conforme a equação proposta por Ferreira(1972). O procedimento de coleta de amostras e determinação do teor de umidade foi repetido de 15 em 15 dias, aproximadamente, totalizando 6 coletas. A Densidade Básica encontrada para a espécie em estudo de $0,584 \text{ g cm}^{-3}$ o que indica que a análise foi bem sucedida e que o valor é considerado consistente. Os resultados permitem concluir que a maior secagem ocorreu na segunda quinzena de abril, devido à alta pluviosidade do período posterior, e o fato da madeira não ter sido armazenada empilhada exposta ao sol, o que dificultou a definição da correta curva de secagem da madeira. Também foi possível estimar o volume de madeira da área, pelo método de análise de regressão o valor encontrado foi de 512,6443 metros cúbicos por hectare.

Palavras chave: curva de secagem, densidade básica, *Eucalyptus grandis*.

ABSTRACT

Global energy demand is increasing at a rapid pace since the first industrial revolution in the eighteenth and nineteenth century Europe. This demand is increasing with population growth in recent decades and with the best quality of life in this population, which it is essential to the study of renewable energy sources like wood. The main objective of this study was to determine the Basic Density and Characteristic Curve of *Eucalyptus grandis* wood drying. To obtain samples were used for 28 trees *Eucalyptus grandis* 13 years of age. The basic density of the samples was calculated using the formula proposed by Smith (1954), based on the maximum moisture content. The moisture content was calculated on the dry basis, according to the equation proposed by Ferreira (1972). The sampling procedure and determining the moisture content was repeated from 15 to 15 days or so, totaling 6 collections. The basic density found for the species under study 0.584 g cm⁻³ which indicates that the analysis is successful and the value is considered consistent. The results show that most drying occurred in the second half of April, due to the high rainfall of the period, and the fact that the wood has not been stored stacked exposed to the sun, which made it difficult to define the correct drying curve of wood. It was also possible to estimate the volume of wood in the area, through regression analysis, the value found was 512.6443 cubic meters per hectare.

Keywords: drying curve, basic density, *Eucalyptus grandis*.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	-	ÁREA DE 350 HECTARES PERTENCENTES A C.VALE.....	16
FIGURA 2	-	<i>Eucalyptus grandis</i> SENDO DERRUBADO NA BASE DO CAULE.....	17
FIGURA 3	-	DISCOS CORTADOS EM 4 PARTES.....	16
FIGURA 4	-	112 CUBOS - AMOSTRA DE <i>Eucalyptus grandis</i>	19

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	-	RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA...	23
TABELA 2	-	PARÂMETROS b_0 e b_1	23
TABELA 3	-	TABELA DE AMOSTRAGEM.....	24
TABELA 4	-	VOLUME DE MADEIRA POR CLASSE/HÁ.....	25
TABELA 5	-	DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus grandis</i>	26
TABELA 6	-	TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus grandis</i>	28

LISTA DE GRAFICOS

GRAFICO 1	-	CURVA CARACTERÍSTICA DE SECAGEM.....	29
-----------	---	--------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS

- UFPR - Universidade Federal do Paraná
DAP - Diâmetro à Altura do Peito

LISTA DE ABREVIATURAS

n.	- número
pg.	- página
fev.	- fevereiro
g.	- grama
cm.	- centímetro
ed.	- edição

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
3 METODOLOGIA	17
3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL	17
3.2 COLETA DE DADOS DENDRIOMÉTRICOS	18
3.2.1 Cubagem	18
3.2.2 Amostragem da área total.....	19
3.3 COLETA DE AMOSTRAS	19
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	21
3.5 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA	22
3.6 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE (TU)	23
4 RESULTADOS / ANÁLISE DOS DADOS	24
4.1 ANÁLISE DE DADOS DENDRIOMÉTRICOS.....	24
4.2 DENSIDADE BÁSICA.....	27
4.3 TEOR DE UMIDADE	29
4.4 CURVA CARACTERÍSTICA DE SECAGEM DA MADEIRA	30
6 CONCLUSÕES	32
<u>REFERÊNCIAS</u>	33

1 INTRODUÇÃO

O consumo mundial de energia, baseado em combustíveis fósseis, levou a humanidade a uma matriz energética insegura, cara e, ainda, prejudicial ao meio ambiente. Com isso, e devido ao aumento da demanda mundial por energia, muitos países passaram a buscar alternativas, acarretando a necessidade de profundas mudanças, crescendo-se de um maior aproveitamento de outras fontes energéticas, sobretudo as renováveis, incluindo a madeira. (BRITO et al., 2007)

A madeira sempre ocupou 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 da matéria-prima. Destaca-se que a decisão do uso da madeira é influenciada por resistência mecânica, umidade final e características do ambiente que a mesma será exposta (ROSSO, 2006). O método de secagem de madeira para fins energéticos mais difundido é ao ar livre (natural), devido ao baixo custo, com o tempo de secagem maior. (ZANUNCIO et al., 2014).

