



**THAISE DA SILVA SOUZA**

**DESEMPENHO DE CLONES DE EUCALIPTO  
EM FUNÇÃO DE CONDIÇÕES AMBIENTAIS**

**LAVRAS – MG  
2016**

**THAISE DA SILVA SOUZA**

**DESEMPENHO DE CLONES DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DE  
CONDIÇÕES AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

Coorientador

Dr. Bruno Marco de Lima

**LAVRAS-MG**

**2016**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Souza, Thaise da Silva.

Desempenho de clones de eucalipto em função de condições ambientais / Thaise da Silva Souza. – Lavras : UFLA, 2016.

65 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador(a): Magno Antonio Patto Ramalho.

Bibliografia.

1. Genética quantitativa. 2. Melhoramento de eucalipto. 3. Interação dos genótipos x ambientes. 4. Estabilidade. 5. Adaptabilidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**THAISE DA SILVA SOUZA**

**DESEMPENHO DE CLONES DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DE  
CONDIÇÕES AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de março de 2016.

Dr. Gabriel Dehon Sampaio Peçanha Rezende

FIBRIA

Dr. Bruno Marco de Lima

FIBRIA

Dr. Magno Antonio Patto Ramalho  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2016**

*Aos meus pais, José e Dinomá, **Dedico.***

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus pela força, amor, proteção, sabedoria e por guiar meus passos nesta trajetória.

Aos meus pais, José e Dinomá, pelo apoio, suporte, amor e incentivo.

À minha família, que sempre esteve muito presente apesar da distância.

Ao meu querido companheiro, Ian, pela paciência, apoio e amor.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela oportunidade.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela concessão de bolsas de estudo.

À Fibria Celulose S.A. por disponibilizar os dados para a realização deste estudo, em especial ao Gabriel Dehon S. P. Rezende e ao Bruno Marco de Lima, pela atenção e apoio prestados.

Ao Professor Magno pela excelente orientação e por ser um exemplo de profissional. Pela dedicação, paciência, amizade, ensinamentos, incentivo, e, principalmente, por ter acreditado no meu trabalho. Me orgulho de ter sido sua orientada.

Aos queridos amigos Fran, Chico, Emanuel e Jéssica, que foram uma família para mim em Lavras. Aos amigos especiais Camila, Ana Izabella, Kellen, Vavá, Vitor, Rita, Suellen, Andréia, Cintia e Eveline.

Aos colegas do Grupo do Feijão pelo trabalho em equipe e momentos de descontração.

Aos Professores do Programa, João Bosco, João Cândido, Elaine, José Airton e César por todo conhecimento e experiência transmitidos.

Aos funcionários Zélia, Raffaella, Lilian, Lamartine, D. Iron e Roselice pelos imensos favores prestados e pela boa vontade no dia a dia.

À todos que participaram desta conquista, muito obrigada!

## RESUMO

Um dos grandes desafios da exploração florestal é identificar clones que possam ser recomendados para as diversas condições em que o eucalipto é cultivado, visto que a atividade florestal é conduzida em milhares de hectares, muitas vezes situada em diferentes estados e com ampla variação nas condições ambientais. Neste contexto, este trabalho teve o objetivo de, utilizando experimentos de avaliação de clones conduzidos em diferentes locais do Brasil, verificar se o local de seleção do clone afeta o seu desempenho quando utilizado em outras regiões e estimar a contribuição de vários fatores de clima e solo no desempenho clonal quando avaliados em diferentes condições ambientais. Foram utilizados os dados de crescimento referentes à avaliação de 49 clones de eucalipto da empresa Fibria Celulose S.A. em oito ambientes, nos estados do Espírito Santo, Bahia, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Os testes clonais foram instalados no delineamento de blocos casualizados, com 30 repetições em sete ambientes e 40 em outro, e parcela de uma planta. Dados referentes ao diâmetro à altura do peito (DAP), à altura (h) e ao volume (V) das árvores, aos três anos, foram submetidos às análises de variância por ambiente e, posteriormente, à análise conjunta. Equações de regressão entre a variável dependente volume (Y) e as variáveis independentes, fatores ambientais de clima e solo (X), foram obtidas. Constatou-se que os clones da empresa demonstraram grande variação no potencial genético. A interação clones x locais foi expressiva evidenciando que, em termos de desempenho volumétrico, o comportamento dos clones não foi coincidente nos diferentes locais. A resposta aos fatores ambientais variou entre os clones, especialmente para altitude, precipitação, boro e zinco. Para a maioria dos clones, o local de seleção não propiciou maior adaptação à sua região de origem. Destacaram-se os clones 8 e 22 como os mais estáveis e adaptados às três regiões de exploração florestal da empresa.

Palavras-chave: Genética quantitativa. Melhoramento de eucalipto. Interação dos genótipos x ambientes. Estabilidade. Adaptabilidade.

