

**DAVID EVANDRO FERNANDES**

**INFLUÊNCIA DA PRODUTIVIDADE DE CLONES  
HÍBRIDOS DE EUCALIPTO NA DENSIDADE DA  
MADEIRA E OS IMPACTOS NA POLPAÇÃO  
KRAFT**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel, para obtenção do título *Magister Scientiae*

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2010**

**DAVID EVANDRO FERNANDES**

**INFLUÊNCIA DA PRODUTIVIDADE DE CLONES  
HÍBRIDOS DE EUCALIPTO NA DENSIDADE DA  
MADEIRA E OS IMPACTOS NA POLPAÇÃO  
KRAFT**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel, para obtenção do título *Magister Scientiae*

APROVADA: 26 de Abril de 2010

---

Prof. Jorge Luiz Colodette  
(Co-orientador)

---

Prof. Claudio Mudado da Silva  
(Co-orientador)

---

Prof. José Lívio Gomide  
(Orientador)

Dedico este trabalho a três pessoas, que são parte fundamental de minha vida, minha mãe e meu pai, Zizi e Ruy (*in memoriam*), que me deram proteção, amor e grande exemplo de humildade e determinação, decisivos em minha formação pessoal e profissional. A terceira pessoa é minha esposa Núbia, que entrou em minha vida em um certo momento, se dedicando intensamente a mim e a nossos filhos, dando sempre apoio e incentivo nos momentos de decisão, inclusive para realização do curso de mestrado, que culminou no desenvolvimento desta dissertação e principalmente naqueles que implicaram em grandes mudanças em nossas vidas.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as graças e oportunidades que recebi em minha vida.

À empresa Veracel Celulose SA, pelo apoio na realização do curso de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia de Celulose e Papel.

Aos professores do curso, pelos ensinamentos e orientações.

Aos meus orientadores, professores José Lívio Gomide e Jorge Colodette, pelo apoio e direcionamentos durante o curso e realização deste trabalho.

Aos meus colegas, pela saudável convivência durante nosso período de aulas.

Ao amigo Sebastião Machado Fonseca, pelas oportunidades profissionais e parceria técnica que temos desenvolvido a mais de 20 anos.

Ao amigo Prof. Acelino Couto Alfenas, pelos ensinamentos de patologia florestal e grande amizade que cultivamos.

Aos meus colegas de trabalho, Maria Zélia, Leonardo Rosse e Cláudio Ferreira, pelo apoio nas análises referentes ao experimento utilizado neste trabalho.

Aos meus filhos Vitor e Lucas, por terem se tornado tudo aquilo que sonhei para eles e por me inspirarem um amor eterno.

A Tati e Gis, tão bem vindas ao nosso convívio de família.

Aos meus irmãos, que me apoiaram em momentos importantes de minha vida.

## BIOGRAFIA

David Evandro Fernandes, filho de Ruy Machado Fernandes e Maria Olímpia A. Fernandes, nasceu em Desterro do Melo/MG, em 14 de Julho de 1957.

Em Barbacena/MG estudou da 1ª a 4ª série do 1º grau, tendo completado o ensino fundamental e cursado o 2º grau, no Colégio Arnaldo, em Belo Horizonte/MG.

Em 1977 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa/MG, sendo o mesmo concluído em dezembro de 1981.

Em 2001 e 2002, cursou Especialização em Tecnologia de Celulose e Papel, realizado “in-company”, pela Universidade Federal de Viçosa/MG.

Em Agosto de 2008, iniciou o curso de Mestrado Profissionalizante em Tecnologia de Celulose e Papel, pela Universidade Federal de Viçosa, com conclusão em Maio de 2010.

No período, Maio de 1982 a Maio de 2010, trabalhou para três empresas do setor florestal brasileiro, com foco em manejo e geração/seleção de clones híbridos de eucalipto, considerando parâmetros silviculturais e tecnológicos.

## ÍNDICE

LISTA DE TABELAS .....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT .....	IV
1 – INTRODUÇÃO .....	1
2 – REVISÃO DE LITERATURA .....	3
3 – MATERIAL E MÉTODOS .....	8
3.1 – Instalação do experimento .....	8
3.1.1 – Delineamento experimental, espaçamento e bordadura .....	8
3.1.2 – Preparo de solo .....	8
3.1.3 - Adubação de plantio .....	8
3.1.4 – Controle de plantas daninhas e combate a formigas .....	9
3.1.5 – Localização do experimento, solo e precipitação .....	9
3.1.6 - Croqui do experimento(para cada local) .....	10
3.2 – Mensuração e cálculo do volume .....	10
3.2.1 - Medição do Diâmetro (cm) .....	10
3.2.2 - Medição da altura (m) .....	10
3.2.3 - Sentido de caminhamento .....	11
3.2.4 - Avaliação Fenotípica das árvores .....	11
3.2.5 - Cálculo do volume .....	12
3.3 – Amostragem das árvores para análise .....	13
3.4 – Determinação da densidade básica .....	13
3.4.1 - Preparação da amostra.....	13
3.4.2 - Execução da análise .....	13
3.4.3 - Cálculos .....	15
3.5 – Determinação do rendimento de celulose .....	16
3.5.1 – Carga de álcali .....	16
3.5.2 - Cozimento.....	16
3.5.3 – Lavagem da celulose .....	16
3.5.4 – Determinação do número kappa .....	17

3.5.5 – Determinação do teor seco da polpa .....	17
3.5.6 – Determinação do rendimento em celulose .....	17
3.5.7 – Determinação da carga de álcali .....	17
4 – RESULTADO E DISCUSSÃO .....	18
6 – BIBLIOGRAFIA .....	31
APÊNDICES.....	33
APÊNDICE A - DADOS DO INVENTÁRIO.....	34
APÊNDICE B - DADOS DE DENSIDADE BÁSICA, POR REPETIÇÃO DE ANÁLISE .....	42
APÊNDICE C - ARTIGO EXTRAÍDO DESTE ESTUDO, PARA PUBLICAÇÃO .....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ocorrências possíveis com as árvores .....	12
Tabela 2 – Incremento médio anual dos clones aos 7 anos de idade .....	18
Tabela 3 - Análise de variância para Incremento Médio Anual ( $\text{m}^3/\text{ha}.\text{ano}^{-1}$ ) ..	19
Tabela 4 -Teste de médias, Tukey para o Incremento Médio Anual ( $\text{m}^3/\text{ha}.\text{ano}^{-1}$ ) .....	19
Tabela 5 – Densidade básica das madeiras, aos 7 anos de idade .....	21
Tabela 6 - Análise de variância para densidade básica ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) .....	22
Tabela 7 - Teste de médias, Tukey, para densidade básica ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) .....	22
Tabela 8 – Rendimento de cozimento kraft das madeiras dos clones .....	24
Tabela 9 - Análise de variância para rendimento de cozimento (%) .....	25
Tabela 10 - Teste de médias, Tukey, para rendimento de cozimento (%) .....	25
Tabela 11 – Carga de álcali efetivo dos cozimentos kraft .....	27
Tabela 12 - Análise de variância para carga de álcali (%) .....	28



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de medição da altura das árvores .....	11
Figura 2 - Sentido de caminhamento para a mensuração .....	11
Figura 3 - Equipamento para determinação de volume verde dos cavacos ....	15
Figura 4 - Correlação entre as médias de IMA e precipitação .....	20
Figura 5 - Correlação entre densidade básica e IMA, quanto as aspecto genético .....	22
Figura 6 - Correlação entre densidade básica e IMA, quanto ao aspecto ambiental .....	23
Figura 7 – Correlação entre densidade básica e rendimento de celulose, quanto ao aspecto genético .....	26
Figura 8 – Correlação entre rendimento e álcali efetivo, por região .....	29

## RESUMO

FERNANDES, David Evandro. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2010. **Influência da produtividade de clones híbridos de eucalipto na densidade da madeira e os impactos na polpação kraft.** Orientador: José Lívio Gomide. Co-orientadores: Jorge Luiz Colodette e Rubens Chaves de Oliveira.

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da produtividade de 15 clones híbridos de eucalipto, plantados em quatro regiões de precipitações pluviométricas distintas, na densidade básica da madeira e na polpação kraft.

A base do estudo foi um experimento de interação genótipo x ambiente, em que 48 clones híbridos de eucalipto foram plantados em quatro regiões distintas em termos de precipitação, na região extremo sul da Bahia. Os melhores 15 clones em termos de desempenho silvicultural foram selecionados para análise de densidade básica e polpação Kraft. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições por local e seis plantas por parcela. Aos 7 anos de idade, os clones foram mensurados e avaliados do ponto de vista silvicultural, ou seja, forma do tronco e da copa, além da incidência de doenças. Os 15 melhores clones tiveram suas madeiras amostradas e transformadas em cavacos, para posterior determinação de suas densidades básicas, também foram submetidos a cozimentos Kraft em digester Batch, contendo células para 250 gramas de cavacos. Os resultados indicaram diferença significativa de incremento médio anual entre as quatro regiões estudadas, mostrando efeito positivo da precipitação sobre a produtividade e a correlação entre o IMA e a densidade básica da madeira, baixa no aspecto genético e negativamente alta, no aspecto ambiental. Também foi observado menor rendimento de celulose dos clones na região onde ocorreu a menor produtividade e maior densidade da madeira, provavelmente pela maior dificuldade de impregnação dos cavacos pelo álcali. Contrariando outros estudos descritos em literatura, a demanda de álcali para polpação não apresentou correlação com o rendimento de celulose.

## ABSTRACT

FERNANDES, David Evandro. M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, April 2010. **Effect of eucalypts hybrids clones productivity on wood basic density and its impacts on kraft pulping.** Adviser: José Lívio Gomide. Co-advisers: Jorge Luiz Colodette and Rubens Chaves de Oliveira.

The objective of this study was to analyze the effect of fifteen eucalypt clones forest productivity on wood basic density and kraft pulping yield. Four regions with different raining intensities were used for this study. The base was a trial of genetic and environmental interaction, testing 48 hybrids eucalypt clones, of which 15 with better silvicultural performance were selected for basic density and kraft pulping yield analysis. Results obtained demonstrated significant differences in forest annual growth increments and the correlation between forest productivity and wood basic density, showed itself low, concerning genetic aspect and negatively high, considering environmental aspect. It was also detected lower pulping yields for eucalypts clones planted in lower productivity regions and having higher wood density. Differently from other studies published by technical literatures, the alkali charge for pulping did not show significant correlation with pulping yield.

## 1 – Introdução

O crescimento da população mundial e o conseqüente aumento do consumo de produtos de toda sorte, vem provocando nos últimos tempos, intensa discussão sobre a sustentabilidade da vida no planeta. Uma questão fundamental nesta discussão é a necessidade de se produzir utilizando matéria prima renovável e dentro deste contexto, a madeira merece destaque, pela diversidade de produtos que dela podem ser originados. Ocorre porém, que a produção de madeira através de plantações homogêneas de rápido crescimento vem sendo combatida por alguns segmentos da sociedade, principalmente organizações não-governamentais, que combatem a ocupação do solo por esta atividade, alegando se tratar de extensos monocultivos que competem com a produção de alimentos para saciar a fome da população em todo o mundo.

Assim, surge a necessidade das empresas de base florestal, perseguirem intensamente aumentos de produtividade, seja do ponto de vista silvicultural com incrementos de volume ou tecnológico via qualidade da madeira, com impactos positivos no processamento industrial e na qualidade do produto final. Para atingir metas cada dia mais desafiadoras, trabalhos de pesquisa e desenvolvimento devem ser concomitantemente conduzidos nas áreas de manejo das plantações e melhoramento genético.

Para as empresas do setor de celulose e papel, a questão fundamental nos programas de melhoramento genético é a produtividade de fibras, medida em toneladas por hectare/ano. Seu cálculo é realizado dividindo-se o incremento médio anual (IMA) pelo consumo específico de madeira, que por sua vez, é função da densidade básica e do rendimento de celulose. Assim, tornam-se de suma importância as correlações entre estes parâmetros, ou seja, produtividade, densidade da madeira e rendimento de celulose.

Na literatura são encontradas muitas citações sobre a correlação entre a taxa de crescimento das árvores e a densidade da madeira, sendo possíveis três modelos: correlação positiva, negativa ou nula, embora para a maioria dos casos, a correlação negativa(maior taxa de crescimento implicando em menor

densidade) seja a mais aceita. (MALAN, 1991 e Wang, 1984, citados por Downes, 1997; MIGLIORINI, 1986 e FONSECA et al., 2001).

A densidade da madeira é um parâmetro de muita significância na indústria de celulose, onde tem forte influência no consumo específico ( $m^3$  de madeira/tonelada de celulose) e em propriedades da polpa, como “bulk” e índice de tração, dentre outras. Tornou-se muito utilizada em programas de melhoramento e seleção de árvores, devido a sua alta herdabilidade e à relativa facilidade de determinação.

Para a polpação Kraft, os trabalhos encontrados na literatura têm relatado correlação negativa entre o rendimento de celulose e a carga alcalina. Mas em relação à correlação entre a densidade básica e o rendimento de celulose, os resultados são controversos, há casos em que a mesma é positiva e outros em que praticamente não existe. Uma hipótese para explicar este fato, poderia ser a faixa de variação da densidade básica, entre os materiais genéticos utilizados nos estudos, indicando pouca ou nenhuma correlação para as faixas mais estreitas e correlação positiva, quando ocorre maior variação entre as densidades.

## 2 – Revisão de literatura

Como já mencionado, há controvérsia na literatura especializada, com referência a correlação entre taxa de crescimento das árvores e densidade básica da madeira, estudos demonstram a existência de forte correlação positiva entre a densidade da madeira e dimensões das fibras, principalmente a espessura da parede celular e o comprimento (SILVA JUNIOR, 1997 e ALMEIDA, 2003) que, por sua vez, variam em função da idade das árvores e da taxa de crescimento. Outra característica que deve ser considerada é a grande proporção de madeira juvenil, caracterizada por apresentar fibras com paredes mais finas e de menor comprimento, existente no tronco de árvores em áreas de rápido crescimento (TOMAZELO, 1987). O lenho juvenil é formado nos primeiros anos de crescimento do tronco, na região da medula, apresentando paredes celulares mais finas, menor diâmetro celular, menores comprimentos das fibras e dos vasos, teores mais baixos de celulose e glucomanas, mais xilanas e lignina, além de maiores quantidades de fibras e vasos (KOGA, 1988 citado por TRUGILHO et al. 1997).

Malan(1991), citado por Downes(1997), estudando 18 famílias de irmãos completos de *E. grandis* aos 8,5 anos de idade, comparou a densidade básica em famílias de rápido e de baixo crescimento, concluindo que famílias de rápido crescimento tiveram significativamente menor densidade. Herdabilidades estimadas de densidade básica nas porções externa, média e interna do raio variou de 0,35 a 0,51 indicando haver considerável potencial para seleção de árvores de rápido crescimento e densidade alta.