Eucalyptus é um dos gêneros mais cultivados no mundo. No Brasil é cultivado em extensas áreas para diversos fins, incluindo o energético. São fatores que garantem a competitividade desta matéria prima: rápido crescimento, tecnologias de produção, melhoramento genético, condições climáticas, desenvolvimento de práticas silviculturais eficientes e técnicas permitem um melhor aproveitamento da madeira. (ZANUNCIO, 2013)

A secagem é o balanço dinâmico entre a transferência de calor da corrente de ar para a superfície da madeira e a transferência de umidade da madeira para a corrente de ar (HART, 1966; KLITZKE, 2003; SANTOS et al., 2003).

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).

O processo de secagem é influenciado por uma série de fatores, tanto relacionados com o ambiente, como intrínsecos à própria madeira. Como exemplo, pode-se citar: espécie, umidade inicial, diferença de lenhos, densidade e espessura das peças. Dentre os fatores inerentes ao ambiente: encontram-se temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e potencial de secagem (PONCE; WATAI, 1985). Por essas razões torna-se difícil prever a duração do ciclo e os resultados desse processo.

A Densidade Básica é importante parâmetro para avaliação da qualidade da madeira, sendo uma variável complexa, pois resulta da combinação de diversos fatores como dimensão das fibras, espessura da parede celular, volume dos vasos e parênquimas, proporção entre madeira do cerne e alburno e arranjo dos elementos anatômicos (Foelkel et al. 1971).

A secagem ao ar livre é método bastante adotado no Brasil, que exige investimento relativamente baixo, porém possui ciclos longos. O mesmo consiste em expor a madeira às condições do ambiente para que, pela ação dos ventos, umidade relativa e temperatura ambiente, seja eliminado o máximo da água existente no material. Assim, é um método dependente das condições atmosféricas. Particularmente, na região Sul do país, o processo é mais favorável no período da primavera/verão, quando temperatura e insolação são mais intensas e observam-se menor umidade relativa e precipitação (SANTINI, 1992). Visando maior conhecimento sobre o comportamento da madeira de *Eucalyptus grandis*, foi determinada, experimentalmente, a sua Densidade Básica e curva característica de secagem.

1.1 OBJETIVOS

• Objetivo Geral

Visando obter informações para otimizar o processo de secagem, o objetivo principal do presente trabalho foi determinar a Densidade Básica e Curva Característica de Secagem de madeira de *Eucalyptus grandis*.

• Objetivos Específicos

- Verificar o valor da Densidade Básica da madeira está de acordo com a finalidade que está sendo usada pela C.VALE Cooperativa Agroindustrial;
- Exemplificar as vantagens de fazer-se uma boa secagem;
- Estimar o volume de madeira de *Eucalyptus grandis* em uma área pertencente à empresa C.Vale - Cooperativa Agroindústria;
- Obter o volume das diferentes classes de DAP existentes na área, e avaliar a quantidade de volume em cada classe de DAP.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O eucalipto (*Eucalyptus* sp.) ocorre naturalmente na Austrália, Indonésia e ilhas próximas. O gênero *Eucalyptus* pertence à família das Myrtáceas, com cerca de 600 espécies e sub-espécies, e apresenta uma ampla plasticidade e dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em diferentes situações edafoclimáticas, extrapolando àquelas das regiões de origem. Menos de 1 % dessas 600 espécies têm sido usadas com propósitos industriais. Assim, o uso do eucalipto na indústria mundial é baseado em duas espécies, principalmente: *E. globulus*, *E. grandis* e seus híbridos com *E. urophylla* (Cotterill & Brolin, 1997).

O Brasil vem se destacando no setor de florestas plantadas por apresentar um grande potencial de crescimento, potencial este relacionado ao menor custo e ciclo de produção, e maior produtividade apresenta ainda vantagens sobre outros países devido às condições naturais favoráveis, desta forma se torna indispensável quantificarmos a quantidade e qualidade de biomassa existente em uma determinada área.

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, a difusão da umidade através da madeira e a vazão de água livre.

Durante a secagem, é necessário o fornecimento de calor, para que a umidade do material evapore 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).

A secagem ao ar livre é mais ativa nas épocas do ano em que a temperatura é mais elevada e a umidade relativa do ar mais baixa. Sua eficiência e velocidade dependem ainda da circulação do vento nas diferentes posições da pilha de madeira (BAUER, 1985).

A curva típica de secagem é uma maneira prática e bem-sucedida de avaliar e controlar a secagem natural no local onde é montada uma pilha de secagem de peças de madeira. A partir de algumas amostras controla-se a massa sistematicamente até que ela atinja uma massa constante. Ao atingir essa massa, toda a pilha poderá ser considerada seca ao ar livre (BRAZ et al., 2015).