## ABSTRACT

One of the great challenges of forestry exploitation is to identify clones that can be recommended to the various conditions in which the *Eucalyptus* is grown, since forestry is conducted in thousands of hectares, often located in different states and with wide variation in environmental conditions. In this context, this study aimed, using clones evaluation experiments conducted in different parts of Brazil, verify if the clone site selection affects its performance when used in other regions and to estimate the contribution of various climate and soil factors on clonal performance when evaluated in different environmental conditions. Were used the growth data from assessment of 49 *Eucalyptus* clones from Fibria Celulose S.A. company in eight environments in Espírito Santo, Bahia, São Paulo and Mato Grosso do Sul states. The clonal tests were installed in a randomized block design, with 30 replications in seven environments and 40 in the other, and plot of one plant. Data relating to the diameter at breast height (DAP), height (h) and volume (V) of trees, with three years, were submitted to analysis of variance by environment and, subsequently, by the joint analysis. Regression equations between the dependent variable volume (Y) and the independent variables, environmental factors of climate and soil (X) were obtained. It was found that the company clones showed great variation in the genetic potential. The clones x locations interaction was significant demonstrating that, in terms of volumetric performance, the behavior of the clones were not coincident in different locations. The response to environmental factors varied among clones, especially for altitude, rainfall, boron and zinc. For most of the clones, the site selection did not provide greater adaptation to their origination region. Highlight for clones 8 and 22 as the most stable and adapted to the three exploitation regions of the forestry company.

Keywords: Quantitative genetics. *Eucalyptus* breeding. Genotype x environment interaction. Stability. Adaptability.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização dos experimentos nos quatro Estados da Federação.....	24
Figura 2	Temperatura média mensal ocorrida nos oito ambientes no período avaliado (2010 a 2013).....	27
Figura 3	Precipitação total mensal ocorrida nos oito ambientes no período avaliado (2010 a 2013).....	28
Figura 4	Média do volume de madeira ( $m^3/\text{árvore}$ ) dos clones de eucalipto por ambiente. Dados obtidos na avaliação de 49 clones, aos três anos, nos oito ambientes avaliados.....	35
Figura 5	Média do volume de madeira ( $m^3$ ) obtido por clone de eucalipto. Dados médios de oito ambientes aos três anos de idade.....	37
Figura 6	Representação gráfica do volume de madeira de eucalipto dos clones 7, 8, 22 e 37 avaliados em oito ambientes. Dados médios padronizados.....	40
Figura 7	Representação gráfica do volume de madeira de eucalipto dos clones 18, 19, 20 e 43 avaliados em oito ambientes. Dados médios padronizados.....	41
Figura 8	Contribuição percentual média dos ambientes para a interação G x A, Ecovalência ( $W_j$ ). Dados de volume de madeira aos três anos de idade, obtidos na avaliação de 49 clones de eucalipto em oito ambientes.....	42
Figura 9	Contribuição percentual média dos clones para a interação G x A, Ecovalência ( $W_i$ ). Dados de volume de madeira aos três anos de idade, obtidos na avaliação de 49 clones de eucalipto em oito ambientes.....	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização dos 49 clones avaliados nas unidades experimentais Aracruz (ARA), Jacareí (JAC) e Três Lagoas (TLS).....	22
Tabela 2	Caracterização dos ambientes em que foram realizados os experimentos dentro de cada região.....	24
Tabela 3	Caracterização dos oito ambientes avaliados de acordo com as variáveis altitude (m), soma térmica (°C) e precipitação (mm).....	25
Tabela 4	Resultado das análises químicas do solo em que foram realizados os experimentos de acordo com as variáveis boro (mg/Kg), ferro (mg/Kg), fósforo (mg/Kg), pH, potássio (cmolc/dm <sup>3</sup> ) e zinco (mg/Kg).....	26
Tabela 5	Análises de variância por ambiente para as variáveis diâmetro a altura do peito (cm) (DAP), altura (m) (ALT) e volume (m <sup>3</sup> /árvore) (VOL) de eucalipto, aos três anos.....	32
Tabela 6	Análises de variância conjunta dos oito ambientes para volume de madeira de eucalipto (m <sup>3</sup> /árvore) aos três anos. Decomposição do efeito de ambientes de acordo com a região geográfica de avaliação dos clones. Decomposição do efeito de origens de acordo com as origens de seleção dos clones (Aracruz (ARA), Jacareí (JAC) e Três Lagoas (TLS)).....	34
Tabela 7	Média do volume de madeira (m <sup>3</sup> ) de eucalipto obtido na avaliação de 49 clones em oito ambientes aos três anos de idade.....	38
Tabela 8	Estimativa dos coeficientes de determinação (R <sup>2</sup> ) da regressão entre o volume de madeira de eucalipto (Y) e os diferentes dados das variáveis ambientais (X) (altitude (ALT), soma térmica (ST), precipitação (PPT), boro (BOR), ferro (FER), pH (PH) e zinco (ZIN)) nos oito ambientes em que os 49 clones foram avaliados.....	45
Tabela 9	Estimativa dos coeficientes de determinação (R <sup>2</sup> ) obtido nas equações de regressão múltipla entre o volume de madeira de eucalipto (Y) e as variáveis ambientais (X) dos oito ambientes de avaliação. Análise de stepwise.....	47