Também citado por Downes (1997), Wang et al.(1984) estudaram a variação de densidade básica em 20 famílias de meios-irmãos de *E grandis*, na Flórida. Amostras a 25 % da altura das árvores mostraram significativas diferenças entre famílias, bem como, entre indivíduos. Altas herdabilidades foram detectadas (0,83 entre famílias e 0,80 entre indivíduos) indicando a proporção da variação que foi devida à diferença genética.

Shimoyama e Barrichelo(1990) fizeram as seguintes citações, relacionadas a este assunto:

a) Ferreira(1968) estudando a densidade básica da madeira de árvores de *E. saligna* e *E. alba*, concluiu haver alta variabilidade entre as referidas espécies e entre árvores, sugerindo que para os programas de melhoramento genético deve-se considerar a densidade básica como índice de seleção de árvores matrizes.

b) Ferreira e Kageyama(1978), informaram que há uma alta variação individual na densidade da madeira de eucalipto com possibilidade de seleção de árvores com alta taxa de crescimento e densidade alta ou baixa.

c) Kageyama et al.(1983) estudaram a variação genética para densidade básica da madeira em progênies de *E. grandis* em três locais, encontrando altos coeficientes de herdabilidade, o que revela o alto grau de controle genético na qualidade da madeira. No melhoramento florestal é de grande importância se conhecer as correlações genéticas e fenotípicas entre a característica a ser melhorada e as demais características da árvore, como por exemplo, densidade básica e crescimento.

d) Falconer(1981) cita que características correlacionadas são de interesse por três razões: em primeiro lugar é importante conhecer como o melhoramento de uma característica pode causar mudanças simultâneas em outras; em segundo lugar é importante conhecer a ação pleiotrópica dos genes, pois esta ação é a principal causa da correlação genética; em terceiro lugar é a relação entre uma característica métrica e o poder adaptativo, importante na seleção natural.

A interação genótipo x ambiente possui muitas definições, mas todas elas podem ser reduzidas a uma única implicação prática, de que uma população ou indivíduo ótimo em um local, para uma dada característica, não é necessariamente o melhor em outros locais, conforme Barnes et al.-1984, citado por Morais(1987)

Citados por Downes(1997), Bamber e Humphreys(1963), comparando diferentes procedências de *E. grandis*, concluíram que o efeito do rápido crescimento na redução da densidade básica da madeira era devido à maior quantidade de madeira juvenil. Hans et al.(1972), analisaram as densidades da madeira em discos de *E. grandis* contendo anéis de crescimento de diferentes

larguras, o que indicava diferentes taxas de crescimento, e detectaram valores mais baixos de densidade nos anéis mais largos, ou seja, aqueles relacionados com rápido crescimento.

Fonseca et al.(2001), analisaram 05 clones híbridos naturais de *E. grandis*, na região Vale do Rio Doce/Minas Gerais, amostrando árvores plantadas em condições de baixada(área plana baixa), encosta(área inclinada) e topo(área plana alta), nas mesmas condições climáticas, espaçamento, adubação e idade(7 anos). Os autores verificaram clara tendência de aumento da densidade básica a medida que a produtividade decrescia no sentido de baixada para encosta/topo, o que ocorreu para os cinco clones estudados.

Em estudo conduzido por este mesmo autor, na região Vale do Rio Doce em Minas Gerais, 265 árvores aos 6 anos de idade foram selecionadas em testes de progênies híbridas, tendo sido medidas as alturas e DAP das mesmas, para cálculo dos respectivos volumes individuais. Amostras de 1 metro foram retiradas de todas as árvores a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial, para obtenção de cavacos e determinação da densidade básica, utilizando o método da balança hidrostática. Os resultados mostraram ausência de correlação entre volume individual e densidade básica quando se avaliava indivíduos(árvores) dentro de uma população ou de progênies. Esta observação abre grande espaço para seleção de árvores com alto volume, alta ou baixa densidade básica. Tais indivíduos, através de clonagem podem ser multiplicados, para serem testados segundo outros parâmetros, como: desempenho silvicultural, resistência a doenças e vento, percentagem de casca, etc.

Ferreira(1968), citado por Migliorini(1986), trabalhando com populações híbridas de *E. saligna*, verificou que árvores mais vigorosas possuem, em média, maior densidade básica dos que as menos vigorosas. Embora tenha havido aumento da densidade básica média em função do diâmetro, as variações individuais persistiram tendo sido encontradas árvores vigorosas com baixa densidade básica, ou o inverso. Em relação ao *E. Alba* (híbridos de Rio Claro), este autor cita que a densidade básica não é função do vigor das árvores.



Elliot(1970), citado por Migliorini(1986), ressalta uma série de trabalhos em que se encontrou correlação negativa entre o ritmo de crescimento e a densidade básica da madeira e outros em que tal correlação revelou-se inexpressiva. Cita ainda que tais divergências têm sido atribuídas a modelos de amostragem, idade da árvores amostradas em associação com o grau de competição entre as mesmas, disponibilidade de água também associada ao grau de competição e influência das características da copa na época da amostragem. Das informações disponíveis, o autor conclui que os valores médios da densidade, em florestas sob manejo regular, tendem a aumentar dos estratos superiores para os inferiores.

Com relação ao cozimento Kraft, também podem ser encontradas várias citações em literatura especializada, como a que seguem:

Gomide et al.(2005), citam que Lanna et al.(2001), realizaram estudo com madeiras de clones de *Eucalyptus* e demonstraram vantagens na utilização de madeiras com densidades básicas mais baixas. Informaram ainda que essas vantagens corresponderiam à necessidade de utilização de menores cargas alcalinas, com reflexos favoráveis no rendimento e viscosidade da polpa celulósica e, também, na carga mais baixa de sólidos para o setor de recuperação. Considerando que na produção industrial procuram-se manter os parâmetros de tempo e temperatura com pequena variabilidade, o uso de densidades mais altas requer cargas de álcali mais elevadas para possibilitar maior eficiência de difusão dos íons e obtenção do kappa objetivo. A utilização de madeiras de baixa densidade, entretanto, irá resultar em consumo específico de madeira mais elevado, o que constitui significativa desvantagem, principalmente quando a empresa possui alguma limitação no fornecimento de matéria-prima.

Também Queiroz et al.(2004), trabalhando com dois clones híbridos de eucalipto, sendo um de baixa(447 kg/m<sup>3</sup>) e outro de alta densidade(552 kg/m<sup>3</sup>), demonstraram que a madeira de densidade baixa apresentou maior rendimento de celulose, viscosidade da polpa mais elevada, além de menor consumo de carga alcalina.

Em sua dissertação de mestrado antos (2005), também trabalhou com dois clones de densidades básicas bem distintas, ou seja, 440 e 508 kg/m<sup>3</sup> e

não encontrou diferença significativa quanto a rendimento de celulose na polpação kraft dos dois clones.

Ferreira et al.(2006), em estudo realizado com 12 clones de *Eucalyptus*, na região Extremo Sul da Bahia, encontraram forte correlação negativa entre carga de álcali e rendimento de celulose e razoável, deste com a densidade básica.

Barrichelo et al.(1983), trabalhando com madeiras de *Eucalyptus grandis*, colhida em Aracruz/ES, provenientes de árvores com idades variando de 5 a 10 anos, amostradas em seis pontos distintos na altura. Concluíram entre outras que “não foi encontrada correlação entre rendimento de celulose ou teor de holocelulose com a densidade média das árvores. Tal fato não ocorre, inclusive quando se trabalha com um ponto definido, por exemplo, o DAP”.

### **3 – Material e Métodos**

Este estudo baseia-se em um experimento de interação genótipo x ambiente, instalado em setembro de 2000, na empresa Veracel Celulose SA, localizada na região Extremo Sul da Bahia, cuja mensuração de volume e amostragem da madeira foram realizadas em 2007 e as análises da madeira, realizadas no laboratório da empresa, em agosto e setembro de 2009, conforme os seguintes procedimentos, adotados pela empresa:

#### **3.1 – Instalação do experimento**

Em quatro locais distintos, com variações no regime de precipitação, por ser este um parâmetro de reconhecida correlação positiva com a produtividade volumétrica (incremento médio anual). Material genético utilizado: 48 clones híbridos de eucalipto.

##### **3.1.1 – Delineamento experimental, espaçamento e bordadura**

Delineamento “blocos ao acaso”, com parcelas de seis plantas em linha, repetidas três vezes em cada local.

Espaçamento de plantio: 3 metros entre as linhas e 3 metros entre as plantas. Bordadura: duas plantas de um único clone

##### **3.1.2 – Preparo de solo**

- Destoca e sistematização (eliminação de murundus), com a lâmina frontal de um trator de esteiras D-6
- Aplicação de herbicida glifosate em faixas de 2 metros, na dosagem: 4 litros/ha
- Subsolação com profundidade de 60 cm

##### **3.1.3 - Adubação de plantio**

- 350 kg/ha de Fósforo reativo no fundo do sulco de subsolação e 180 kg/ha de NPK 10-15-20 + 1% de boro, em duas covas ao lado das mudas cerca de 10 dias após o plantio.

### **3.1.4 – Controle de plantas daninhas e combate a formigas**

- Controle de plantas daninhas de forma intensiva através do uso de herbicida glifosate, de modo a evitar qualquer competição com as plantas de eucalipto até o final do experimento, no sétimo ano.
- Combate a formigas, uma vez ao ano, visando evitar corte de folhas.

### **3.1.5 – Localização do experimento, solo e precipitação**

Quatro locais distintos, denominados: Centro, Norte, Oeste e Sul, para demonstrar sua posição relativa, apresentando as seguintes características:

#### **Local 1 - Centro**

- Latitude: 16°6'54,2"
- Longitude: 39°23'5,9"
- Tipo de solo: FTd1.1 (Plintossolo argilúvico, distrófico típico, textura média/muito argilosa, A moderado, caulinítico, relevo plano)
- Precipitação: 1395 mm/ano

#### **Local II - Norte**

- Latitude: 15°51'19,1"
- Longitude: 39°13'16,8"
- Tipo de solo: PAd4.1 (Argissolo amarelo, distrófico abrupto, textura arenosa/média/argilosa, A moderado, caulinítico, relevo plano)
- Precipitação: 1342 mm/ano

#### **Local III - Oeste**

- Latitude: 16°20'45,689"S
- Longitude: 39°35'24,284"W
- Tipo de solo: PAdx6.1 (Argissolo amarelo distrocoeso abrupto, textura média/argilosa ou muito argilosa, A moderado, epieutrófico ou não, endoálico, caulinítico, relevo plano).
- Precipitação: 1245 mm/ano

#### **Local IV - Sul**

- Latitude: 16°48'59,94"S
- Longitude: 39°15'49,472"W
- Tipo de solo: PAdx6.1 (Argissolo amarelo distrocoeso abrupico, textura média/argilosa ou muito argilosa, A moderado, epieutrófico ou não, endoálico, caulínico, relevo plano).
- Precipitação: 1750 mm/ano

#### 3.1.6 - Croqui do experimento(para cada local)

Bloco I	48 clones (distribuídos aleatoriamente)
Bloco II	48 clones (distribuídos aleatoriamente)
Bloco III	48 clones (distribuídos aleatoriamente)

### **3.2 – Mensuração e cálculo do volume**

Medição individual de todas as árvores das parcelas em todos os blocos/ repetições. Das árvores mensuradas, registrou-se no coletor de dados: circunferência a altura do peito (CAP), altura total (H), os códigos referentes às características fenotípicas das árvores e também o número de falhas ao redor da árvore mensurada.

#### **3.2.1 - Medição do Diâmetro (cm)**

A 1,3 m de altura (DAP). Nos casos de irregularidade do tronco na altura do DAP, a medição do diâmetro foi feita logo acima da irregularidade.

#### **3.2.2 - Medição da altura (m)**

Utilizando-se um hipsômetro tipo Suunto, conforme desenho a seguir:

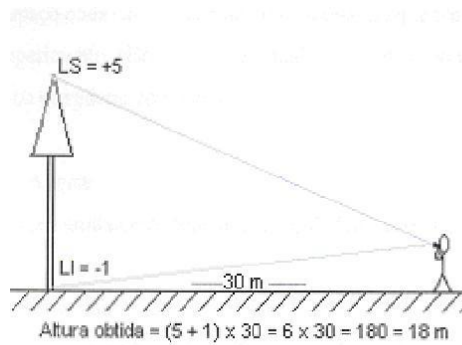


Figura 1 - Esquema de medição da altura

### 3.2.3 - Sentido de caminhamento

Na coleta de dados de todas as parcelas, foi adotado o seguinte sentido de caminhamento, com medição feita bloco a bloco, iniciando sempre na primeira árvore da parcela do clone (primeiro piquete no canto inferior esquerdo do experimento). Como segue:

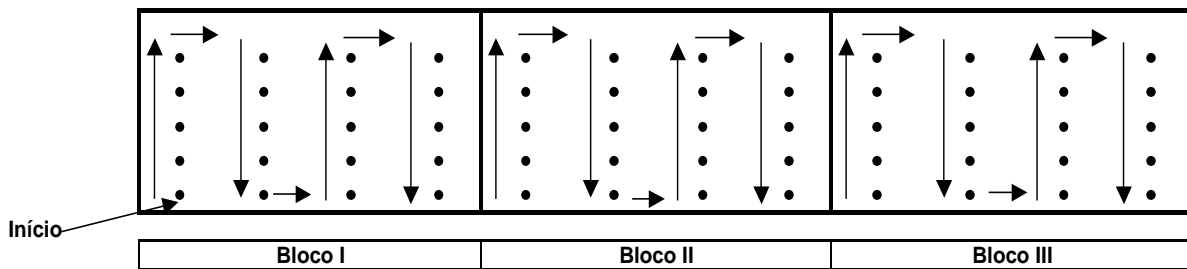


Figura 2 – Sentido de caminhamento para a mensuração

### 3.2.4 - Avaliação Fenotípica das árvores

Além da mensuração, de cada árvore, foi avaliado: a forma (tortuosidade e bifurcação) e a susceptibilidade das mesmas ao ataque de doenças e pragas. A tabela 1 apresenta uma relação de códigos referente à ocorrências possíveis com as árvores, adotadas em mensurações, de maneira geral.