A densidade básica da madeira tem sido um índice de qualidade consagrado pelos pesquisadores e melhoristas florestais. O desenvolvimento alcançado pela genética

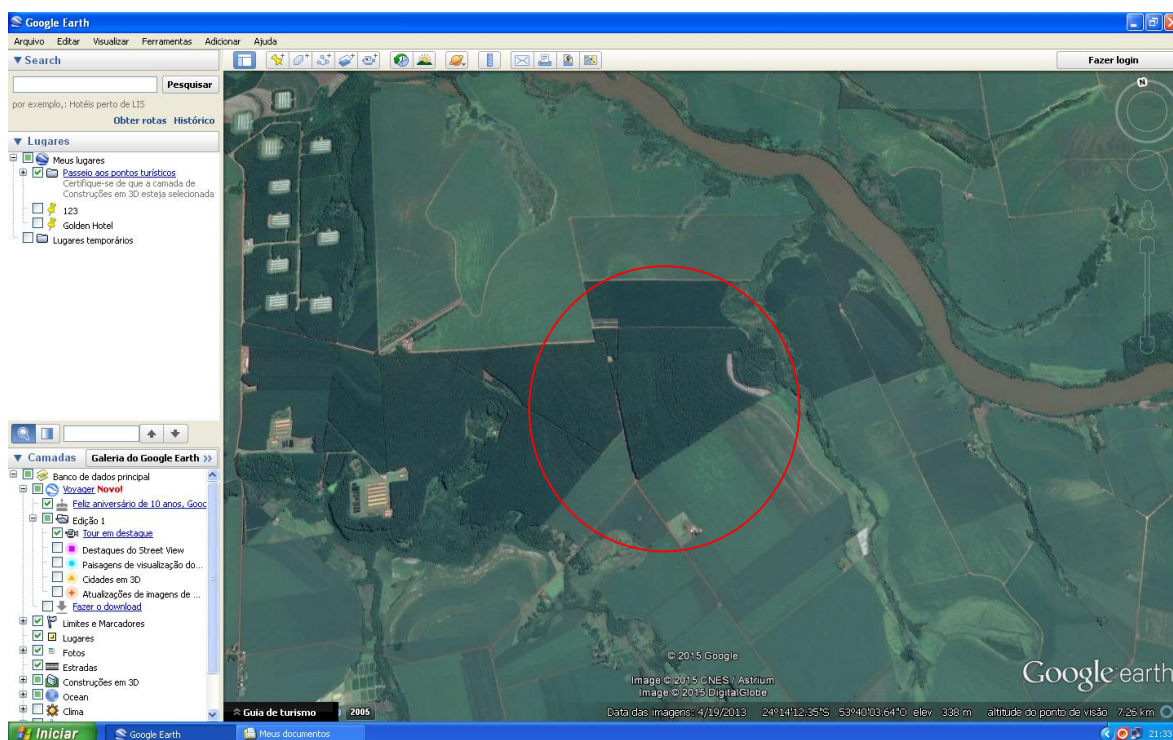
florestal coadjuvado pelos ganhos obtidos no rendimento volumétrico, foram as primeiras etapas de um programa onde se procurou melhorar a qualidade da madeira. Dentre os padrões de qualidade de madeira procurados, a densidade básica foi o que mais se sobressaiu por ser o de mais fácil manuseio e de comprovada alta herdabilidade (BRASIL et al., 1979).

3 METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

A área onde foram coletadas as amostras para o experimento pertence à empresa C.Vale - Cooperativa Agroindustrial, localizada no município de Palotina, Latitude: 24° 16' 54" Sul Longitude: 53° 50' 25" Oeste (FIGURA 1). A área está localizada na Vila Floresta com aproximadamente 350 hectares de Eucalipto. Conforme classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, caracterizado por verão quente e sem déficit hídrico, com temperatura média anual de 17,3°C e precipitação média igual a 1.500 mm anuais (FIOR et al., 2010).

FIGURA 1 – ÁREA DE 350 HECTARES PERTENCENTE A C.VALE.



3.2 COLETA DE DADOS DENDRIOMÉTRICOS

3.2.1 Cubagem

Para a obtenção de amostras foram utilizadas 28 árvores de *Eucalyptus grandis* com 13 anos de idade em parâmetro com área de 80 ha. As arvores- amostra foram derrubadas na segunda quinzena de março de 2015, com o auxílio de funcionários da C-Vale Cooperativa Agroindustrial (FIGURA – 2) e de acadêmicos do oitavo e nono semestre do curso de Agronomia da Universidade Federal do Paraná (UFPR) Setor Palotina.

FIGURA 2 - *Eucalyptus grandis* SENDO DERRUBADO NA BASE DO CAULE UTILIZANDO MOTOSSERA.



As arvores amostra foram selecionadas procurando representar a população. A variação de DAPs encontrado na população pode ser observado na (TABELA 4), item 4.1 ANÁLISE DE DADOS DENDRIOMÉTRICOS.

Cada árvore após ser derrubada teve sua haste principal cortada a cada dois metros e foram feitas medições de suas respectivas circunferências, que logo foram transformadas para diâmetro, técnica conhecida como cubagem. Para o cálculo de volume foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{volume} = \frac{g_1 + g_2}{2} \times h \quad \text{EQUAÇÃO (1)}$$

Onde: g_1 = área da base menor da secção;
 g_2 = área da base maior da secção;
 h = altura (no caso o comprimento da secção, 2m);

Foi realizado o cálculo de volume para todas as secções das arvores cubadas, obtendo-se o volume total de cada árvore pela soma do volume de suas respectivas secções.