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>O eucalipto na silvicultura brasileira.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Melhoramento de eucalipto no Brasil.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Interação genótipos x ambientes, adaptabilidade e estabilidade.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização dos clones avaliados.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracterização dos ambientes em que foram conduzidos os experimentos.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>Dados obtidos.....</b>	<b>29</b>
<b>3.4</b>	<b>Análises estatísticas.....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda por produtos madeireiros oriundos de florestas plantadas tem aumentado intensamente no Brasil, impulsionando um rápido crescimento das indústrias de base florestal no país. Estas indústrias se caracterizam pela ampla diversidade de produtos, apresentando grande destaque nos mercados de papel e celulose, energia, madeira serrada, painéis e laminados.

A madeira de *Eucalyptus* é utilizada para o abastecimento da maior parte da indústria de base florestal brasileira, sendo o gênero florestal mais implantado e estudado (OLIVEIRA, 2007), em consequência da boa adaptação às diferentes condições de solo e clima e elevada produtividade. De acordo com o Anuário Estatístico de 2015 da Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ, a área brasileira de plantios florestais, em 2014, atingiu 7,74 milhões de hectares, sendo que os plantios de eucalipto representaram 71,8% desta área.

Devido à importância econômica dos plantios comerciais de *Eucalyptus*, os interesses e investimentos em programas de melhoramento genético e de manejo para espécies do gênero têm se intensificado e proporcionado o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas para avaliação e seleção de clones com bons fenótipos para as características silviculturais e tecnológicas. Esta estratégia tem dado certo, a produtividade dos plantios com espécies do gênero passou de 20 m<sup>3</sup>/ha/ano de madeira, em 1960, para mais de 45 m<sup>3</sup>/ha/ano atualmente (RAMALHO et al., 2012).

A continuidade desse progresso na produtividade por área passa necessariamente pela avaliação mais intensiva dos clones antes de sua recomendação. O maior desafio é identificar os clones para os mais diversos locais das empresas e, sobretudo, para os anos futuros quando eles serão efetivamente disponibilizados para a exploração florestal. Em uma situação como essa, é esperado que a interação clones x ambientes exerça grande influência na expressão fenotípica, isto é, o comportamento dos clones

certamente não será coincidente nos diferentes ambientes. Esse fato tem sido comum na cultura do eucalipto no Brasil (SANTOS, 2012; ROCHA et al., 2005; NUNES et al., 2002; SOUZA et al., 1993).

O cultivo do gênero no país é realizado em condições bem distintas. Existindo em áreas extensas próximas ao litoral, onde a precipitação normalmente não é limitante, mas ao nível do mar, e em áreas com altas altitudes, em que as baixas temperaturas podem reduzir o crescimento em determinados períodos. Outros cultivos ocorrem no Brasil Central, em que a fertilidade do solo nem sempre é favorável, aliada a períodos com déficit hídrico e associados a altas temperaturas. Adicionalmente, ocorre a expansão dos cultivos para regiões mais ao Norte, em que as condições são totalmente diferentes das utilizadas atualmente com as espécies do gênero.

O que se questiona é se os clones avaliados em determinadas condições podem apresentar comportamento coincidente em outra condição. Questiona-se, também, quais seriam os fatores ambientais, de clima e solo, que explicam a ocorrência de interação e, mais ainda, se seria possível identificar clones específicos para determinadas condições de clima e solo.

Alguns fatores ambientais têm sido pesquisados visando à identificação de clones para condições específicas, especialmente de manejo (MAGALHÃES, 2013; BERGER et al., 2002). Contudo, nesses trabalhos foi utilizado número restrito de clones, oriundos normalmente de uma mesma condição de seleção e focando em poucos fatores ambientais.

Este trabalho teve como objetivo: i) verificar se o local de seleção do clone afeta o seu desempenho quando utilizado em outras regiões; e ii) estimar a contribuição de vários fatores de clima e solo no desempenho clonal quando avaliados em diferentes condições ambientais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O eucalipto na silvicultura brasileira

O eucalipto tem sido preferencialmente utilizado nos reflorestamentos brasileiros devido às suas características de adaptação às mais diversas condições de clima e solo, ao seu rápido crescimento, e à diversificação do uso de sua madeira. Dentre as principais espécies utilizadas, *Eucalyptus grandis* e seus híbridos interespecíficos, principalmente com a espécie *E. urophylla* continuam sendo as mais importantes, em face de seu uso intensivo e crescente nos segmentos industriais e, mais recentemente, para a produção de madeira serrada (PINTO JÚNIOR; GARLIPP, 2008).