Tabela 1 – Ocorrências possíveis com as árvores

Código	Ocorrência	Código	Ocorrência
01	Cancro	09	Dominante
02	Manchas Foliares	10	Dominada
03	Doença do caule	11	Envassouramento
04	Falha	12	Florescimento
05	Morta	13	Murchas
06	Doenças abióticas	14	Leve Tortuosidade
07	Quebrada	15	Muita Tortuosidade
08	Bifurcada abaixo do DAP	16	Cortada
17	Bifurcada acima do DAP	22	Outro clone
18	Trifurcada abaixo do DAP	23	Queimada
19	Ferrugem	24	Outras pragas
20	Lagartas desfolhadoras	25	Besouros desfolhadores
21	Inclinada		

### 3.2.5 - Cálculo do volume

Através do uso de equações volumétricas foi calculado o volume de cada árvore, cuja média multiplicada pelo número de árvores mensuradas de cada clone representa o volume(m<sup>3</sup>/ha) do mesmo.

Equação volumétrica adotada:

$$\ln(V)=-10,0954+1,7907*\ln(DAP)+1,1306*\ln(HT)$$

Onde:  $V$  = volume total com casca ( $m^3$ )

DAP = diâmetro á altura do peito, tomado a 1,30m do solo (cm)

HT – altura total (m)

Após o cálculo do volume pela equação acima, foi utilizado o Software Selegen, para estimativa do valor genético dos clones, também expresso em IMA, reduzindo assim o efeito ambiental no experimento.

### **3.3 – Amostragem das árvores para análise**

Para realização das análises, 15 clones com os maiores volumes(IMA), além de ótimas características silviculturais, como: retidão do tronco, ausência de doenças e boa conformação da copa, foram amostrados, abatendo-se duas árvores por clone, para retirada de toretes com 1 metro de comprimento a cada 25% da altura comercial(diâmetro mínimo de 6cm com casca). Em seguida foram picados em picador de disco Demuth com três facas.

### **3.4 – Determinação da densidade básica**

#### **3.4.1 - Preparação da amostra**

- a) Eliminação de pedaços de cascas, lascas, finos e cavacos “oversize”.
- b) Classificação dos cavacos em peneiras com malhas 32 x 32 e 6 x 16 mm

#### **3.4.2 - Execução da análise**

- a) Enchimento de uma rede de plástico flexível com cerca de 300g a.s. de cavacos e colocação dentro da caixa d’água de forma que os mesmos ficassem totalmente submersos. Temperatura da água, próxima a 65°C (não excedendo a 70°C). O tempo de permanência dos cavacos nestas condições foi de 3 dias consecutivos.
- b) Ao final do período acima, retirou-se as redes de cavacos da caixa d’água, sendo as mesmas transferidas para um recipiente com água à temperatura ambiente, interligado a uma bomba de vácuo, por um período de 12 horas, de

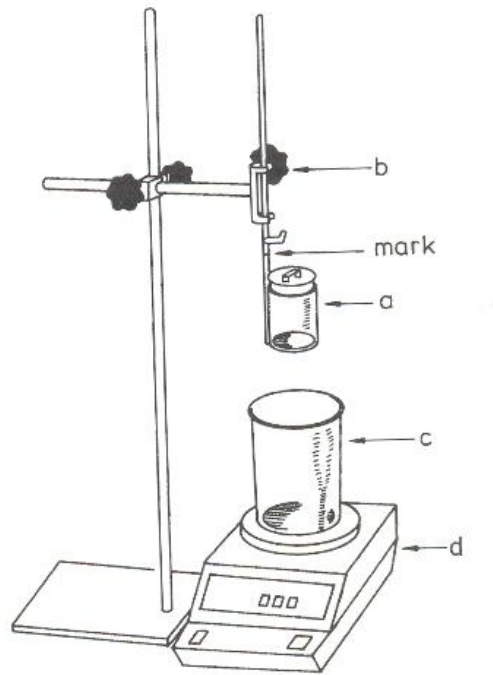


forma que ao final deste período os cavacos estivessem completamente saturados.

c) Na seqüência os cavacos foram retirados da água e transferidos para uma centrífuga por 10 segundos para remover o excesso de água.

Nota: Este tempo é válido para uma centrífuga com raio de 18,5cm e velocidade de 1400rpm.

d) Para determinar o volume verde dos cavacos, uma balança hidrostática foi utilizada, conforme esquema apresentado na Figura 3, seguindo os seguintes passos: encher um recipiente (capacidade de 5 litros) com água a temperatura ambiente (não exceder 25°C), e colocá-lo na balança. Colocar o cesto de amostra vazio no suporte. Ajustar o cesto de amostra de modo que ele fique inteiramente imerso até a marca no suporte. Zerar/tarar a balança. E em seguida, encher o cesto (a) com cavacos saturados e imergi-lo completamente no recipiente com água. Agitar levemente o cesto para assegurar que todo o ar aderido aos cavacos seja removido. O cesto não pode em nenhum momento, tocar a parede do recipiente com água, então, deve-se registrar a leitura na balança. Em seguida, remover o cesto do recipiente com água e transferir os cavacos para um copo Becker de 250ml, secar em estufa, o período de secagem não deve ser inferior a 12 horas.



a = cesto de amostra para cavacos; b = suporte; c = recipiente de água;  
d = balança; mark = marca.

Figura 3 - Equipamento para determinação de volume verde dos cavacos.

### 3.4.3 - Cálculos

a) Cálculo da densidade básica para cada amostra, a partir da expressão:

$$DB = Ms / V * 1000$$

onde:

DB = é a densidade básica, kg/m<sup>3</sup>;

Ms = é a massa dos cavacos secos, g;

V = Volume verde dos cavacos, cm<sup>3</sup>;

1000 = conversão de unidade (g/cm<sup>3</sup> para kg/m<sup>3</sup>)

b) Este procedimento foi realizado em duplicata. Em casos de dispersão grande entre os dois valores, a análise foi repetida.

### **3.5 – Determinação do rendimento de celulose**

Os rendimentos de celulose e demandas de cargas alcalinas dos clones foram determinados, de acordo com o seguinte procedimento:

#### **3.5.1 – Carga de álcali**

A carga de álcali necessária para os cozimentos de cada clone foi definida experimentalmente de forma a atingir o número Kappa  $18 \pm 0,5$ . Para tanto, quatro diferentes cargas de álcali foram aplicadas nas quatro células de reação do digestor. Deste modo, ao final do cozimento foram ajustados modelos matemáticos de carga de álcali e rendimento de celulose para se ter um número kappa  $18 \pm 0,5$ .

#### **3.5.2 - Cozimento**

- a) 250 g a.s. de cavacos, em cada célula do digestor.
- b) Foram lançados em planilha eletrônica todos os dados referentes às amostras, como identificação, reator, massa de cavacos secas ao ar, teor seco dos cavacos, relação licor madeira, sulfidez, concentrações das soluções de cozimento (hidróxido de sódio e sulfeto de sódio). Com todas estas informações, uma planilha calcula automaticamente o volume de reagentes químicos e água para cada amostra.
- c) Adicionado o licor de cozimento em cada célula (já com os cavacos) tampando-os em seguida, de modo a não permitir vazamentos. Foram adotados os seguintes parâmetros: a) Tempo de impregnação (rampa de aquecimento) = 90 minutos; b) Temperatura de cozimento =  $170^{\circ}\text{C}$ ; c) Tempo de cozimento = 45 minutos; d) Sulfidez = 30% e e) Relação licor/madeira = 4/1.

#### **3.5.3 – Lavagem da celulose**

- a) Após o cozimento, os conteúdos dos reatores foram resfriados em água e logo após, transferidos para um saco de tecido, dentro de um balde. Em seguida os sacos foram centrifugados por 1 minuto, transferidos a um hydropulper laboratorial por mais 1 minuto e após, novamente centrifugado
- b) Os grumos de polpa formados durante a centrifugação foram desfeitos, manualmente, e imediatamente a polpa foi pesada.

### **3.5.4 – Determinação do número kappa**

Realizada análise com cerca de 1g a.s.. Procedimento em duplicata e reportar o valor da média.

### **3.5.5 – Determinação do teor seco da polpa**

Foram pesados cerca de 10g a.s. da polpa e determinado o teor seco. Procedimento realizado em duplicata, retirando-se a média.

### **3.5.6 – Determinação do rendimento em celulose**

Realizar o cálculo através da fórmula:

$$RC = 100 * (Pu * Ts) / Pc$$

Onde:

RC – Rendimento de celulose, %

Pu – Peso úmido total da polpa após o cozimento, g

Ts – Teor seco da polpa, %

Pc – Peso seco total dos cavacos colocado na célula de reação, g

Após a obtenção dos valores de rendimento de cada amostra, calcular o rendimento de celulose para número kappa 18 conforme descrito em [4.5.7](#).

### **3.5.7 – Determinação da carga de álcali**

Conforme já comentado anteriormente, a carga de álcali foi obtida indiretamente através de ajuste de modelo matemático com o número kappa como variável independente e a carga de álcali como variável dependente. O resultado é expresso como % de álcali efetivo c/ NaOH.

## 4 – Resultado e Discussão

### 4.1 – Produtividade

Na Tabela 2 são apresentados os resultados referentes à produtividade dos clones, por região de plantio, expressos em IMA (Incremento médio anual). As produtividades dos clones, de forma geral, foram elevadas, considerando padrões conhecidos no Brasil para plantios de eucalipto. As altas produtividades alcançadas podem ser explicadas pelo delineamento adotado no experimento, que foi o de parcelas lineares com três repetições. Nestas condições, os clones de maior arranque e, ou, capacidade de crescimento, apresentaram vantagem desde o início, resultando em elevados valores de IMA ao final do experimento, aos 7 anos de idade, devido ao pequeno número de repetições, neste caso três, não ser suficiente para eliminar o efeito competitivo de alguns clones.

Tabela 2 – Incremento médio anual dos clones aos 7 anos de idade

IMA (m <sup>3</sup> /ha/ano)				
Clone	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
1	85,8	65,6	70,9	50,5
2	59,2	57,0	64,5	50,8
3	89,6	90,8	81,6	74,1
4	107,2	90,4	94,2	60,2
5	69,6	62,9	64,4	50,9
6	52,8	50,6	56,1	48,4
7	133,1	103,0	100,6	84,3
8	95,9	91,3	78,4	61,0
9	100,0	74,7	83,7	52,9
10	86,6	92,8	81,9	67,8
11	98,3	84,3	82,6	62,6
12	140,1	105,0	66,0	76,5

... Continua

Tabela 2 – Continuação ...

IMA (m <sup>3</sup> /ha/ano)				
Clone	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
13	115,2	83,1	88,7	62,7
14	134,5	93,9	100,8	78,9
15	100,2	82,6	66,8	57,2
Média	97,9 a	81,9 b	78,7 b	62,6 c

Os dados apresentados na Tabela 2 mostram diferenças significativas entre as produtividades dos clones, sendo este fato comum em experimentos de competição clonal. Após a verificação, por análise de variância, da existência de diferenças significativas entre regiões (Tabela 3), as médias de IMA foram analisadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 4). Este teste mostrou a seguinte sequência de produtividade: Sul > Centro = Norte > Oeste, como apresentado nas Tabela 2 e 4, onde as médias seguidas pela mesma letra não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 3 - Análise de variância para Incremento Médio Anual (m<sup>3</sup>/ha.ano<sup>-1</sup>)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento (regiões)	3	9.411,71	3.137,24	29,57	0,000 <sup>S</sup>
Bloco (clones)	14	13.239,22	945,66	8,91	0,000 <sup>S</sup>
Erro	42	4.455,44	106,08		
Total	59	27.106,37			
CV (%)	12,83				
Média geral	80,3				

Tabela 4 – Teste de médias, Tukey, para o Incremento Médio Anual (m<sup>3</sup>/ha.ano<sup>-1</sup>)

Tratamentos	Média	Resultado do teste*
Oeste	62,6	A
Norte	78,7	B
Centro	81,9	B
Sul	97,9	C
DMS	10,06	

\* Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Esta tendência observada para as médias das regiões representa muito bem o comportamento dos clones nas regiões Sul e Oeste, sendo que nas outras regiões, eles apresentaram variações, alguns com produtividade maior na região Centro e outros na região Norte.

Procurou-se na implantação do experimento nas quatro regiões, colocá-los em condições semelhantes de solo, sendo que todos apresentam gradiente textural, existindo alguma variação no teor de argila entre eles. Porém, com o conhecimento existente sobre o efeito positivo que os índices de precipitação exercem na produtividade do eucalipto, as diferenças ocorridas entre as regiões podem ser explicadas pelas médias anuais de chuvas ocorridas no período do experimento (1750 mm/ano na região Sul, 1395 mm/ano na região Centro, 1342 mm/ano na região Norte e 1250 mm/ano na região Oeste).

Na Figura 4, é apresentada a correlação entre as médias de IMA e precipitação, confirmando o acima exposto. Por esta regressão, pode se verificar o incremento de 6,17 m<sup>3</sup>/ha/ano, para cada 100 mm de precipitação.

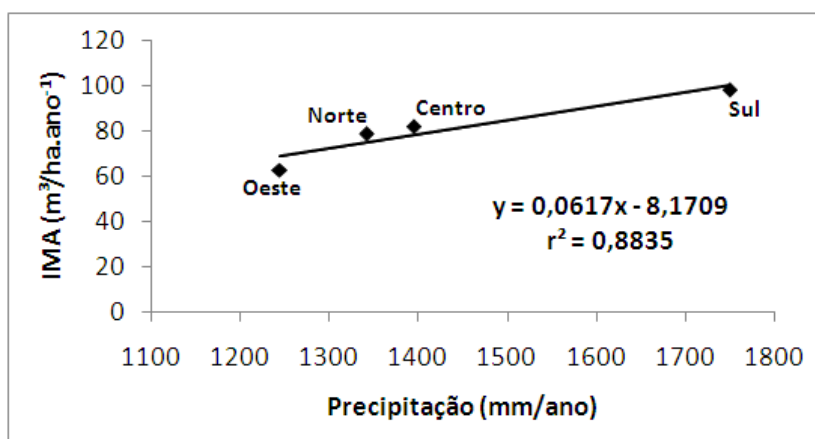


Figura 4 – Correlação entre as médias de IMA e Precipitação

Estudando o efeito do suprimento de água em plantios clonais de eucalipto, Stape et al. (2010) observaram crescimento 30% maior em parcelas irrigadas, comparado com as não irrigadas, comprovando o efeito positivo da água na produtividade de plantios florestais de eucaliptos.

#### 4.2 – Densidade básica

Na Tabela 5 são apresentadas as densidades básicas das madeiras dos clones nas diferentes regiões de plantio.

Como mencionado anteriormente, na literatura especializada são encontrados resultados contraditórios para a correlação entre produtividade e densidade da madeira, ou seja, correlações tanto negativas, como positivas ou nulas têm sido encontradas. Os resultados apresentados na Tabela 5, mostram que os clones apresentaram médias de densidade com diferenças significativas entre as regiões pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, onde as médias seguidas pela mesma letra não diferiram estatisticamente entre si, com a sequência Oeste > Centro = Norte > Sul, oposta à produtividade(IMA).