3.2.2 Amostragem da área total

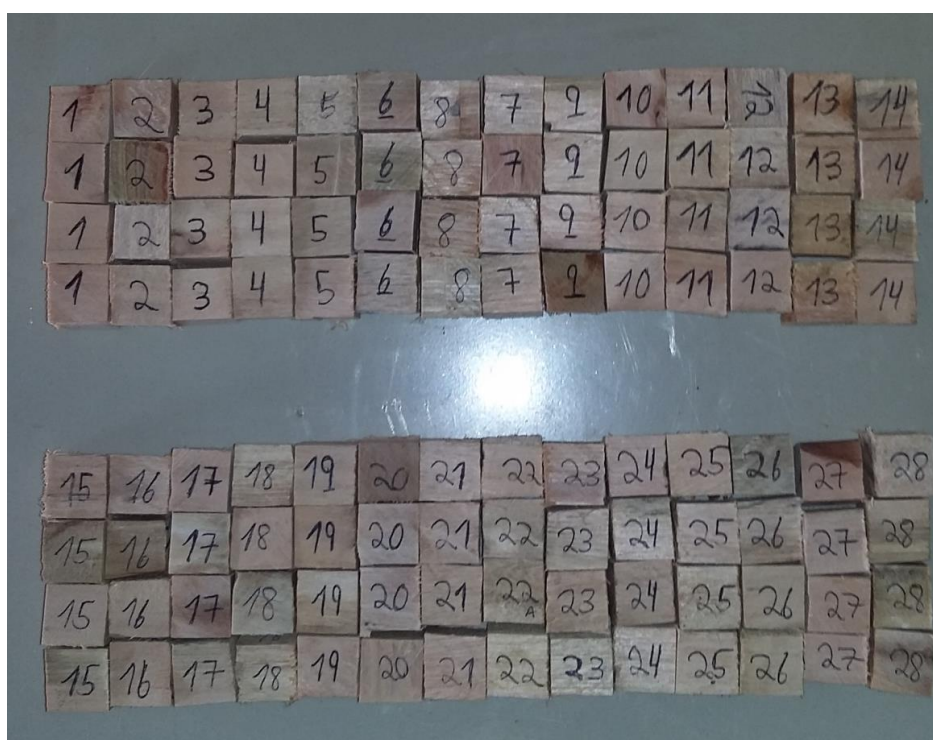
Para o procedimento de amostragem foram utilizadas 32 parcelas de aproximadamente 25m X 20m, em uma distância aproximadamente de 50 metros entre elas, distribuídas em locais distintos procurando representar toda a área. Para realizar o procedimento de amostragem utilizou-se de grupos de 4 ou 5 pessoas. O processo consistiu em determinar um local com as dimensões citadas anteriormente e então realizar a medição do DAP (diâmetro à altura do peito) de todas as arvores da área.

3.3 COLETA DE AMOSTRAS

Para a coleta de amostras para determinação da densidade básica e curva característica de secagem, foram utilizadas as 28 toras do item (3.2.1 Cubagem), da extremidade superior de cada tora foi retirado um disco de aproximadamente 5 cm de espessura.

Cada disco foi cortado em 4 partes iguais, formando 4 quadrantes com ângulo de 90° (FIGURA 3). Da parte interna de cada quadrante foram cortados cubos de aproximadamente 3cm x 3cm x 3cm identificado conforme o respectiva tora, formando 4 sub-amostras, totalizando 112 cubos, conforme (FIGURA 4).

FIGURA 3 - DISCOS CORTADOS EM 4 PARTES, FORMANDO 4 QUADRANTES.

FIGURA 4 - 112 CUBOS - AMOSTRA DE *Eucalyptus grandis*.

O procedimento de coleta de amostras para determinação do teor de umidade foi repetido de 15 em 15 dias, totalizando 6 coletas do dia 02/04/2015 ao dia 12/06/2015.

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Foram utilizados valores obtidos na cubagem para estimar o volume das arvores amostradas, através da análise de regressão. A análise de regressão consiste em analisar quanto uma variável influencia no valor da outra. Neste caso o DAP obtido nas áreas amostradas para estimar o volume das arvores através dos parâmetros estimados pela regressão.

É feita a estimativa do volume devido sua difícil obtenção, já que é necessário conhecimento da altura e a correção a partir do fator de forma da espécie. Logo utiliza-se o DAP como variável para a estimativa, devido a sua fácil obtenção e relação com o parâmetro volume.

A elaboração dos dados estatísticos foi realizada obtendo a soma dos quadrados de x ($\sum x^2$), somatória de x ($\sum x$), média de x (\bar{x}), soma dos quadrados yy ($\sum y^2$), somatória de y ($\sum y$), média de y (\bar{y}) e soma dos produtos de $x \times y$ ($\sum x \times y$).