No Brasil, o eucalipto encontrou ótimas condições de clima e solo para se desenvolver, apresentando produtividade superior a outros países produtores (BRACELPA, 2011). A rotação florestal de suas espécies no país é de cinco à sete anos, inferior a países como África do Sul (8-10 anos), Chile (10-12 anos), Portugal (12-15 anos) e Espanha (12-15 anos) (VOTORANTIM CELULOSE E PAPEL, 2004).

A madeira produzida é destinada para celulose e papel, geração de energia, biorredutor na siderurgia, manufatura de painéis a base de madeira reconstituída (aglomerados e chapas de fibra), obtenção de madeira roliça (postes, dormentes, estacas, escoras, etc.), produção de sólidos madeiráveis a partir de serrados (móveis, vigas, pisos, esquadrias, portas) e laminados (chapas de compensado) (FILHO; SANTOS, 2011).

A área brasileira de plantios de *Eucalyptus* atinge 5,56 milhões de hectares, o que representa 71,8 % do total de florestas plantadas no país e estão localizados principalmente nos Estados de Minas Gerais (25,2%), São Paulo (17,6%) e Mato Grosso do Sul (14,5%) (IBÁ, 2015). A maior concentração de plantios florestais na Região Sudeste do país se justifica em função da localização das principais indústrias de base florestal. Contudo,

observa-se a tendência de expansão dos plantios para o Sul, Centro-Oeste, Norte e Nordeste.

Do total de 7,74 milhões de hectares de árvores plantadas no Brasil, o segmento de papel e celulose concentra 34,0% desta área, seguido pelos segmentos de produtores independentes e fomentados (26,8%), siderurgia e carvão vegetal (15,2%), investidores financeiros (10,2%), painéis de madeira e pisos laminados (6,8%), serrados, móveis e outros produtos sólidos (3,6%) e outros (3,4%) (IBÁ, 2015). A maior parte da área com plantios de eucalipto, cerca de 70%, é destinada ao segmento de celulose e papel, seguido pelos segmentos de siderurgia e carvão e painéis de madeira industrializada. Em 2014, 36,8% de toda a madeira de florestas plantadas produzida no país foi utilizada para a produção de celulose e papel, ao passo que a produção de painéis reconstituídos e a indústria madeireira consumiram, respectivamente, 7,5% e 16,7% do total de madeira produzida. O restante (38,9%) foi destinado à produção de carvão vegetal, lenha e outros produtos florestais (IBÁ, 2015).

A principal vantagem competitiva do Brasil, além de suas condições ambientais favoráveis, é a sua tecnologia florestal, baseada em programas de melhoramento genético e de multiplicação clonal do eucalipto desenvolvido nos últimos trinta anos (PINTO JÚNIOR, 2004). Contudo, o melhoramento constitui-se numa etapa cara e demorada, havendo, portanto, a necessidade de se fazer uso de outras ferramentas para tornar o processo de avaliação clonal o mais eficaz possível.

O eucalipto é uma planta que ao longo da sua evolução natural desenvolveu mecanismos adaptativos eficientes para crescer rapidamente sob condições favoráveis e também suportar estresse hídrico, de temperatura, nutricional, entre outros, o que explica o grande número de espécies na natureza e sua ampla dispersão nas regiões de origem (PALUDZYSKYN FILHO et al., 2006).

As espécies indicadas para áreas situadas em regiões acima do paralelo 24° Sul, de clima predominantemente tropical, são *E. grandis*, *E.*

*urophylla*, *E. saligna*, *E. cloeziana* (PALUDZYSKYN FILHO et al., 2006), *E. pellita* e *E. camaldulensis*. Para áreas sujeitas a geadas de forte intensidade as mais indicadas são *E. benthamii* (comprovadamente resistente) e *E. dunnii* (resistência parcial) (PALUDZYSKYN FILHO et al., 2006).

## 2.2 Melhoramento de eucalipto no Brasil

O plantio do eucalipto em escala comercial no Brasil data da primeira década do século XX (SARTÓRIO, 2014), embora a primeira introdução tenha sido realizada em 1825 no Jardim Botânico do Rio de Janeiro (SILVA; BARRICHELO, 2006). Os primeiros estudos com a cultura no país tiveram início a partir de 1904, com Edmundo Navarro de Andrade, na Companhia Paulista de Estradas de Ferro, que introduziu, no Horto de Jundiaí, SP, uma série de espécies e procedências oriundas da Austrália, constatando boa adaptação do *Eucalyptus* no Brasil. Assim, foi estimulado o plantio desta cultura por fornecer, em menor tempo, combustível para a ferrovia e madeira para postes e dormentes (COUTO; MÜELLER, 2008; VENCOVSKY; RAMALHO, 2000; FERREIRA; SANTOS, 1997).