Tabela 5 – Densidade básica da madeira, dos clones aos 7 anos de idade

Densidade Básica (kg/m <sup>3</sup> )				
Clone	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
1	457	457	488	513
2	455	497	490	514
3	460	489	477	523
4	455	481	483	519
5	476	483	477	499
6	488	498	539	574
7	490	480	476	524
8	427	446	446	453
9	454	482	472	503
10	440	502	507	506
11	433	491	468	480
12	478	478	513	536
13	511	522	535	530
14	450	465	448	484
15	466	475	501	503
Média	462,7a	483,1b	488,0b	510,7c



Tabela 6 - Análise de variância para densidade básica (kg/m<sup>3</sup>)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento (regiões)	3	17.530,98	5.843,66	28,82	0,000 <sup>S</sup>
Bloco (clones)	14	24.662,43	1.761,60	8,69	0,000 <sup>S</sup>
Erro	42	8.541,77	202,73		
Total	59	50.708,18			
CV (%)	2,93				
Média geral	486,1				

Tabela 7 – Teste de médias, Tukey, para densidade básica (kg/m<sup>3</sup>)

Tratamentos	Média	Resultado do teste*
Sul	462,7	A
Centro	483,1	B
Norte	488,0	B
Oeste	510,7	C
DMS	13,91	

\* Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A correlação entre produtividade e densidade básica da madeira, para os resultados obtidos neste estudo, pode ser analisada sobre dois aspectos distintos, ou seja:

a) Aspecto genético - baixa correlação, considerando os dados de densidade e IMA dos 15 clones dentro de cada região, conforme se observa na

Figura 5.

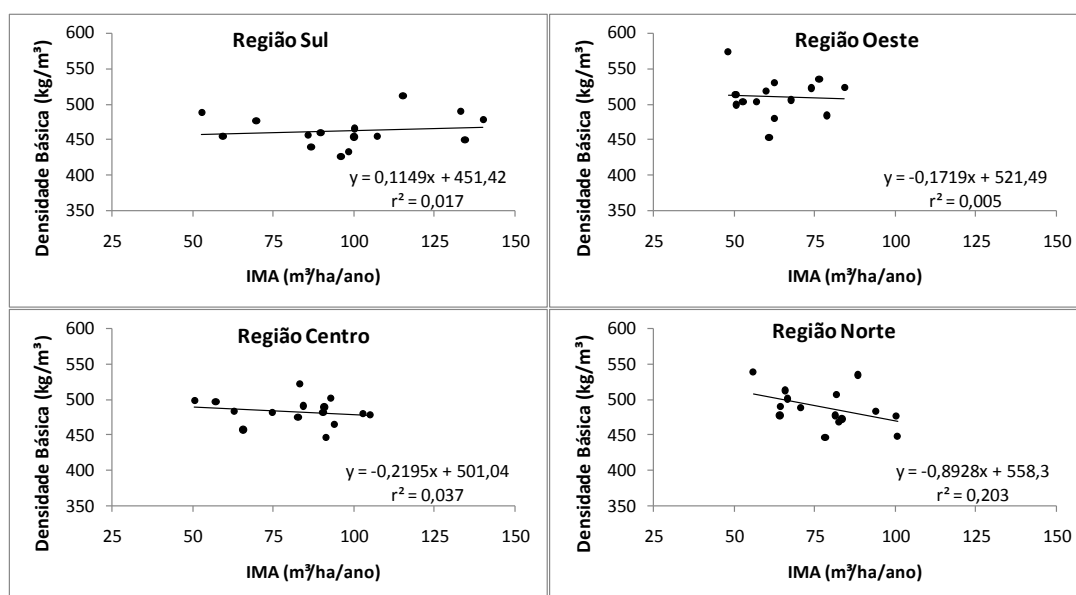
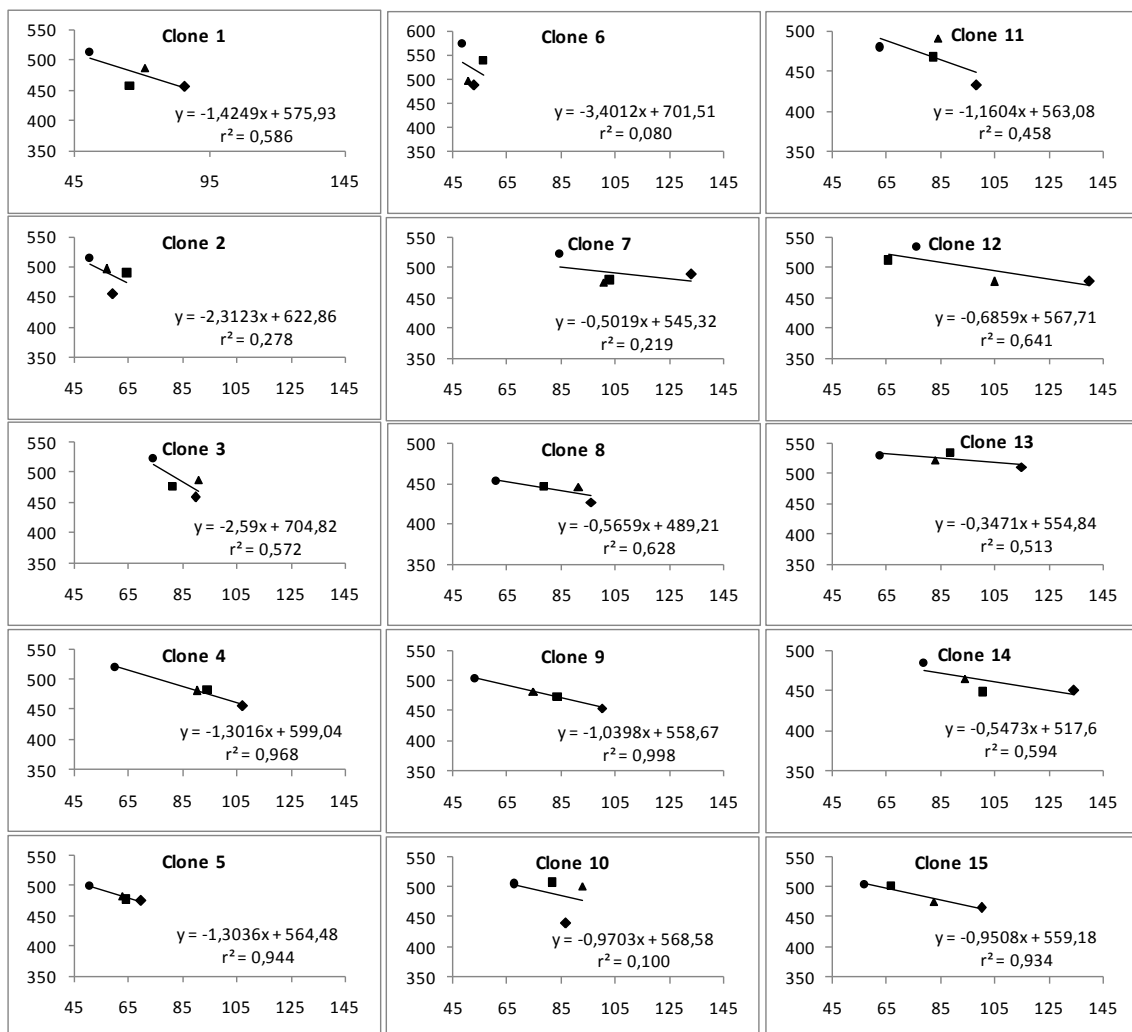


Figura 5 – Correlação entre densidade básica e IMA, para os 15 clones, dentro de cada região.

b) Aspecto ambiental – considerando separadamente o comportamento de cada clone nas quatro regiões (Sul, Centro, Norte e Oeste), nota-se que 11 dos 15 clones apresentam correlação negativa moderada a alta, entre a densidade básica e o IMA, os restantes quatro clones também tiveram correlação negativa, porém baixa. Para as regiões Sul e Oeste, onde ocorrem os maiores contrastes para ambos parâmetros, 100% dos clones têm maior produtividade e menor densidade na região Sul, ocorrendo o oposto para região Oeste. A Figura 6 mostra a correlação entre densidade básica e IMA para cada um dos 15 clones, demonstrando claramente tendência negativa entre estes parâmetros.



Legenda: ▲ Centro ■ Norte ● Oeste ◆ Sul

Figura 6 – Correlação entre densidade básica (valores no eixo y) e IMA (valores no eixo x), para cada clone nas quatro regiões.

A baixa correlação negativa entre produtividade florestal e densidade básica, considerando o aspecto genético é muito desejável, pois indica a possibilidade de selecionar clones de alta produtividade e alta densidade básica, sendo estes dois parâmetros essenciais nos programas de melhoramento genético( FONSECA et al., 2001). Um bom exemplo foi o clone 13 que apresentou IMA de 115,2 m<sup>3</sup>/ha/ano e densidade básica de 511 kg/m<sup>3</sup>, na região Sul, onde a média foi de 462,7 kg/m<sup>3</sup>.

Quanto ao aspecto ambiental, representado pelas regiões de plantio, a implicação prática da correlação negativa entre a produtividade e a densidade da madeira, é a recomendação de clones para plantios comerciais, sugerindo o direcionamento de clones com densidades básicas mais baixas e IMA's altos, para regiões de menor potencial de crescimento, objetivando melhoria da produtividade, cuidando para que os valores de densidade básica estejam dentro da faixa requerida pelo processo industrial para o qual a madeira será direcionada.

#### 4.3 – Rendimento de celulose

Na Tabela 8 são apresentados os resultados de rendimento dos cozimentos Kraft das madeiras dos 15 clones. As médias por região mostraram que apenas a região Oeste difere significativamente das demais, sendo Sul, Centro e Norte estatisticamente iguais, conforme indicado pelas letras à frente das médias na Tabela 8, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8 – Rendimento de cozimento kraft das madeiras dos clones

Rendimento de Celulose (%)				
Clone	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
1	51,4	49,4	51,5	51,0
2	51,7	52,1	51,8	51,5
3	53,5	52,3	51,0	52,1
4	52,9	51,8	52,4	52,0
5	52,9	51,3	52,0	51,6

... Continua

Tabela 8 – Continuação ...

Rendimento de Celulose (%)				
Clone	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
6	54,9	52,7	53,5	51,6
7	50,6	50,8	50,3	50,6
8	52,4	52,1	52,6	51,5
9	51,8	53,0	53,2	51,2
10	52,7	52,1	51,1	51,2
11	53,9	53,5	53,4	51,9
12	52,8	52,7	52,2	50,8
13	51,0	50,1	51,2	49,2
14	51,2	51,5	51,2	50,8
15	53,2	51,6	50,9	48,6
Média	52,5a	51,8a	51,9a	51,0b

Tabela 9 - Análise de variância para rendimento de cozimento (%)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento (regiões)	3	15,31	5,10	9,43	0,000 <sup>S</sup>
Bloco (clones)	14	40,35	2,88	5,33	0,000 <sup>S</sup>
Erro	42	22,72	0,54		
Total	59	78,38			
CV (%)	1,42				
Média geral	51,8				

Tabela 10 – Teste de médias, Tukey, para rendimento de cozimento (%)

Tratamentos	Média	Resultado do teste*
Sul	52,5	A
Centro	51,8	A
Norte	51,9	A
Oeste	51,0	B
DMS	0,72	

\* Tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Outra correlação importante para os programas de melhoramento genético é entre densidade básica e rendimento de celulose, que neste estudo também foi analisada separando-se os aspectos genético e ambiental, como segue:

a) Aspecto genético – baixa correlação, considerando os valores de densidade e rendimento de celulose dos 15 clones dentro de cada região, conforme mostrado na Figura 7.

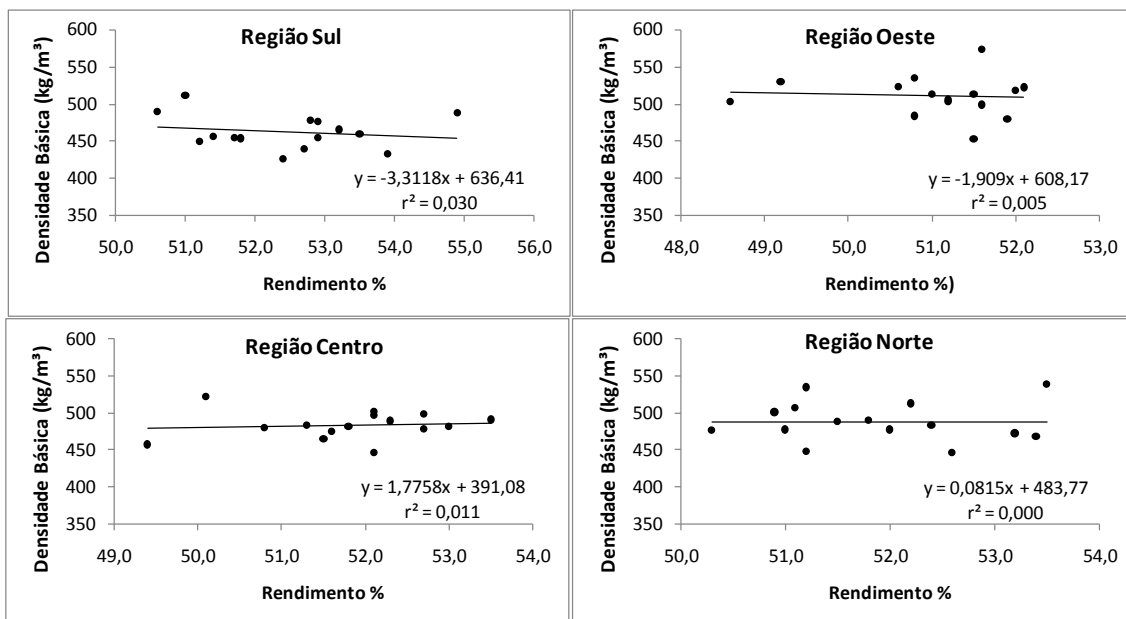


Figura 7 – Correlação entre densidade básica e rendimento de celulose, para os 15 clones, dentro de cada região.

b) Aspecto ambiental – na região Oeste, onde os clones apresentam maior densidade básica, pode se observar que os rendimentos de celulose foram inferiores, com diferença estatisticamente significativa para as demais regiões. Este efeito inverso da densidade sobre o rendimento parece ser mais efetivo para valores mais altos de densidade básica, como na região Oeste, devido a maior dificuldade de impregnação dos cavacos pelo álcali, e por isso, nem sempre pode ser observada, conforme relatado por Barrichelo (1983)

Queiroz et al. (2004), trabalhando com dois clones de eucalipto de densidades básicas bem distintas (447 e 552 kg/m<sup>3</sup>), encontraram, também, relação inversa entre densidade e rendimento de celulose. Estes autores mencionaram que, provavelmente, este fato ocorre devido à maior dificuldade de impregnação dos cavacos de maior densidade, o que resulta em maior

demanda de álcali no cozimento e, conseqüentemente, em rendimento mais baixo.