Após fez-se necessário corrigir as somatórias dada por:

$$\sum x^2_c = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}, \text{ para } \sum x^2 \text{ corrigido}; \quad (1)$$

$$\sum y^2_c = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}, \text{ para } \sum y^2 \text{ corrigido}; \quad (2)$$

$$\sum xy_c = \sum xy - \frac{\sum x \times \sum y}{n}, \text{ para } \sum xy \text{ corrigido}; \quad (3)$$

n = numero de itens da
variável

A partir desses dados realizou-se a estimativa da quantidade de madeira existente na área dada por:

$$y = b_0 + b_1x + \text{erro}$$

Onde: b_0 e b_1 = coeficientes estimados, descritos a mais adiante;

x = variável independente (DAP);

erro = zero;

Para os coeficientes b_0 e b_1 foram utilizadas as seguintes equações:

$$b_0 = \bar{y} - b_1\bar{x} \quad (1)$$

$$b_1 = \frac{\sum xy}{\sum x^2} \quad (2)$$

Onde: \bar{y} = média da altura (y) da cubagem

\bar{x} = média do DAP(x) da cubagem

$\sum xy$ = somatória de $x \times y$

$\sum x^2$ = somatória de x^2

Realizou-se também a análise de variância dos dados, afim de se saber a veracidade dos dados quanto as variáveis se relacionam estatisticamente.

3.5 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA

Visando a determinação da Densidade Básica, as amostras foram submersas em água para saturação até massa constante, foi realizada a pesagem da massa saturada (MS) (Barbosa e Ferreira 2004). As amostras foram então secas em estufa com circulação forçada de ar a 103 ± 2 °C até massa constante, quando foi determinando sua massa seca (ms). A massa foi considerada constante quando a diferença entre duas pesagens consecutivas, com diferença de 24 horas, foi inferior a 1%. A Densidade Básica das

amostras foi calculada pela equação proposta por Smith (1954), tendo como base o máximo teor de umidade.

$$Db = \frac{1}{\frac{MS-ms}{ms} + \frac{1}{1,53}} \quad \text{EQUAÇÃO (2)}$$

Onde: Db: Densidade básica (g.cm⁻³)
 MS: Massa saturada em gramas (g)
 ms: Massa seca em gramas (g)

3.6 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE (TU)

As amostras foram encaminhadas ao laboratório, onde foram pesadas obtendo-se a massa úmida (M₁), e secas em estufa com circulação forçada de ar a 103 ± 2 °C até massa constante, determinando sua massa seca (M₂). A massa foi considerada constante quando a diferença entre duas pesagens consecutivas, com diferença de 24 horas, foi inferior a 1%. O Teor de Umidade (TU) foi calculado em relação a base seca.

$$TU = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100 \quad \text{EQUAÇÃO (3)}$$

Onde: TU :Teor de umidade (%)
 M₁: Massa úmida em gramas (g)
 M₂: Massa seca em gramas (g)

4 RESULTADOS / ANÁLISE DOS DADOS

4.1 ANÁLISE DE DADOS DENDRIOMÉTRICOS

Os dados obtidos a partir da análise de variância estão apresentados na TABELA 1.

TABELA 1 – RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA.

R ²	0,98
S _{yx}	0,06
S _{yx} %	10%

Os resultados obtidos apresentaram pouca dispersão dos dados em relação a reta no gráfico, como podemos observar pelo r^2 de 0,98, chegando próximo ao 1,0, onde não há dispersão em relação a reta.

Os parâmetros são apresentados conforme a (TABELA 2).

TABELA 2 – PARÂMETROS b_0 e b_1

Regressão de volume	
b ₁	0,0000334233
b ₀	0,0241662310

Com a aplicação dos valores desses parâmetros na equação utilizada para regressão, ($y = b_0 + b_1x + erro$) obteve-se os valores do volume das arvores.

Os valores obtidos para cada parcela em volume e número (TABELA 5). Observa-se também a estimativa do número de árvores por hectare conforme a densidade populacional observada nas parcelas utilizadas como amostra.

TABELA 3 – TABELA DE AMOSTRAGEM

Parcela	Área (m ²)	Nº de arvores/parcela	Nº de arvores / ha
1	513,58	49	954,09
2	522,416	47	899,6
3	514,662	44	854,9
4	541,93	41	756,5
5	534,67	40	748,1
6	513,513	46	1129,47
7	488,388	60	1228,5
8	525,25	89	1693,4
9	517,83	53	1023,5
10	532,48	74	1389,72
11	544,38	91	1653,25
12	559	60	1073,3
13	507,78	59	1161,9
14	525,48	46	894,41
15	528,25	36	700
16	521,86	83	1590,4
17	510,64	59	1155,4
18	529,53	65	1227,5
19	504,7605	42	832
20	484,515	56	1155,79
21	500	45	900
22	542,34	89	1641
23	500	74	1500
24	500	68	1380
25	500	75	1500
26	500	59	1180
27	500	35	700
28	500	35	700
29	506,25	28	553
30	500	31	620
31	496,275	58	1168,7
32	507,575	55	1083,5
TOTAL	16473,3545	1792	35047,93

As arvores existentes na área foram divididas por classe (TABELA 4). A divisão em classes é interessante pois possibilita manejar a produção de maneira que traga maior lucro ao produtor, já que a madeira possui diferentes finalidades com preços variados, dependendo de suas características.