As espécies identificadas como as mais promissoras foram *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla* (BISON, 2004). Contudo, os plantios formados por essas espécies apresentavam baixa qualidade, sendo necessário o melhoramento das populações em cultivo. Por isso, Carlos Arnaldo Krug iniciou, em 1941, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), o programa de melhoramento genético de eucalipto para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, com os seguintes objetivos: a) melhorar a uniformidade das plantações; b) reduzir o número de falhas; c) melhorar a forma do tronco, as características dos ramos, o crescimento em altura e diâmetro das árvores; d) melhorar a capacidade de brotação e e) aumentar a produtividade de madeira (BISON, 2004). Para atingir esses objetivos, o programa do IAC previa a seleção de áreas de produção de sementes, seleção de árvores superiores, hibridação interespecífica e seleção de mudas nos viveiros



(FERREIRA; SANTOS, 1997). No entanto, foi só a partir dos anos 1960, por iniciativa de algumas empresas privadas e também do setor público, que o melhoramento recebeu maior atenção e passou a ser realizado sistematicamente (VENCOVSKY; RAMALHO, 2000).

A primeira ênfase nos programas de melhoramento foi dedicada a novas introduções de diferentes espécies e procedências de eucalipto das regiões de origem e identificação daquelas mais adaptadas às condições ambientais brasileiras (BISON, 2004). Posteriormente, os esforços foram concentrados na seleção massal de indivíduos superiores e seleção com famílias de meios-irmãos, com o objetivo de produzir sementes melhoradas de algumas espécies (RESENDE, 2001).

Em 1967, a Aracruz Celulose S.A. iniciou o plantio de eucalipto no Espírito Santo. Logo se verificou que a espécie com melhor produtividade de madeira foi *E. grandis*. Constataram, contudo, que nesta espécie havia grande proporção de indivíduos suscetíveis ao cancro (doença causada pelo fungo *Cryphonectria cubensis*). Por isso, começaram a trabalhar também com *E. urophylla*, que associava alta resistência ao cancro e boa produtividade de madeira (BISON, 2004). Já a partir de 1974 ficou evidenciado que o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* era uma combinação promissora para a obtenção de alta produtividade de celulose (FERREIRA; SANTOS, 1997).

O grande avanço genético ocorreu quando os pesquisadores da Aracruz vislumbraram a possibilidade de se proceder a plantios clonais. Passaram então a selecionar árvores superiores, especialmente nos plantios comerciais, a maioria, ao que tudo indica, híbridos naturais envolvendo *E. grandis* e *E. urophylla*. A primeira plantação clonal comercial de eucalipto no Brasil foi implantada em 1979, cerca de 12 anos após o início do seu cultivo pela empresa. Para isso, foi utilizada a propagação vegetativa de estacas retiradas das brotações de cepas (FERREIRA; SANTOS, 1997).

A cultura do eucalipto no Brasil é predominantemente formada por clones de elevada produtividade média, chegando a garantir produtividades

da ordem de 45-60 m<sup>3</sup>/ha/ano (SILVA, 2008). Cerca de 70% da área atualmente plantada é oriunda de clones (FILHO; SANTOS, 2011).

A incorporação de novos avanços tecnológicos na clonagem de *Eucalyptus* tem sido permanente e hoje o conceito de silvicultura clonal está amplamente difundido e em uso em vários países do mundo (ASSIS, 1996).

Desde a introdução da clonagem, a eucaliptocultura brasileira vem sofrendo grandes avanços, principalmente no que tange às técnicas de produção de mudas, uso de clones superiores, controle de doenças, preparo do solo e tratos culturais necessários ao estabelecimento de florestas de elevada produtividade (ALFENAS et al., 2004).

### **2.3 Interação genótipos por ambientes, adaptabilidade e estabilidade**

As condições edafoclimáticas, associadas a práticas culturais, à ocorrência de patógenos e outras variáveis que afetam o desenvolvimento das plantas são coletivamente denominadas de ambiente (BORÉM; MIRANDA, 2013). A alteração no desempenho relativo dos genótipos, em virtude de diferenças de ambiente, denomina-se interação dos genótipos x ambientes (G x A) (BORÉM; MIRANDA, 2013), e deve ser entendida como um fenômeno biológico em vez de simplesmente um efeito estatístico (MOHAMMADI et al., 2007).

A interação G x A tem uma enorme importância no melhoramento de plantas devido à maioria dos caracteres de interesse econômico ser quantitativo e sofrer uma marcante influência dessa interação (RAMALHO et al., 2012a). Portanto, pequenas variações no ambiente são suficientes para provocar modificações fenotípicas significativas, como a produção volumétrica de madeira nas espécies florestais (PATIÑO VALERA; KAGEYAMA, 1988).

A interação G x A pode ser vista como um complicador para o trabalho dos melhoristas. Como a classificação dos genótipos pode não ser coincidente nos diferentes ambientes, é necessário que se realize um grande número de avaliações das cultivares/clones nos diferentes ambientes para se

ter segurança na seleção ou na recomendação de cultivares (RAMALHO et al., 2012a). Por outro lado, a interação G x A pode oferecer oportunidades quando se utiliza a interação visando à identificação de cultivares específicas a determinadas condições ambientais (FERREIRA, 2014).