A baixa correlação quanto ao aspecto genético entre densidade básica e rendimento de celulose, tem a mesma implicação prática que a correlação entre densidade e IMA para o programa de melhoramento genético, ou seja, abre a possibilidade de se selecionar clones de alta densidade e rendimento de celulose, com impacto direto sobre o consumo específico (m<sup>3</sup> de madeira por t de celulose).

#### 4.4 – Álcali efetivo

Na Tabela 11 são apresentadas as cargas de álcali utilizadas na polpação kraft das madeiras dos 15 clones de eucalipto. Os valores obtidos, podem ser considerados altos para álcali efetivo, mas se devem ao cozimento Batch, sem circulação de licor.

A correlação entre a carga de álcali e o rendimento de cozimento foi baixa, contrariamente a resultados encontrados na literatura que, de forma geral, mostram forte correlação negativa entre estes dois parâmetros, como no estudo de Gomide et al. (2005) e Ferreira et al. A análise de variância foi realizada, indicando não haver diferença significativa para a carga de álcali dos clones entre as regiões (Tabela 12).

Tabela 11 – Carga de álcali efetivo dos cozimentos kraft

Carga de álcali, AE (%)				
Clone	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
1	22,8	23,7	22,3	23,0
2	21,7	20,9	22,1	20,3
3	22,8	20,9	21,8	21,3
4	20,9	21,4	21,2	21,0
5	21,7	23,0	21,9	21,9
6	19,1	21,0	19,7	21,9

... Continua

Tabela 11 – Continuação ...

Carga de álcali, AE (%)				
Clone	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
7	23,0	21,7	23,2	21,0
8	22,2	21,8	20,7	21,3
9	21,6	20,4	20,6	20,9
10	21,7	20,4	23,3	21,5
11	19,3	21,4	21,0	20,1
12	19,9	20,8	21,3	21,1
13	21,5	23,3	21,6	22,2
14	22,6	21,1	22,8	20,9
15	20,6	22,0	21,6	22,1
Média	21,4a	21,6a	21,7a	21,3a

Tabela 12 - Análise de variância para carga de álcali (%)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento (regiões)	3	0,90	0,30	0,42	0,739 <sup>NS</sup>
Bloco (clones)	14	28,14	2,00	2,82	0,000 <sup>S</sup>
Erro	42	29,95	0,71		
Total	59	58,99			
CV (%)	3,93				
Média geral	21,5				

A Figura 8 mostra a não existência de correlação entre rendimento e carga de álcali para as médias das quatro regiões estudadas.

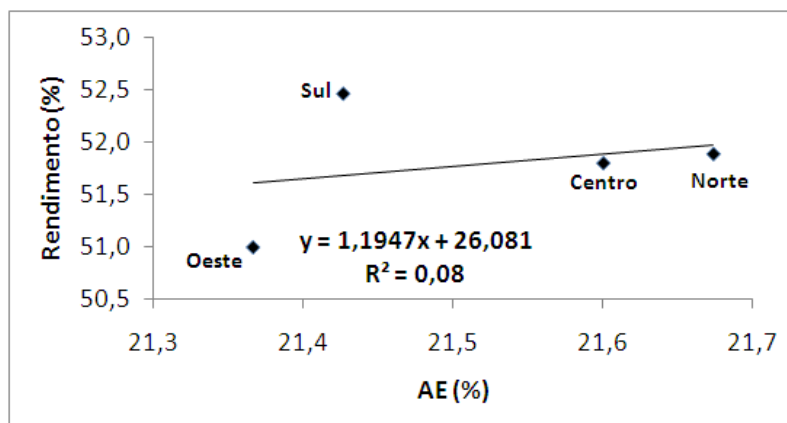


Figura 8 – Correlação entre rendimento e álcali efetivo, por região.

Nota: Não foi avaliado neste estudo, o residual de álcali dos cozimentos, que permitiria o cálculo do consumo de álcali para cada clone, e isto talvez indicasse alguma tendência em relação ao rendimento de celulose.



## 5 - Conclusões

Os resultados encontrados neste trabalho permitiram concluir que:

- houve influência dos índices de precipitação na produtividade dos clones de eucalipto.
- a produtividade influenciou negativamente a densidade da madeira, ou seja, na região mais produtiva os clones apresentaram menor densidade básica e vice-versa.
- Apenas o nível mais baixo de produtividade, resultou em menor rendimento de polpação, sendo que para os demais não foi observada diferença significativa.
- a correlação entre rendimento de polpação e a carga de álcali demandada nos cozimentos não foi significativa.

## 6 – Bibliografia

ALMEIDA, F. S. – Influência da carga alcalina no processo de polpação Lo-Solids para madeiras de eucalipto – Dissertação de mestrado – USP – Setembro – 2003.

BARRICHELO, L.E.G; BRITO, J.O.; DO COUTO, H.T.Z. e CAMPINHOS JUNIOR, E. – Densidade básica, teor de holocelulose e rendimento de celulose de madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Silvicultura*, V 8, n.32, p.802-8, set/out 1983

DOWNES, G.M. et al. – Sampling plantation eucalypts for wood and fiber properties – CSIRO Publishing, Austrália, 1997; Appendix 1-Pag 89,91; Appendix 2- Pag 100,101

FERREIRA, C.R.; FANTINI JUNIOR, M.; COLODETTE, J.L.; GOMIDE, J.L.; CARVALHO, A.M.M.L. – Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: parte 1 – Qualidade da madeira para produção de celulose Kraft – *Scientia Florestalis* nº 70, p. 161-170, abril 2006

FONSECA, S.M.; COSTA, M.M.; FONSECA, M.J.O.; FERNANDES, D.F. e SOUZA, E.. – Avaliação tecnológica da madeira das florestas da CENIBRA, aos 7 anos de idade, para Produção de Celulose Kraft – Informativo Técnico CENIBRA – Nº 2 – março 2001

GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L.; OLIVEIRA, R.C.; SILVA, C.M, - Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil – *Revista Árvore*, vol 29, nº 1, viçosa Jan/Feb 2005

MIGLIORINI, A.J. - Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden em função de diferentes níveis de produtividade da

floresta – Dissertação de mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP – Piracicaba – 1986

MORAIS, M. L. T. – Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden e suas relações com as características de crescimento – Dissertação de mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP – Piracicaba – 1987

QUEIROZ S.C.S.; GOMIDE J.L.; COLODETTE, J.L. e OLIVEIRA R.C. – Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa Kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake clones – Revista *Árvore*, vol. 28, nº 6, Viçosa Nov/Dez. 2004

RESENDE, M.D.V. e OLIVEIRA, E.B. - Sistema "SELEGEN" – Seleção Genética Computadorizada para o Melhoramento de Espécies Perenes. Revista PAB, Colombo, n 32. V. 9. Setembro, 1997.

SILVA JUNIOR, F.G. Potencialidade da seleção precoce de *Eucalyptus urophylla* em função da qualidade da madeira destinada à produção de celulose. Trabalho apresentado no 30º Congresso da ABTCP, São Paulo/SP; Novembro 1997.

SANTOS, S.R. – Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada – Dissertação de mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP – Piracicaba – julho 2005

SHIMOYAMA, V.R.de S. e BARRICHELO, L.E.G. – Densidade básica da madeira, melhoramento e manejo florestal – IPEF – Série Técnica – Vol. 6; Nº 20; pag. 1-22 – 1990

## APÊNDICES

## APÊNDICE A - Dados do Inventário

Dados do inventário florestal, para todos os clones, região Norte.

Clone	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (inventário)	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (Selegen)	DAP (cm)	Altura (m)	Falhas (%)	Mortas (%)
1	64,3	70,9	20,3	30,4	0,0	0,0
2	58,4	64,5	19,6	29,5	0,0	0,0
3	74,0	81,6	20,3	29,7	0,0	0,0
4	75,9	94,2	21,8	31,5	0,0	0,0
5	58,7	64,4	19,6	30,4	0,0	0,0
6	50,5	56,1	17,2	28,3	0,0	0,0
7	90,3	100,6	23,5	33,9	0,0	0,0
8	73,3	78,4	20,3	28,9	0,0	0,0
9	75,3	83,7	22,0	31,1	0,0	0,0
10	73,8	81,9	21,3	31,7	0,0	0,0
11	59,9	82,6	20,8	31,0	11,1	0,0
12	62,3	66,0	17,9	29,6	0,0	0,0
13	83,0	88,7	22,7	32,8	0,0	0,0
14	93,1	100,8	24,0	34,3	0,0	0,0
15	60,8	66,8	20,2	29,9	0,0	0,0
16	60,6	67,3	20,0	30,6	11,1	0,0
17	62,0	60,4	19,0	29,7	0,0	0,0
18	64,1	63,4	19,5	30,0	0,0	0,0
19	53,0	52,6	17,6	28,1	0,0	0,0
20	73,5	75,5	21,2	31,7	0,0	5,6
21	46,2	49,3	16,9	27,4	5,6	0,0
22	45,5	46,6	16,6	27,1	0,0	0,0
23	59,7	59,2	18,7	29,9	0,0	0,0

Clone	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (inventário)	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (Selegen)	DAP (cm)	Altura (m)	Falhas (%)	Mortas (%)
24	46,9	50,1	17,4	27,9	5,6	0,0
25	16,7	20,8	11,9	19,2	0,0	0,0
26	33,5	37,2	14,9	25,5	5,6	0,0
27	27,5	30,5	14,0	23,5	0,0	0,0
28	30,0	34,0	15,0	23,2	0,0	5,6
29	33,3	35,2	14,5	24,6	0,0	0,0
30	18,6	22,9	11,7	21,1	5,6	0,0
31	33,8	35,8	14,5	23,9	0,0	0,0
32	16,9	21,5	11,5	21,5	0,0	0,0
33	13,3	19,1	10,6	18,9	0,0	5,6
34	28,5	34,0	14,3	24,2	5,6	0,0
35	35,4	37,2	15,6	24,2	0,0	0,0
36	28,1	30,7	13,5	23,3	0,0	0,0
37	48,1	65,4	20,0	29,7	22,2	5,6
38	81,7	93,4	22,4	30,6	16,7	0,0
39	77,8	73,1	20,3	29,1	0,0	0,0
40	53,4	56,7	18,1	30,2	5,6	0,0
41	49,3	52,1	17,1	29,4	0,0	0,0
42	46,3	47,3	16,4	26,3	0,0	0,0
43	61,8	61,3	19,2	29,4	0,0	0,0
44	58,5	62,2	19,1	30,1	5,6	0,0
45	69,5	70,3	17,8	28,9	5,6	0,0
46	84,4	81,6	21,7	32,5	0,0	0,0
47	78,1	75,8	21,1	31,3	0,0	0,0
48	34,1	41,2	15,5	26,9	11,1	0,0

Dados do inventário florestal, para todos os clones, região Sul.

Clone	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano-1) (inventário)	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano-1) (Selegen)	DAP (cm)	Altura (m)	Falhas (%)	Mortas (%)
1	77,7	85,8	21,3	31,8	0,0	0,0
2	51,1	59,2	18,9	30,3	0,0	0,0
3	82,3	89,6	22,0	32,0	0,0	0,0
4	99,1	107,2	24,6	35,1	0,0	0,0
5	62,2	69,6	19,7	31,5	0,0	0,0
6	41,9	52,8	17,9	29,6	0,0	11,1
7	118,2	133,1	26,4	36,6	5,6	0,0
8	88,3	95,9	23,0	33,5	0,0	0,0
9	86,4	100,0	23,8	33,4	5,6	0,0
10	74,3	86,6	22,2	32,3	0,0	0,0
11	86,4	98,3	23,0	33,7	5,6	0,0
12	130,6	140,1	27,6	37,6	0,0	0,0
13	108,4	115,2	24,2	34,9	0,0	0,0
14	126,0	134,5	26,7	37,6	0,0	0,0
15	95,9	100,2	22,1	32,1	0,0	0,0
16	54,0	65,3	19,5	29,6	11,1	5,6
17	48,9	71,8	20,3	30,2	5,6	27,8
18	51,7	53,2	17,3	27,5	0,0	0,0
19	62,7	67,5	19,5	30,1	0,0	0,0
20	57,0	57,8	18,1	27,8	5,6	0,0
21	41,9	50,5	16,0	26,4	0,0	0,0
22	76,0	81,4	19,7	28,9	5,6	0,0
23	33,1	35,6	15,3	24,0	0,0	0,0
24	38,7	44,6	16,2	26,0	11,1	0,0
25	11,3	16,9	11,0	17,4	5,6	0,0

Clone	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano-1) (inventário)	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano-1) (Selegen)	DAP (cm)	Altura (m)	Falhas (%)	Mortas (%)
26	37,3	38,6	15,2	25,3	0,0	0,0
27	39,7	44,1	16,4	27,6	0,0	5,6
28	14,7	24,8	13,1	19,5	0,0	22,2
29	22,5	28,2	13,4	23,2	0,0	5,6
30	35,2	18,6	14,6	23,7	0,0	0,0
31	30,5	33,1	14,4	24,1	0,0	0,0
32	23,2	25,8	12,8	22,3	0,0	0,0
33	12,2	20,2	11,8	20,8	0,0	22,2
34	15,2	20,5	12,1	19,9	0,0	11,1
35	38,8	48,3	16,7	24,4	0,0	5,6
36	37,5	37,1	14,9	23,7	0,0	0,0
37	52,6	59,8	17,9	28,3	0,0	5,6
38	66,4	79,4	20,5	30,4	11,1	0,0
39	83,1	73,6	21,0	30,3	0,0	0,0
40	72,0	80,9	21,6	34,3	5,6	0,0
41	48,7	54,7	17,3	29,7	5,6	0,0
42	48,3	46,7	16,7	27,2	0,0	0,0
43	85,9	83,9	21,8	32,0	0,0	0,0
44	72,0	74,3	20,3	31,7	5,6	0,0
45	76,9	78,6	19,2	30,9	0,0	0,0
46	86,4	85,2	21,8	33,0	0,0	0,0
47	62,3	63,9	19,0	29,8	0,0	0,0
48	38,9	41,3	15,5	28,3	0,0	0,0