TABELA 4 – VOLUME DE MADEIRA POR CLASSE/HA

Classe	N	Cc (DAP)	H (m)	Vol (m3)	Vol (tot)
1	86	7,25	13,97209	0,048712604	4,189284
2	354	13,48	23,91926	0,169436719	59,9806
3	343	19,71	30,01259	0,413862827	141,9549
4	226	25,94	34,41773	0,798221541	180,3981
5	72	32,16	37,865	1,333106679	95,98368
6	12	38,39	40,70499	2,029255772	24,35107
7	2	44,62	43,11695	2,893340876	5,786682
				Vol (m3/ha)	512,6443

Podemos observar na área algumas árvores com diâmetros superiores à 30cm. Uma opção interessante é buscar um melhor destino a essas árvores, já que podem ser utilizadas para madeira e então adquirirem alto valor no mercado.

O volume total de madeira na área é baixo em relação ao tempo à campo. No período que o sistema florestal ficou implantado seria capaz da realização de 2 cortes, podendo até dobrar o rendimento da área.

Outro fator que desqualifica a recomendação de ter deixado tanto tempo a floresta à campo é que o eucalipto tem sua taxa de crescimento reduzida após o sexto ano, reduzindo ainda mais a cada ano, justificando o grande aumento do lucro caso fosse realizado os 2 cortes.

4.2 DENSIDADE BÁSICA

Os valores e as medias obtidas para a densidade de madeira estão apresentados na TABELA 5.

TABELA 5 - DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis* (g cm⁻³)

AMOSTRA	DENSIDADE BSICA Db (g cm ⁻³)	AMOSTRA	DENSIDADE BÁSICA Db (g cm ⁻³)
1	0,658	15	0,580
2	0,548	16	0,599
3	0,578	17	0,547
4	0,561	18	0,604
5	0,530	19	0,569
6	0,482	20	0,568
7	0,513	21	0,650
8	0,581	22	0,643
9	0,619	23	0,609
10	0,569	24	0,542
11	0,595	25	0,611
12	0,537	26	0,643
13	0,585	27	0,589
14	0,638	28	0,611
MÉDIA		0,584	
DESVIO PADRÃO		0,0423	

O valor médio da Densidade Básica encontrado para *Eucalyptus grandis* nesse trabalho foi de 0,584 g cm⁻³. No trabalho de Ferreira (1972), o autor identificou a densidade de 0,569 g cm⁻³ para *Eucalyptus grandis* com 13 anos. Isso implica em dizer que a análise foi bem-sucedida e que a densidade média da espécie em questão é essa para estes povoamentos.

O estudo da Densidade Básica é uma das principais características a serem avaliadas em um povoamento florestal. Para uso comercial é importante que se tenha uma determinada densidade de acordo com a finalidade pretendida. A produção de carvão vegetal utilizado na siderurgia, a produção de cavaco para o uso em secadores de grãos requerem densidades mais elevadas, enquanto o uso da madeira em fabricas de celulose requerem densidades intermediarias.

A densidade de 0,584 g.cm⁻³ encontrado para o *Eucalyptus grandis* é considerada adequada para a finalidade que está sendo usada na C-Vale –Cooperativa Agroindustrial, que é a produção de cavaco para queima em secadores de grãos. A Densidade Básica é um dos fatores que influenciam o rendimento energético, portanto é o que define a

quantidade de energia estocada por metro cúbico de madeira. Espécies utilizadas para queima direta de madeira devem ser escolhidas com base em seus valores. A Densidade Básica varia em função da constituição química da madeira e das concentrações de celulose, hemicelulose, lignina, substâncias minerais.

A Densidade Básica é um dos indicadores de qualidade de madeira mais importantes, estando diretamente relacionada com a produção de matéria seca, com propriedades físico- mecânicas e pode ser facilmente determinada. Densidade de madeira mais elevada resulta em maior resistência do carvão, maior quantidade de massa enfornada, reduzindo custos de produção e aumentando a produtividade nas unidades de produção de carvão.

À medida que as árvores envelhecem sua Densidade Básica aumenta. A população de árvores estudadas no trabalho apresentam 13 anos sendo este um dos fatores que influenciaram esta população ter uma densidade básica com bom potencial calorífero.

4.3 TEOR DE UMIDADE

Os resultados obtidos para o teor de umidade da madeira estão apresentados na TABELA 6 e GRAFICO 1.