Para minimizar os efeitos da interação G x A na escolha de genótipos, existem pelo menos três opções possíveis: realizar o zoneamento ecológico, identificar genótipos específicos para cada ambiente, e identificar genótipos com maior estabilidade (CRUZ et al., 2004). No caso do zoneamento, são agrupados os ambientes ecologicamente semelhantes em sub-regiões dentro das quais a interação passa a não ser significativa. Esse agrupamento, entretanto, só é possível com base em diferenças macroambientais (anos, locais, regiões) tornando o zoneamento vulnerável às variações imprevisíveis que possam ocorrer no ambiente (RAMALHO et al., 2012a).

Estudos sobre interação G x A em espécies de *Eucalyptus* são abundantes no Brasil (SANTOS, 2012; ROCHA et al., 2005; NUNES et al., 2002; SOUZA et al., 1993). A maioria desses trabalhos quantificou a interação e tentou classificar as espécies/procedências/clones de acordo com a sua adaptabilidade e estabilidade. Contudo, pesquisas que buscam identificar fatores ambientais, previsíveis ou imprevisíveis, que possam explicar a ocorrência desta interação ainda são escassos.

Adaptabilidade e estabilidade, embora sejam fenômenos relacionados não devem ser considerados como um único evento (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). A adaptabilidade do material genético é a capacidade de o indivíduo sobreviver, crescer e se reproduzir nas condições ambientais do local de introdução (MIRANDA, 2012), ou seja, é a capacidade que um genótipo tem de aproveitar vantajosamente os estímulos ambientais, de maneira a assegurar alto nível de produtividade (LAVORANTI, 2002). Já a estabilidade é a capacidade de um genótipo exibir um desempenho o mais constante possível, em função de variações na qualidade ambiental (MIRANDA, 2012), logo, está relacionada com a

manutenção da produtividade ou de sua previsibilidade com outros ambientes diversos (LAVORANTI, 2002).

Vários métodos, consolidados em diferentes princípios, têm sido utilizados para estimar a interação  $G \times A$ , a adaptabilidade e a estabilidade fenotípica (PEREIRA et al., 2009). Esses métodos são encontrados em vários livros texto (RESENDE et al., 2014; RAMALHO et al., 2012a; CRUZ et al., 2004). Um grande número deles tem como foco o emprego de regressão (TOLER, 1990; CRUZ et al., 1989; EBERHART; RUSSEL, 1966; FINLAY; WILKINSON, 1963), outros utilizam a análise multivariada – Método AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis) (GAUCH; ZOBEL, 1996); e ainda há a utilização de modelos lineares – Metodologia BLUP sob médias harmônicas (RESENDE, 2002) e GGE Biplot (Genotype main effects + Genotype environment interaction) (HONGYU et al., 2015). E muitas outras metodologias como a de Annichiarico (1992) e a metodologia proposta por Lin e Binns (1988).

Todos esses métodos possibilitam classificar os genótipos de acordo com a adaptabilidade e estabilidade e existem vários *softwares* que visam à estimativa desses parâmetros. Os melhoristas normalmente preferem utilizar aqueles de fácil análise e, sobretudo, interpretação. Nesse grupo estão o método de Wricke (1964) e o método gráfico de Nunes et al. (2005). A metodologia proposta por Wricke (1964) estima o que se denomina de Ecovalência, que possibilita calcular a porcentagem da interação  $G \times A$  devida a cada genótipo ou a cada ambiente. Assim, o genótipo ou ambiente mais estável será aquele com menor estimativa para a Ecovalência, ou seja, com menor contribuição para a interação  $G \times A$  (RAMALHO et al., 1993). Já o método de Nunes et al. (2005), também denominado de “bola cheia ou murcha”, possibilita visualizar a interação por meio de um gráfico. Para aplicação do método, como os desempenhos das cultivares/clones diferem entre os ambientes, é necessária a padronização das variáveis, para possibilitar a comparação dependente das diferenças entre as médias dos ambientes. O gráfico no formato “bola cheia” descreve um genótipo que tem

comportamento acima da média para a variável em questão em todos os ambientes avaliados. Já o formato “bola murcha” representa aquele genótipo que apresenta deficiência, ou seja, desempenho abaixo da média para a variável em questão nos ambientes avaliados.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização dos clones avaliados

Foram utilizados os dados de crescimento da madeira referente à avaliação de clones de *Eucalyptus* gentilmente cedidos pela empresa Fibria Celulose S.A. Para tal, foram avaliados 49 clones de diferentes espécies e origens de seleção (Tabela 1).

A empresa possui três unidades denominadas Aracruz, Jacareí e Três Lagoas. Dos clones avaliados, 21 são provenientes do programa de melhoramento de Aracruz, 15 são de Jacareí e 13 são de Três Lagoas (Tabela 1).