Dados do inventário florestal, para todos os clones, região Centro

Clone	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (inventário)	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (Selegen)	DAP (cm)	Altura (m)	Falhas (%)	Mortas (%)
1	65,6	53,5	18,8	27,9	0,0	5,6
2	57,0	49,6	18,7	29,1	0,0	0,0
3	90,8	83,7	23,4	31,8	0,0	0,0
4	90,4	73,0	23,0	33,0	11,1	0,0
5	62,9	56,5	19,3	30,4	0,0	0,0
6	50,6	38,2	16,6	28,3	0,0	5,6
7	102,9	94,9	24,2	34,2	0,0	0,0
8	91,3	78,2	22,7	31,0	0,0	5,6
9	74,7	62,2	20,9	30,4	0,0	5,6
10	92,8	85,1	23,0	33,0	0,0	0,0
11	84,3	72,7	20,9	32,0	0,0	5,6
12	105,0	94,6	24,6	33,4	0,0	0,0
13	83,1	75,8	22,2	32,0	0,0	0,0
14	93,9	89,0	22,7	33,1	0,0	0,0
15	82,6	77,3	21,6	32,3	0,0	0,0
16	67,5	68,0	20,1	30,3	0,0	0,0
17	63,5	64,1	19,6	29,6	0,0	0,0
18	53,3	48,4	17,8	28,4	0,0	16,7
19	48,9	48,2	17,6	27,4	0,0	0,0
20	70,2	72,6	19,7	29,5	0,0	0,0
21	44,8	32,2	17,1	26,1	0,0	22,2
22	54,4	55,3	17,7	28,9	0,0	0,0
23	48,3	41,9	16,7	27,5	0,0	5,6
24	41,4	37,8	15,9	26,7	0,0	11,1
25	18,2	9,2	11,0	18,2	5,6	27,8

Clone	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (inventário)	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (Selegen)	DAP (cm)	Altura (m)	Falhas (%)	Mortas (%)
26	30,7	28,8	14,1	23,7	0,0	0,0
27	26,4	20,3	12,5	21,3	0,0	0,0
28	28,4	17,3	13,9	21,9	0,0	22,2
29	35,1	31,1	15,0	25,2	0,0	5,6
30	25,5	14,9	12,4	21,6	0,0	27,8
31	30,0	27,5	13,4	22,2	0,0	0,0
32	25,2	13,1	10,9	19,0	0,0	16,7
33	15,9	10,5	10,3	18,6	0,0	5,6
34	37,2	33,5	14,7	24,2	5,6	0,0
35	38,2	32,8	15,2	23,2	0,0	11,1
36	30,4	23,4	13,8	22,8	5,6	11,1
37	66,0	55,3	20,2	29,4	5,6	11,1
38	79,0	81,1	21,5	31,3	0,0	5,6
39	75,1	76,8	21,3	31,0	0,0	0,0
40	57,3	57,3	18,2	30,9	0,0	0,0
41	42,7	35,3	15,7	27,8	0,0	11,1
42	40,3	36,4	16,1	25,2	0,0	5,6
43	74,4	76,1	20,9	30,1	0,0	0,0
44	60,1	58,6	18,1	29,1	0,0	5,6
45	62,8	64,3	18,6	30,0	0,0	0,0
46	86,4	89,2	22,3	33,3	0,0	0,0
47	73,6	75,2	20,3	30,9	0,0	0,0
48	48,8	39,2	16,5	28,6	0,0	11,1

Dados do inventário florestal, para todos os clones, região Oeste.

Clone	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (inventário)	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (Selegen)	DAP (cm)	Altura (m)	Falhas (%)	Mortas (%)
1	44,8	50,5	17,8	27,2	0,0	0,0
2	47,4	50,8	18,0	27,9	0,0	0,0
3	69,1	74,1	21,3	30,5	0,0	0,0
4	56,7	60,2	18,8	27,7	0,0	0,0
5	45,7	50,9	18,2	27,1	0,0	0,0
6	31,6	48,4	17,4	28,8	0,0	0,0
7	73,7	84,3	22,6	31,9	0,0	0,0
8	55,6	61,0	20,1	28,3	0,0	0,0
9	47,1	52,9	18,4	27,4	0,0	0,0
10	62,4	67,8	20,4	30,8	0,0	0,0
11	58,7	62,6	19,1	29,2	0,0	0,0
12	69,5	76,5	21,8	31,2	0,0	0,0
13	58,2	62,7	19,1	28,9	0,0	0,0
14	73,8	78,9	21,9	31,2	0,0	0,0
15	54,6	57,1	18,3	28,2	0,0	0,0
16	45,9	46,1	17,5	24,9	0,0	0,0
17	42,4	42,1	16,7	25,4	0,0	0,0
18	49,1	49,1	17,8	27,9	0,0	0,0
19	37,4	37,8	15,6	25,0	0,0	0,0
20	55,0	54,5	18,9	28,1	0,0	0,0
21	31,2	34,5	15,2	24,1	5,6	0,0
22	41,0	40,1	15,9	24,5	0,0	0,0
23	50,7	50,5	18,2	27,7	0,0	0,0
24	59,2	58,3	19,3	28,8	0,0	0,0
25	13,0	15,9	11,1	17,6	0,0	0,0

Clone	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (inventário)	IMA (m <sup>3</sup> /ha.ano <sup>-1</sup> ) (Selegen)	DAP (cm)	Altura (m)	Falhas (%)	Mortas (%)
26	36,5	35,7	14,8	24,4	0,0	0,0
27	28,1	29,8	14,1	23,6	0,0	0,0
28	23,4	25,5	13,8	21,6	0,0	0,0
29	35,5	36,6	15,6	25,7	0,0	0,0
30	19,5	21,9	12,9	20,5	0,0	0,0
31	37,2	40,2	16,0	26,1	0,0	5,6
32	13,6	16,5	10,7	19,9	0,0	0,0
33	11,8	14,8	10,4	18,0	0,0	0,0
34	29,2	30,8	14,3	23,9	0,0	0,0
35	38,7	39,5	16,4	25,3	0,0	0,0
36	27,9	31,0	14,5	24,6	0,0	5,6
37	40,0	40,7	16,5	25,5	0,0	0,0
38	76,8	74,4	21,6	29,9	0,0	0,0
39	54,7	54,2	18,6	28,5	0,0	0,0
40	54,3	55,9	18,2	29,3	5,6	0,0
41	32,8	34,1	14,7	25,9	0,0	0,0
42	29,7	31,2	14,5	23,6	0,0	0,0
43	52,4	52,1	18,4	27,5	0,0	0,0
44	50,3	50,1	17,5	27,9	0,0	0,0
45	55,7	55,1	18,4	29,6	0,0	0,0
46	65,2	63,8	20,1	29,9	0,0	0,0
47	66,9	74,5	21,4	30,9	0,0	0,0
48	42,3	42,8	16,5	27,1	0,0	0,0

APÊNDICE B - Dados de densidade básica, por repetição de análise

Clone	Região			
	Sul	Centro	Oeste	Norte
1	458	456	519	489
	456	459	506	487
2	459	500	513	494
	451	493	515	486
3	460	483	524	472
	460	495	521	483
4	462	479	522	488
	448	483	517	478
5	476	484	497	476
	476	481	501	478
6	493	494	575	534
	483	502	573	543
7	493	486	517	471
	487	475	531	481
8	429	455	451	440
	425	436	456	453
9	453	493	508	469
	455	472	498	474
10	440	511	510	510
	439	493	502	505
11	431	492	481	466
	434	490	480	470
12	471	476	538	509
	486	480	533	517
13	513	527	528	539
	509	517	532	530
14	449	471	477	453
	450	458	490	443
15	466	476	503	504
	465	474	503	499

## **APÊNDICE C**

**Artigo extraído deste estudo para publicação**

## Influência da Produtividade de Clones Híbridos de Eucalipto na Densidade da Madeira e na Polpação Kraft

David Evandro Fernandes<sup>1</sup>, José Lívio Gomide<sup>2</sup>, Jorge Luiz Colodette<sup>2</sup>, Maria Zélia Ferreira<sup>3</sup>

### Resumo

---

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da produtividade de 15 clones híbridos de eucalipto, plantados em quatro regiões de precipitações pluviométricas distintas, na densidade básica da madeira e na polpação kraft. Os resultados indicaram diferença significativa de incremento médio anual entre as regiões estudadas e correlação entre a produtividade e densidade básica da madeira, mostrando-se baixa quanto ao aspecto genético e alta para o ambiental. Também foi observado menor rendimento de celulose dos clones provenientes da região onde ocorreu menor produtividade e maior densidade da madeira. Contrariando outros estudos descritos em literatura, a demanda de álcali para polpação não apresentou correlação com o rendimento de celulose.

Palavras chaves: IMA, densidade básica, álcali efetivo, rendimento de celulose e polpação kraft.

### Abstract

---

*The objective of this study was to analyze the effect of fifteen eucalypt clones forest productivity on wood basic density and kraft pulping yield. Four regions with different raining intensities were used for this study. Results obtained demonstrated significant differences in forest annual growth increments and correlation between forest productivity and wood basic density, showed itself low concerning genetic aspect and negatively high, considering the environmental aspect. It was also detected lower pulping yields for eucalypts clones planted in lower productivity regions and having higher wood density. Differently from other studies published by technical literatures, the alkali charge for pulping did not show significant correlation with pulping yield.*

*Key-words: Annual Growth Increment, wood basic density, effective alkali, pulping yield, kraft pulping.*

---

<sup>1</sup> Aluno do Curso Mestrado Profissionalizante em Tecnologia de Celulose e Papel, da Universidade Federal de Viçosa/MG. - E-mail: david.fernandes@veracel.com.br

<sup>2</sup> Professor Titular do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – MG – CEP 36570.000 – Email: jlgomide@ufv.br e colodette@ufv.br

<sup>3</sup> Especialista em Mensuração Florestal da empresa Veracel Celulose SA – CEP 45820-970, Eunápolis/BA – Email: maria.zelia@veracel.com.br

## INTRODUÇÃO

A viabilidade de qualquer empreendimento florestal depende fundamentalmente de vários fatores, como disponibilidade de terras aptas na região de plantio, condições climáticas, distância até o local de consumo, características do solo e disponibilidade de material genético adaptado e adequado ao produto final, além de boa infraestrutura.

Dentre estes fatores, as condições climáticas, as características do solo e o material genético, influenciam diretamente a produtividade de plantações florestais e, como consequência, podem interferir também na qualidade da madeira. Na literatura são encontradas muitas citações sobre a correlação entre a taxa de crescimento das árvores e a densidade da madeira. Geralmente são descritas correlações positivas, negativas ou nulas embora, para a maioria dos estudos, a correlação negativa (maior taxa de crescimento proporcionando menor densidade) seja a mais aceita (MALAN, 1991 e WANG, 1984, citados por DOWNES, 1997, MIGLIORINI, 1986).

Estudos demonstram a existência de forte correlação positiva entre a densidade da madeira e dimensões das fibras, principalmente a espessura da parede celular e o comprimento (SILVA JUNIOR, 1997 e ALMEIDA, 2003) que, por sua vez, variam em função da idade das árvores e da taxa de crescimento. Outra característica que deve ser considerada é a grande proporção de madeira juvenil,

caracterizada por apresentar fibras com paredes mais finas e de menor comprimento, existente no tronco de árvores em áreas de rápido crescimento (TOMAZELO, 1987). O lenho juvenil é formado nos primeiros anos de crescimento do tronco, na região da medula, apresentando paredes celulares mais finas, menor diâmetro celular, menores comprimentos das fibras e dos vasos, teores mais baixos de celulose e glucomanas, mais xilanas e lignina, além de maiores quantidades de fibras e vasos (KOGA, 1988 citado por TRUGILHO et al. 1997).

A densidade básica da madeira é um parâmetro de grande importância nas indústrias siderúrgicas, conferindo maior poder calorífico ao carvão vegetal, e de celulose, onde exerce forte influência no consumo específico ( $m^3$  de madeira/tonelada de celulose), e também nas propriedades e qualidade da polpa. A densidade básica é muito utilizada em programas de melhoramento florestal e na seleção de árvores, por causa da alta herdabilidade e da relativa facilidade de determinação. Além da importância no consumo específico, a densidade da madeira pode afetar o consumo de químicos no cozimento e o rendimento do digestor, devido ao balanço de massa. Madeiras mais densas apresentam fibras com menor diâmetro do lúmen, o que implica em maior dificuldade para impregnação pelo álcali, podendo interferir na taxa de deslignificação. A grande maioria dos trabalhos publicados mostra correlação negativa entre rendimento de celulose e carga alcalina.



Entretanto, existem controvérsias em relação à correlação entre rendimento de celulose e densidade básica, que pode variar de negativa a quase nula (GOMIDE et al., 2005, QUEIROZ et al., 2004 e SANTOS, 2005).

Este estudo foi realizado com objetivo de avaliar os efeitos da produtividade florestal na densidade básica da madeira, em clones híbridos de eucalipto, e o impacto na polpação kraft, analisando especificamente a densidade básica, o rendimento de celulose e a carga alcalina.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento utilizado como base para este estudo foi um teste de competição genótipo x ambiente. Quarenta e oito clones híbridos de eucalipto foram plantados em quatro locais distintos, na região Extremo Sul da Bahia. Para este estudo, foram utilizados os 15 clones que apresentaram melhor produtividade. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com parcelas de seis plantas em linha, repetidas três vezes. O plantio foi realizado em setembro de 2000, no espaçamento 3 x 3 metros, recebendo como adubação 350 kg/ha de fosfato reativo, no fundo do sulco de subsolagem, e 180 kg/ha de NPK 10-15-20 + 1% de boro, aplicado em duas covas, ao lado das mudas, 10 dias após o plantio. O controle de plantas daninhas foi realizado de forma intensiva, pelo uso de herbicida glifosate, não tendo ocorrido qualquer competição com as plantas de eucalipto até o final do experimento no sétimo ano. Os quatro locais dos plantios

florestais, denominados Centro, Norte, Oeste e Sul, para demonstrar sua posição relativa, possuíam as seguintes características:

### Local I - Centro

- Latitude: 16°6'54,2"
- Longitude: 39°23'5,9"
- Tipo de solo: FTd1.1 (Plintossolo argilúvico, distrófico típico, textura média/ muito argilosa, A moderado, caulínítico, relevo plano).
- Precipitação: 1395 mm/ano

### Local II - Norte

- Latitude: 15°51'19,1"
- Longitude: 39°13'16,8"
- Tipo de solo: PAd4.1 (Argissolo amarelo, distrófico abrupático, textura arenosa/média/argilosa, A moderado, caulínítico, relevo plano).
- Precipitação: 1342 mm/ano

### Local III - Oeste

- Latitude: 16°20'45,689"S
- Longitude: 39°35'24,284"W
- Tipo de solo: PAdx6.1 (Argissolo amarelo, distrocoeso abrupático, textura média/argilosa ou muito argilosa, A moderado, epieutrófico ou não, endoálico, caulínítico, relevo plano).
- Precipitação: 1245 mm/ano

### Local IV - Sul

- Latitude: 16°48'59,94"S
- Longitude: 39°15'49,472"W
- Tipo de solo: PAdx6.1 (Argissolo amarelo, distrocoeso abrupático, textura média/argilosa ou muito argilosa, A moderado, epieutrófico ou não, endoálico, caulínítico, relevo plano).
- Precipitação: 1750 mm/ano

Para determinação do volume total das árvores de cada clone e posterior cálculo do incremento médio anual (IMA), todos os indivíduos nas quatro repetições tiveram a circunferência medida à altura do peito, com fita métrica, e a altura foi medida com hipsômetro tipo Suunto, sendo o volume calculado pela equação:

$$\ln(V) = -10,0954 + 1,7907 * \ln(DAP) + 1,1306 * \ln(HT)$$

Onde:

In = Logarítimo natural

V = Volume total(m<sup>3</sup>)

DAP = Diâmetro à altura do peito, tomado a 1,3 m do solo

HT = Altura total(m)

Após o cálculo do volume, foi utilizado o Software Selegen (REZENDE, 1997), para estimativa do valor genético dos clones, expresso em IMA, reduzindo assim o efeito ambiental no experimento.