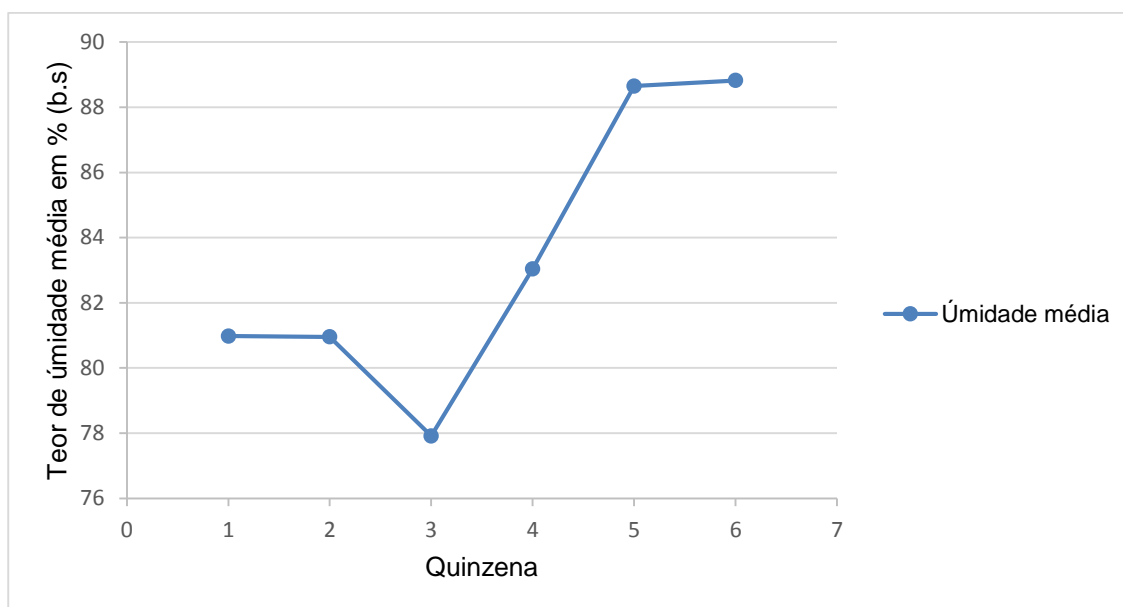
TABELA 6 – TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA DE *Eucalyptus grandis*.

DATA DA AMOSTRAGEM	02-04	18-04	30-04	15-05	29-05	12-06
AMOSTRA						
1	74,52	70,77	70,26	72,62	69,89	78,73
2	78,54	76,61	89,44	82,08	93,69	80,56
3	80,28	89,06	83,47	86,42	87,74	94,83
4	85,12	102,24	87,59	80,67	80,52	89,99
5	113,99	65,11	95,97	104,98	112,71	124,53
6	114,77	112,55	93,09	106,37	99,18	91,77
7	110,80	94,12	88,96	106,53	106,65	110,03
8	87,85	84,71	80,03	84,67	88,09	88,15
9	88,32	77,88	71,61	77,08	84,53	88,25
10	97,45	93,21	76,48	81,49	103,23	108,79
11	57,52	66,15	77,99	81,98	89,60	87,02
12	100,13	118,92	111,20	120,67	109,64	133,72
13	39,82	41,89	52,09	44,72	79,42	50,64
14	68,92	62,43	52,90	71,13	82,14	79,28
15	91,63	85,14	80,43	80,57	89,08	87,51
16	70,05	80,54	70,77	93,49	95,05	84,13
17	98,85	102,04	93,88	102,84	99,18	101,42
18	48,07	67,38	54,40	58,21	76,49	51,88
19	97,31	97,86	92,81	88,53	87,27	91,20
20	100,27	122,55	111,11	107,30	111,16	117,01
21	61,87	64,82	59,77	67,19	79,41	80,18
22	51,22	72,40	57,98	68,66	69,94	75,00
23	83,16	71,07	74,88	69,96	76,33	76,97
24	93,09	81,32	79,30	94,77	85,72	97,31
25	72,72	59,63	60,36	64,97	80,12	72,33
26	51,26	66,88	70,91	77,91	75,40	66,93
27	77,83	80,63	73,06	78,30	89,33	86,30
28	71,98	58,90	70,86	71,15	80,64	92,56
MÉDIA:	80,98	80,96	77,91	83,04	88,65	88,82
DESVIO PADRÃO	19,851	18,899	15,582	16,688	11,914	18,425

Podemos observar na TABELA 2 que é possível obter dados relativos a secagem da madeira, porém, devido à alta pluviosidade do período, e o fato da madeira não ter sido armazenada empilhada exposta ao sol, dificultou a secagem da madeira.

4.4 CURVA CARACTERÍSTICA DE SECAGEM DA MADEIRA

GRAFICO 1 CURVA CARACTERÍSTICA DE SECAGEM



Observa-se resultados, que houve um decréscimo no teor de umidade nas três coletas das quinzenas iniciais, e após, houve um aumento devido as chuvas que ocorreram na região e ao fato das coletas terem ocorrido logo após as mesmas. Outro fator que influenciou negativamente nos resultados da secagem, foi o fato das árvores não terem sido cortadas em toras de menor comprimento e expostas ao sol, permanecendo sombreadas no meio do povoamento. Durante a secagem, a água se movimenta de zonas de alta umidade para zonas de baixa umidade, o que significa que a parte externa deve estar mais seca do que o interior da madeira, para que haja secagem (Ponce & Watai, 1985).