Tabela 1 Caracterização dos 49 clones avaliados nas unidades experimentais Aracruz (ARA), Jacareí (JAC) e Três Lagoas (TLS)

Clone	Espécie	Origem de seleção*
1	<i>E. grandis</i>	ARA
2	<i>E. grandis</i>	ARA
3	<i>E. grandis</i>	ARA
4	<i>E. grandis</i>	ARA
5	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA
6	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA
7	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA
8	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA
9	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA
10	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA
11	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA
12	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA
13	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA
14	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA
15	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA
16	<i>E. urophylla x E. dunnii</i>	ARA
17	<i>E. urophylla x E. viminalis</i>	ARA
18	<i>E. urophylla x E. globulus</i>	ARA
19	<i>E. urophylla x E. maidenii</i>	ARA
20	<i>E. urophylla x E. maidenii</i>	ARA

“Tabela 1, conclusão”

<b>Clone</b>	<b>Espécie</b>	<b>Origem de seleção*</b>
21	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	TLS
22	<i>E. grandis</i>	TLS
23	<i>E. urophylla</i>	JAC
24	<i>E. urophylla</i>	TLS
25	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	JAC
26	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	JAC
27	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	JAC
28	<i>E. urophylla</i>	TLS
29	<i>E. urophylla</i>	TLS
30	<i>E. urophylla</i>	TLS
31	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	JAC
32	<i>E. grandis</i>	JAC
33	<i>E. grandis</i>	JAC
34	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	JAC
35	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	JAC
36	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	JAC
37	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	JAC
38	<i>E. urophylla</i>	TLS
39	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	TLS
40	<i>E. urophylla</i>	TLS
41	<i>E. grandis</i>	JAC
42	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	TLS
43	<i>E. urophylla</i>	TLS
44	<i>E. grandis</i>	JAC
45	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	JAC
46	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	TLS
47	<i>E. urophylla</i>	TLS
48	<i>E. grandis</i>	JAC
49	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	ARA

\* A origem de seleção dos clones corresponde à região/unidade em que ele foi selecionado.

### 3.2 Caracterização dos ambientes em que foram conduzidos os experimentos

Os clones avaliados estão distribuídos em oito ambientes abrangendo quatro estados: Bahia, Espírito Santo, São Paulo e Mato Grosso do Sul (Tabela 2 e Figura 1).

Tabela 2 Caracterização dos ambientes em que foram realizados os experimentos dentro de cada região

Ambiente	Unidade	Experimento	Latitude (S)	Longitude (W)
1		Aracruz-ES	19° 51' 02"	40° 04' 02"
2	Aracruz	Mucuri-BA	18° 04' 50"	39° 53' 20"
3		São Mateus-ES	18° 41' 44"	39° 50' 42"
4		Jacareí-SP	23° 17' 52"	45° 57' 57"
5	Jacareí	Capão Bonito-SP	23° 59' 53"	48° 21' 01"
6		Itapetininga-SP	23° 35' 17"	48° 02' 54"
7	Três	Selvíria-MS	20° 21' 44"	51° 25' 14"
8	Lagoas	Três Lagoas-MS	20° 47' 14"	51° 42' 13"



Figura 1 Localização dos experimentos nos quatro Estados da Federação  
 Fonte: Google Earth (2015), elaborado pelo autor



Os experimentos foram implantados no ano de 2010, no delineamento de blocos casualizados, com parcelas de uma planta (*single tree plot*) e 30 ou 40 repetições. O espaçamento utilizado foi o de 3 m x 3 m.

Esses ambientes se diferenciam quanto aos aspectos geográficos, climáticos e também quanto à fertilidade do solo, como pode ser observado nas Tabelas 3 e 4 e nas Figuras 2 e 3.

Tabela 3 Caracterização dos oito ambientes avaliados de acordo com as variáveis altitude (m), soma térmica (°C) e precipitação (mm)

<b>Ambiente</b>	<b>Altitude</b>	<b>Soma Térmica</b>	<b>Precipitação</b>
1	48	23800,39	3585,21
2	87	22747,78	2999,43
3	74	23582,45	2879,30
4	733	19702,60	4113,35
5	690	20004,78	4268,40
6	684	20482,90	4180,25
7	367	25689,04	3729,06
8	337	28566,04	3660,65

Os dados de precipitação foram obtidos por meio de estações meteorológicas localizadas nas unidades experimentais. Já os dados de temperatura foram obtidos por meio dessas estações e também com base em dados meteorológicos disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A variável soma térmica consiste no somatório de temperatura ocorrido no ambiente no período avaliado. Ela foi obtida por meio da temperatura média mensal (°C) multiplicada pelo número de dias do mês. Posteriormente, foram somados os valores correspondentes aos 36 meses de avaliação. Já a variável precipitação corresponde à quantidade de chuva que o ambiente recebeu durante o período avaliado e foi calculada com base no somatório da precipitação total de cada mês correspondente ao período de avaliação.