Os 15 clones que apresentaram melhor desempenho, considerando o IMA e aspectos silviculturais, como retidão do tronco, ausência de doenças e conformação da copa, foram amostrados para determinação da densidade básica e realização de cozimentos kraft. Foram abatidas duas árvores de cada clone, aos 7 anos de idade, e retirados toretes de 1 metro de comprimento, a cada 25% da altura comercial (diâmetro mínimo de 6 cm, com casca). Os toretes foram transformados em cavacos num picador de disco DEMUTH de três facas. Os cavacos foram classificados em peneiras com malhas de 32 x 32 e 6 x 16 mm, eliminando-se aqueles com nós, os finos e os “oversize”.

Para a determinação da densidade básica das madeiras, os cavacos foram saturados com água quente ( $\pm 65^\circ \text{C}$ ), por 3 dias, e, a seguir, foram submetidos a vácuo em água a temperatura ambiente, por cerca de 12 horas. Após saturados, o excesso de água da superfície dos cavacos foi retirado com o auxílio de uma centrífuga industrial e, por último, foi utilizada balança hidrostática para determinação da densidade básica.

Os cozimentos kraft dos clones foram realizados em autoclave rotativa, com 04 reatores para 250g a.s. de cavacos cada um. Foram adotadas as seguintes condições de cozimento: a) Tempo de impregnação (rampa de aquecimento) = 90 minutos; b) Temperatura de cozimento =  $170^\circ \text{C}$ ; c) Tempo de cozimento = 45 minutos; d) Sulfidez = 30% e e) Relação licor/madeira = 4/1. Para determinar, por meio de modelo matemático, a carga de álcali necessária para obter número kappa 18, foram realizados, previamente, cozimentos exploratórios com cargas alcalinas diferentes para cada um dos quatro reatores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados referentes à produtividade dos clones, por região de plantio, expressos em IMA (Incremento médio anual). As produtividades dos clones, de forma geral, foram elevadas, considerando padrões conhecidos no Brasil para plantios de eucalipto. As altas produtividades alcançadas podem

ser explicadas pelo delineamento adotado no experimento, que foi o de parcelas lineares com três repetições. Nestas condições, os clones de maior arranque e, ou, capacidade de crescimento, apresentaram vantagem desde o início, resultando em elevados valores de IMA ao final do experimento, aos 7 anos de idade, devido ao pequeno número de repetições, neste caso três, não ser suficiente para eliminar o efeito competitivo de alguns clones.

Os dados apresentados na Tabela 1 mostram diferenças significativas entre as produtividades dos clones dentro das regiões, sendo este fato comum em experimentos de competição clonal. Após a verificação, por análise de variância, da existência de diferenças significativas entre regiões (Tabela 2), as médias de IMA foram analisadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, que mostrou a seguinte sequência de produtividade: Sul > Centro = Norte > Oeste, como apresentado na Tabela 1, onde as

médias seguidas pela mesma letra não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 1 – Incremento médio anual dos clones aos 7 anos de idade

IMA (m <sup>3</sup> /ha/ano)				
Clones	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
1	85,8	65,6	70,9	50,5
2	59,2	57,0	64,5	50,8
3	89,6	90,8	81,6	74,1
4	107,2	90,4	94,2	60,2
5	69,6	62,9	64,4	50,9
6	52,8	50,6	56,1	48,4
7	133,1	103,0	100,6	84,3
8	95,9	91,3	78,4	61,0
9	100,0	74,7	83,7	52,9
10	86,6	92,8	81,9	67,8
11	98,3	84,3	82,6	62,6
12	140,1	105,0	66,0	76,5
13	115,2	83,1	88,7	62,7
14	134,5	93,9	100,8	78,9
15	100,2	82,6	66,8	57,2
Média	97,9 <b>a</b>	81,9 <b>b</b>	78,7 <b>b</b>	62,6 <b>c</b>

Tabela 2 - Análise de variância para Incremento Médio Anual (m<sup>3</sup>/ha.ano<sup>-1</sup>)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento (regiões)	3	9.411,71	3.137,24	29,57	0,0000 <sup>S</sup>
Bloco (clones)	14	13.239,22	945,66	8,91	0,0000 <sup>S</sup>
Erro	42	4.455,44	106,08		
Total	59	27.106,37			
CV (%)	12,83				
Média	80,3				

Esta tendência observada para as médias das regiões representa muito bem o comportamento dos clones nas regiões Sul e Oeste, sendo que nas outras regiões, eles apresentaram variações, alguns com produtividade

maior na região Centro e outros na região Norte.

Procurou-se na implantação do experimento nas quatro regiões, colocá-los em condições semelhantes de solo, sendo que todos apresentam gradiente

textural, existindo alguma variação no teor de argila entre eles. Porém, com o conhecimento existente sobre o efeito positivo que os índices de precipitação exercem na produtividade do eucalipto, as diferenças ocorridas entre as regiões podem ser explicadas pelas médias anuais de chuvas ocorridas no período do experimento (1750 mm/ano na região Sul, 1395 mm/ano na região Centro, 1342 mm/ano na região Norte e 1250 mm/ano na região Oeste).

Na Figura 1, é apresentada a correlação entre as médias de IMA e precipitação, confirmando o acima exposto. Por esta regressão, verifica-se o incremento de 6,17 m<sup>3</sup>/ha/ano, para cada 100 mm de precipitação.

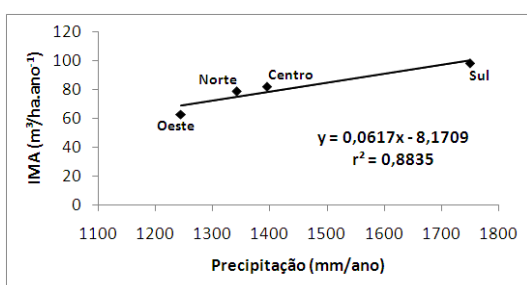


Figura 1 – Correlação entre as médias de IMA e precipitação

Estudando o efeito do suprimento de água em plantios clonais de eucalipto, STAPE et al. (2010) observaram crescimento 30% maior em parcelas irrigadas, comparado com as não irrigadas, comprovando o efeito positivo da água na produtividade de plantios florestais de eucaliptos.

Na Tabela 3 são apresentadas as densidades básicas das madeiras dos clones nas diferentes regiões de plantio.

Como mencionado anteriormente, na literatura especializada são encontrados resultados contraditórios para a correlação entre produtividade e densidade da madeira, ou seja, correlações tanto negativas, como positivas ou nulas têm sido encontradas. Os resultados mostram que os clones apresentaram médias de densidade com diferenças significativas entre as regiões pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com a sequência Oeste > Centro = Norte > Sul, sendo esta oposta à produtividade(IMA).

Tabela 3 – Densidade básica da madeira, dos clones aos 7 anos de idade

Densidade Básica (kg/m <sup>3</sup> )				
Clones	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
1	457	457	488	513
2	455	497	490	514
3	460	489	477	523
4	455	481	483	519
5	476	483	477	499
6	488	498	539	574
7	490	480	476	524
8	427	446	446	453
9	454	482	472	503
10	440	502	507	506
11	433	491	468	480
12	478	478	513	536
13	511	522	535	530
14	450	465	448	484
15	466	475	501	503
<b>Média</b>	<b>462,7a</b>	<b>483,1b</b>	<b>488,0b</b>	<b>510,7c</b>

Tabela 4 - Análise de variância para densidade básica (kg/m<sup>3</sup>)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento (regiões)	3	17.530,98	5.843,66	28,82	0,000 <sup>S</sup>
Bloco (clones)	14	24.662,43	1.761,60	8,69	0,000 <sup>S</sup>
Erro	42	8.541,77	202,73		
Total	59	50.708,18			
CV (%)	2,93				
Média geral	486,1				

A correlação entre produtividade e densidade básica da madeira, para os resultados obtidos neste estudo, pode ser analisada sobre dois aspectos distintos, ou seja:

a) Aspecto genético - baixa correlação, considerando os dados de densidade e IMA dos 15 clones dentro de cada região, conforme se observa na Figura 2.

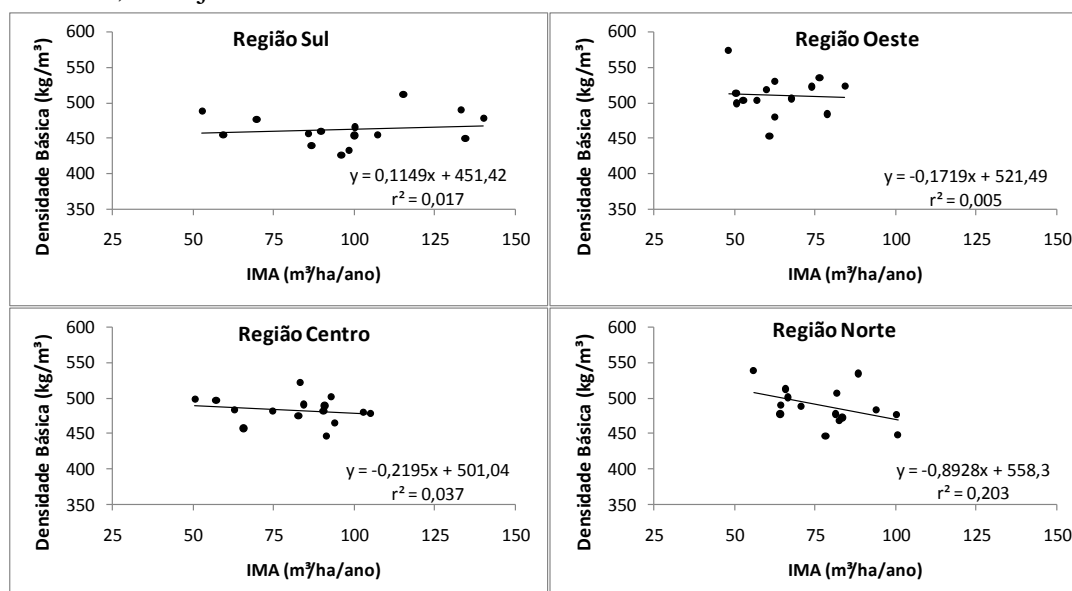


Figura 2 – Correlação entre densidade básica e IMA, para os 15 clones, dentro de cada região(aspecto genético).

b) Aspecto ambiental – considerando separadamente o comportamento de cada clone nas quatro regiões (Sul, Centro, Norte e Oeste), nota-se que 11 dos 15 clones apresentam correlação negativa moderada a alta, entre a densidade básica e o IMA, os restantes quatro clones também tiveram correlação negativa, porém baixa. Para as regiões Sul e Oeste, onde ocorrem os maiores contrastes para ambos

parâmetros, 100% dos clones têm maior produtividade e menor densidade na região Sul, ocorrendo o oposto para região Oeste. A Figura 3 mostra a correlação entre densidade básica e IMA para cada um dos 15 clones(aspecto ambiental).

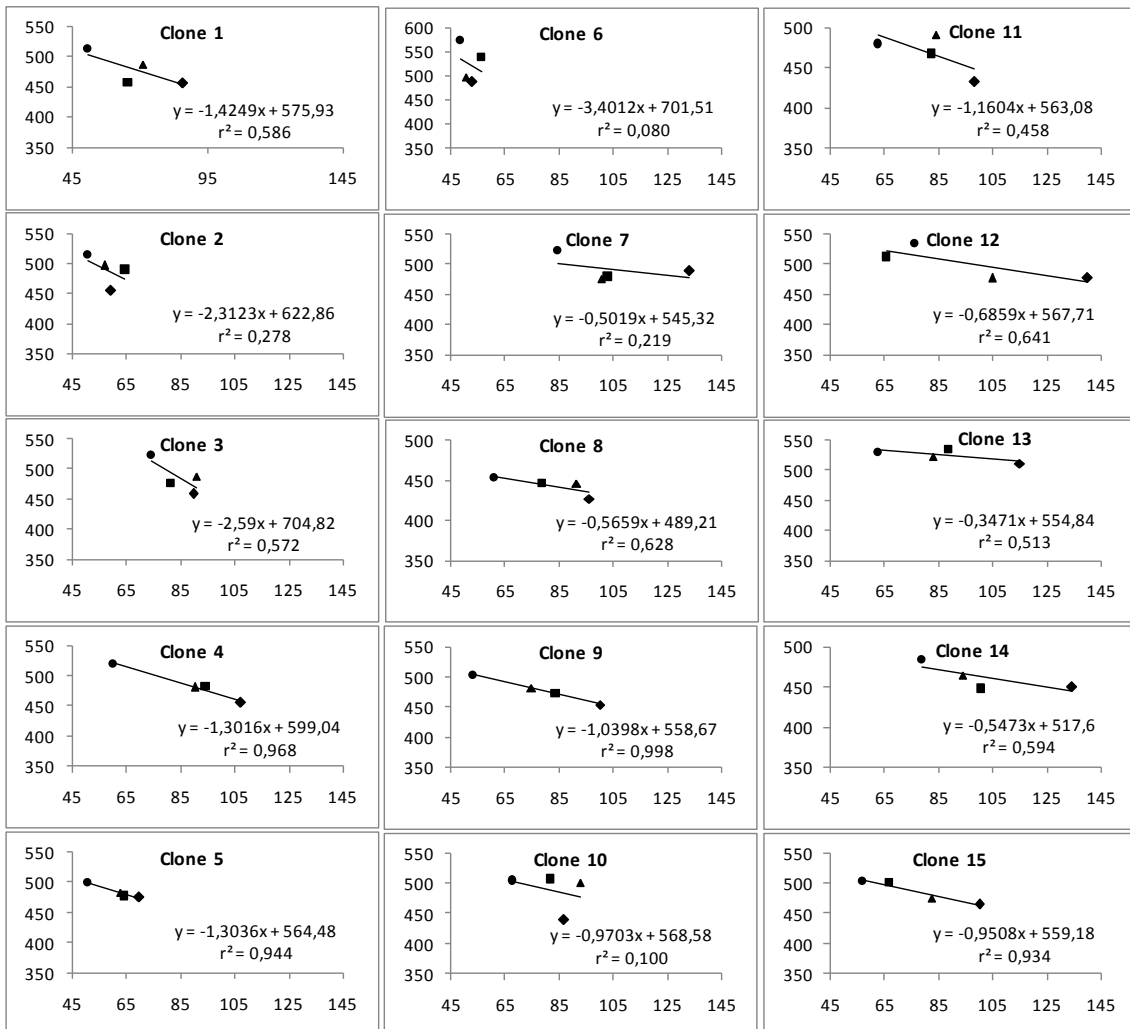
A baixa correlação negativa entre produtividade florestal e densidade básica, considerando o aspecto genético é muito desejável, pois indica a possibilidade de selecionar clones de

alta produtividade e alta densidade básica, sendo dois parâmetros essenciais nos programas de melhoramento genético (FONSECA et al., 2001). Um bom exemplo foi o clone 13 que apresentou IMA de 115,2 m<sup>3</sup>/ha/ano e densidade básica de 511 kg/m<sup>3</sup>, na região Sul, onde a média foi de 462,7 kg/m<sup>3</sup>.