A secagem da madeira reduz o seu peso e, em consequência disso, reduz gastos com transporte, proporciona maior resistência contra fungos apodrecedores e contra a maioria dos insetos xilófagos, melhora as propriedades mecânicas da madeira tais como resistência, flexão, compressão e dureza. A resistência das uniões ou juntas feitas com pregos e parafusos é maior em madeira seca. A madeira úmida não se presta para colagem ou tratamento preservativo pela maioria dos processos industriais. A maioria das deformações, empenamentos e rachaduras ocorrem durante a secagem. A secagem aumenta a resistência elétrica da madeira, tornando-a isolante e melhorando suas

propriedades de isolamento térmico, além de facilitar as operações de beneficiamento secundário, como torneamento, furação e ligamento.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados de Densidade Básica encontrado para a espécie em estudo de $0,584 \text{ g cm}^{-3}$, um valor considerado adequado para a finalidade que esta sendo usada na C.Vale – Cooperativa Agroindustrial que é a produção de cavacos para queima em secadores de grãos.

Com base nos resultados, conclui-se que a maior secagem ocorreu na segunda quinzena de abril.

Foi possível obter dados relativos a secagem da madeira, porém, devido à alta pluviosidade do período ao fato da madeira não ter sido armazenada empilhada exposta ao sol, a definição da correta curva de secagem da madeira foi prejudicada.

A curva característica de secagem é uma importante ferramenta de estudo para melhorar a otimização do processo de secagem.

A estimativa do volume das arvores através da análise de regressão é bastante satisfatória, estabelecendo informações com veracidade bastante confiável, porém é necessário bastante aptidão crítica no momento da amostragem e cubagem, a fim de representar toda a área.

O rendimento em volume de madeira da área é baixo em relação ao tempo à campo, porém uma logística bem trabalhada, buscando-se agregar o maior valor possível nos diferentes diâmetros de toras existentes, pode ajudar a resgatar o lucro perdido.

REFERÊNCIAS

- BRITO, José Otávio et al. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, Piracicaba (sp), v. 21, n. 59, p.185-193, 12 fev. 2007.
- ZANUNCIO, Antônio José Vinha et al. Secagem ao ar livre da madeira para produção de carvão vegetal. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 3, p.401-408, 2014. FapUNIFESP (SciELO). DOI: 10.1590/2179-8087.028713
- ZANUNCIO, Antônio José Vinha. **Influência da secagem da madeira de Eucalyptus e Corymbia na produção e qualidade do carvão**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2013.
- 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, 2006.
- HART, C. A. **The drying of wood**. Raleigh: North Carolina Agriculture Extension Service, 1966. 24 p.
- MARTINS, V. A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: Gutenberg, 1988. 56p.
- PONCE, R. H.; WATAI, L. T. **Secagem da madeira**. Brasília: Instituto de Pesquisa Tecnológica, 1985. 72p.
- SANTINI, E. J. Métodos usuais de secagem da madeira. In: SEMINÁRIO SOBRE SECAGEM DA MADEIRA, 1, 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Centro de Pesquisas Florestais/UFSM, 1992, p. 47-59.
- FIOR, C. S.; RODRIGUES, L. R.; CALIL, A. C.; LEONHARDT, C.; SOUZA, L. dos S. de; SILVA, V. S. da. Qualidade fisiológica de sementes de guabijuzeiro (*Myrcianthes pungens* (Berg) Legrand – Myrtaceae) em armazenamento. **Árvore**, Viçosa, v.34, n.3, p.435-442, 2010.
- Foelkel, C.E.B.; Brasil, M.A.M.; Barrichelo, L.E.G. 1971. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2/3: 67-74.
- Barbosa, R.I.; Ferreira, C.A.C. 2004. **Densidade básica da madeira de um ecossistema de “campina” em Roraima, Amazônia Brasileira**. Acta Amazonica, 34(4): 587-591.
- PONCE, R.H.; WATAI, L.T. **Manual de secagem da madeira**. São Paulo: STI; IPT, 1985. 70p. (Série Documentos, 22).
- COTERRIL, P.P.; BROLIN, A. **Improving Eucalyptus wood, pulp and paper quality by genetic selections**. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT

OF EUCALYPT, 1997, Salvador. Proceedings. Colombo: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1997. p.1-13.

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.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1985. 705 p.

BRAZ, Rafael Leite et al. **Curva Característica de Secagem da Madeira de Tectona grandis e Acacia mangium ao Ar Livre**. Floresta e Ambiente 2015; 22(1):117-123.

BRASIL, Maria Aparecida de Mourão et al. **Densidade Básica de Madeira de Eucalyptus grandis HILL EX MAIDEN, aos 3 Anos de Idade**. 1979; 19 : 63-69.

FERREIRA, Mario. **Variação da Densidade Básica da Madeira de Povoamentos Comerciais de Eucalyptus grandis HILL EX MAIDEN nas Idades de 11, 12, 13, 14, e 14 anos**. IPEF n.4, p.65-89, 1972



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
SETOR PALOTINA

ATESTADO DE CORREÇÃO

Eu Prof. Roberto Rochadelli, atesto que a discente João Paulo Borkowski, GRR 20112937, realizou as correções solicitadas pela banca examinadora de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rochadelli', is written over a horizontal line.

Prof. Roberto Rochadelli
Orientador

Palotina, 20 de maio de 2016.