Quanto ao aspecto ambiental, representado pelas regiões de plantio, a implicação prática da correlação negativa entre a produtividade e a densidade da madeira, é a recomendação de clones para plantios

comerciais, sugerindo o direcionamento de clones com densidades básicas mais baixas e IMA's altos, para regiões de menor potencial de crescimento, objetivando melhoria da produtividade, cuidando para que os valores de densidade básica estejam dentro da faixa requerida pelo processo industrial para o qual a madeira será direcionada.

A figura 3, mostra a correlação entre densidade básica e IMA para cada um dos 15 clones, demonstrando claramente tendência negativa entre estes dois parâmetros.



Legenda: ▲ Centro ■ Norte ● Oeste ◆ Sul

Figura 3 – Correlação entre densidade básica (eixo y) e IMA (eixo x), para cada clone, nas quatro regiões (aspecto ambiental).

Na Tabela 4 são apresentados os resultados de rendimento dos cozimentos Kraft das madeiras dos 15 clones. As médias por região mostraram que apenas a região Oeste difere significativamente das demais, sendo Sul, Centro e Norte, estatisticamente iguais, conforme indicado pelas letras à frente das médias na Tabela 8, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Rendimento de cozimento kraft das madeiras dos clones

Rendimento de Celulose (%)				
Clones	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
1	51,4	49,4	51,5	51,0
2	51,7	52,1	51,8	51,5
3	53,5	52,3	51,0	52,1

.... Continua

Tabela 4 - Continuação

Rendimento de Celulose (%)				
Clones	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
4	52,9	51,8	52,4	52,0
5	52,9	51,3	52,0	51,6
6	54,9	52,7	53,5	51,6
7	50,6	50,8	50,3	50,6
8	52,4	52,1	52,6	51,5
9	51,8	53,0	53,2	51,2
10	52,7	52,1	51,1	51,2
11	53,9	53,5	53,4	51,9
12	52,8	52,7	52,2	50,8
13	51,0	50,1	51,2	49,2
14	51,2	51,5	51,2	50,8
15	53,2	51,6	50,9	48,6
Média	52,5a	51,8a	51,9a	51,0b

Tabela 5 - Análise de variância para rendimento de cozimento (%)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento (regiões)	3	15,31	5,10	9,43	0,000 <sup>S</sup>
Bloco (clones)	14	40,35	2,88	5,33	0,000 <sup>S</sup>
Erro	42	22,72	0,54		
Total	59	78,38			
CV (%)		1,42			
Média geral		51,8			

Outra correlação importante para os programas de melhoramento genético é entre densidade básica e rendimento de celulose, que neste estudo também foi analisada separando-se os aspectos genético e ambiental, como segue:

a) Aspecto genético – baixa correlação, considerando os valores de densidade e rendimento de celulose dos 15 clones dentro de cada região, conforme mostrado na Figura 4.

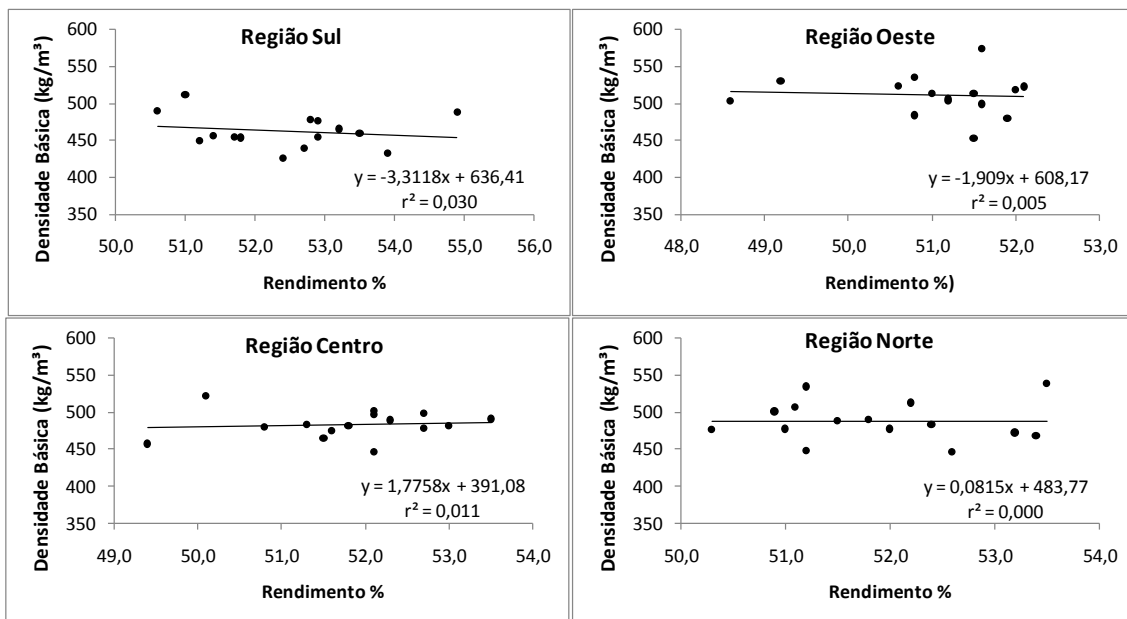


Figura 4 – Correlação entre densidade básica e rendimento de celulose, para os 15 clones, dentro de cada região (aspecto genético).

b) Aspecto ambiental – na região Oeste, onde os clones apresentam maior densidade básica, observa-se que os rendimentos de celulose foram inferiores, com diferença estatisticamente significativa para as demais regiões. Este efeito inverso da densidade sobre o rendimento parece ser mais efetivo para valores mais altos de densidade básica, como na região Oeste, devido a maior dificuldade de impregnação dos cavacos pelo álcali, por isso, nem sempre pode ser observada, conforme relatado por BARRICHELLO (1983)

QUEIROZ et al. (2004), trabalhando com dois clones de eucalipto de densidades básicas bem distintas (447 e 552 kg/m<sup>3</sup>), encontraram, também, relação inversa entre densidade e rendimento de celulose. Estes autores mencionaram que, provavelmente, este fato ocorre devido à maior dificuldade de impregnação dos cavacos de maior densidade, o que resulta em maior

demanda de álcali no cozimento e, conseqüentemente, em rendimento mais baixo.

A baixa correlação quanto ao aspecto genético entre densidade básica e rendimento de celulose, tem a mesma implicação prática que a correlação entre densidade e IMA para o programa de melhoramento genético, ou seja, abre a possibilidade de se selecionar clones de alta densidade e rendimento de celulose, com impacto direto sobre o consumo específico (m<sup>3</sup> de madeira por t de celulose).

Na Tabela 6 são apresentadas as cargas de álcali utilizadas na polpação kraft das madeiras dos 15 clones de eucalipto. Os valores obtidos, podem ser considerados altos para álcali efetivo, mas se devem ao cozimento Batch, sem circulação de licor.

A correlação entre a carga de álcali e o rendimento de cozimento foi baixa, contrariamente a resultados encontrados na literatura que, de forma geral,



mostram forte correlação negativa entre estes dois parâmetros, como no estudo de GOMIDE et al. (2005) e FERREIRA et al. A análise de variância foi realizada, indicando não haver diferença significativa para a carga de álcali dos clones entre as regiões (Tabela 7).

Tabela 6 – Carga de álcali efetivo dos cozimentos Kraft

Carga de Álcali (AE), %				
Clones	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
1	22,8	23,7	22,3	23,0
2	21,7	20,9	22,1	20,3
3	22,8	20,9	21,8	21,3
4	20,9	21,4	21,2	21,0
5	21,7	23,0	21,9	21,9

...Continua

Tabela 6 - Continuação

Carga de Álcali (AE), %				
Clones	Região			
	Sul	Centro	Norte	Oeste
6	19,1	21,0	19,7	21,9
7	23,0	21,7	23,2	21,0
8	22,2	21,8	20,7	21,3
9	21,6	20,4	20,6	20,9
10	21,7	20,4	23,3	21,5
11	19,3	21,4	21,0	20,1
12	19,9	20,8	21,3	21,1
13	21,5	23,3	21,6	22,2
14	22,6	21,1	22,8	20,9
15	20,6	22,0	21,6	22,1
Média	21,4a	21,6a	21,7a	21,3a

Tabela 7 - Análise de variância para carga de álcali (%)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento (regiões)	3	0,90	0,30	0,42	0,739NS
Bloco (clones)	14	28,14	2,00	2,82	0,000S
Erro	42	29,95	0,71		
Total	59	58,99			
CV (%)	3,93				
Média geral	21,5				

Nota: Não foi avaliado neste estudo, o residual de álcali dos cozimentos, que permitiria o cálculo do consumo de álcali para cada clone, isto talvez indicasse alguma tendência com o rendimento de celulose.

A Figura 5, mostra a não existência de correlação entre rendimento e carga de álcali para as médias das quatro regiões estudadas.

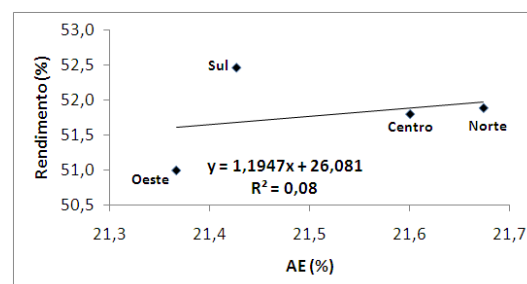


Figura 5 – Correlação entre rendimento e álcali efetivo, por região.

## CONCLUSÕES

Os resultados encontrados neste trabalho permitiram concluir que:

- houve influência dos índices de precipitação na produtividade dos clones de eucalipto.
- a produtividade influenciou negativamente a densidade da madeira, ou seja, na região mais produtiva os clones apresentaram menor densidade básica e vice-versa.
- Apenas o nível mais baixo de produtividade, resultou em menor rendimento de polpação, sendo que para os demais não foi observada diferença significativa.
- a correlação entre rendimento de polpação e a carga de álcali demandada nos cozimentos não foi significativa.

## AGRADECIMENTOS

À empresa Veracel Celulose, pelo apoio na realização do Curso de Mestrado e permissão para a divulgação dos resultados deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. S. – Influência da carga alcalina no processo de polpação Lo-Solids para madeiras de eucalipto – Dissertação de mestrado – USP – Setembro – 2003.

BARRICHELO, L.E.G; BRITO, J.O.; DO COUTO, H.T.Z. e CAMPINHOS JUNIOR, E. – Densidade básica, teor de holocelulose e rendimento de celulose de madeiras de *Eucalyptus grandis*, Revista Silvicultura, Vol. 8, n.32, p.802-8, set/out 1983.

DOWNES, G.M. et al. – Sampling plantation eucalypts for wood and fiber properties – CSIRO Publishing, Austrália, 1997; Appendix 1-Pag 89,91; Appendix 2- Pag 100-101.

FERREIRA, C.R.; FANTINI JUNIOR, M.; COLODETTE, J,L.; GOMIDE, J.L.; CARVALHO, A. M. M. L. – Avaliação tecnológica de clones de eucalipto: parte 1 – Qualidade da Madeira para produção de cellulose Kraft – Revista Scientia florestalis, n.70, p.161-170, Piracicaba/SP, abril 2006.

FONSECA, S.M.; COSTA, M.M.; FONSECA, M.J.O.; FERNANDES, D.F. e SOUZA, E. – Avaliação tecnológica da madeira das florestas da CENIBRA, aos 7 anos de idade, para Produção de Celulose Kraft – Informativo Técnico CENIBRA – Nº 2 – Março 2001.

GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L.; OLIVEIRA, R.C.; SILVA, C.M, - Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de Eucalyptus do Brasil. Revista *Árvore*, vol 29, nº 1, Viçosa/MG Jan/Feb 2005.

MIGLIORINI, A.J. - Variação da densidade básica da madeira de Eucalyptus grandis Hill Ex. Maiden em função de diferentes níveis de produtividade da floresta. Dissertação de mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba, 1986.

QUEIROZ S.C.S.; GOMIDE J.L.; COLODETTE, J.L. e OLIVEIRA R.C. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden x Eucalyptus urophylla S.T. Blake clones. Revista *Árvore*, vol. 28, nº 6, Viçosa Nov/Dez. 2004.

RESENDE, M.D.V.; OLIVEIRA, E.B. Sistema "SELEGEN" – Seleção Genética Computadorizada para o Melhoramento de Espécies Perenes. Revista PAB, Colombo, n 32. V. 9. Setembro, 1997.

SANTOS, S.R. – Influência da qualidade da madeira de híbridos de sobre silvicultura e melhoramento de Eucalyptus. vol. 3, pag. 269 – 275, Salvador/BA.1997.

Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla e do processo kraft de polpa branqueada. Dissertação de mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba. julho 2005.

SILVA JUNIOR, F.G. Potencialidade da seleção precoce de Eucalyptus urophylla em função da qualidade da madeira destinada à produção de celulose. Trabalho apresentado no 30º Congresso da ABTCP, São Paulo/SP; Novembro 1997.

STAPE J. L., et al. – The Brazil Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. *Forest Ecology Management* (2010), doi: 10.1016/j.foreco.2010.01.012.

TOMAZELLO, M.F. – Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de Eucalyptus saligna e E. grandis – Serie técnica IPEF; vol 29; nº 4; pag. 25-36 – 1985.

TRUGILLHO, P.F.; MENDES L.M.; SILVA, J.R.M.; LIMA, J.T. Influência da idade nas características físicas, químicas e anatômicas da madeira de E. grandis. *Anais da Conferência IUFRO*