Tabela 4 Resultado das análises químicas do solo em que foram realizados os experimentos de acordo com as variáveis boro (mg/Kg), ferro (mg/Kg), fósforo (mg/Kg), pH, potássio (cmolc/dm<sup>3</sup>) e zinco (mg/Kg)

<b>Ambiente</b>	<b>Boro</b>	<b>Ferro</b>	<b>Fósforo</b>	<b>pH</b>	<b>Potássio</b>	<b>Zinco</b>
1	0,52	83,83	6,17	5,88	0,09	0,10
2	0,44	52,52	6,55	6,24	0,06	0,32
3	0,33	105,04	5,22	5,88	0,05	0,34
4	0,32	101,40	12,09	5,39	0,07	0,50
5	0,45	58,58	4,00	4,81	0,01	0,34
6	0,39	84,84	29,74	5,24	0,04	1,10
7	0,25	17,17	4,28	6,13	0,04	0,16
8	0,45	55,55	5,13	5,39	0,05	0,20

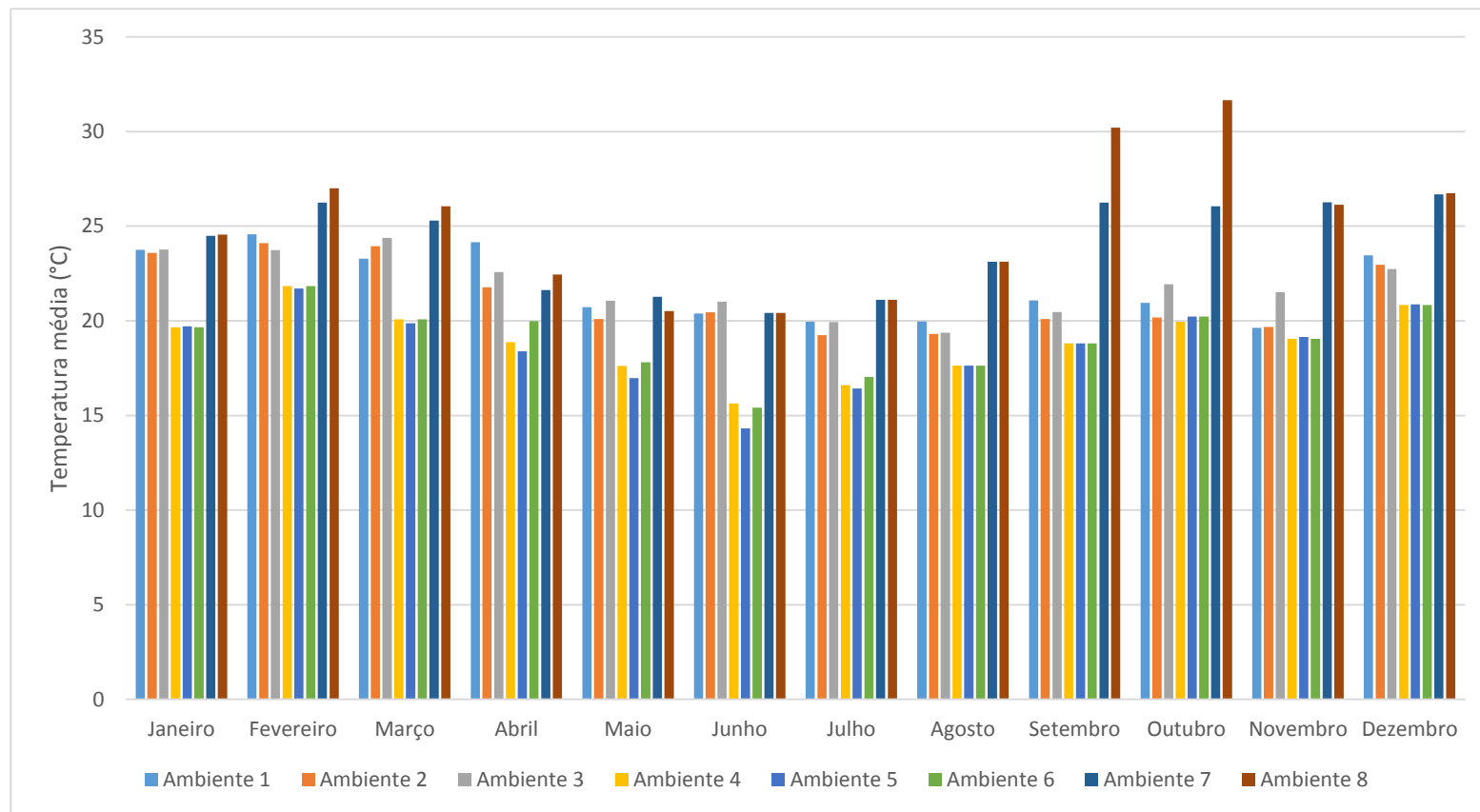


Figura 2 Temperatura média mensal ocorrida nos oito ambientes no período avaliado (2010 a 2013)

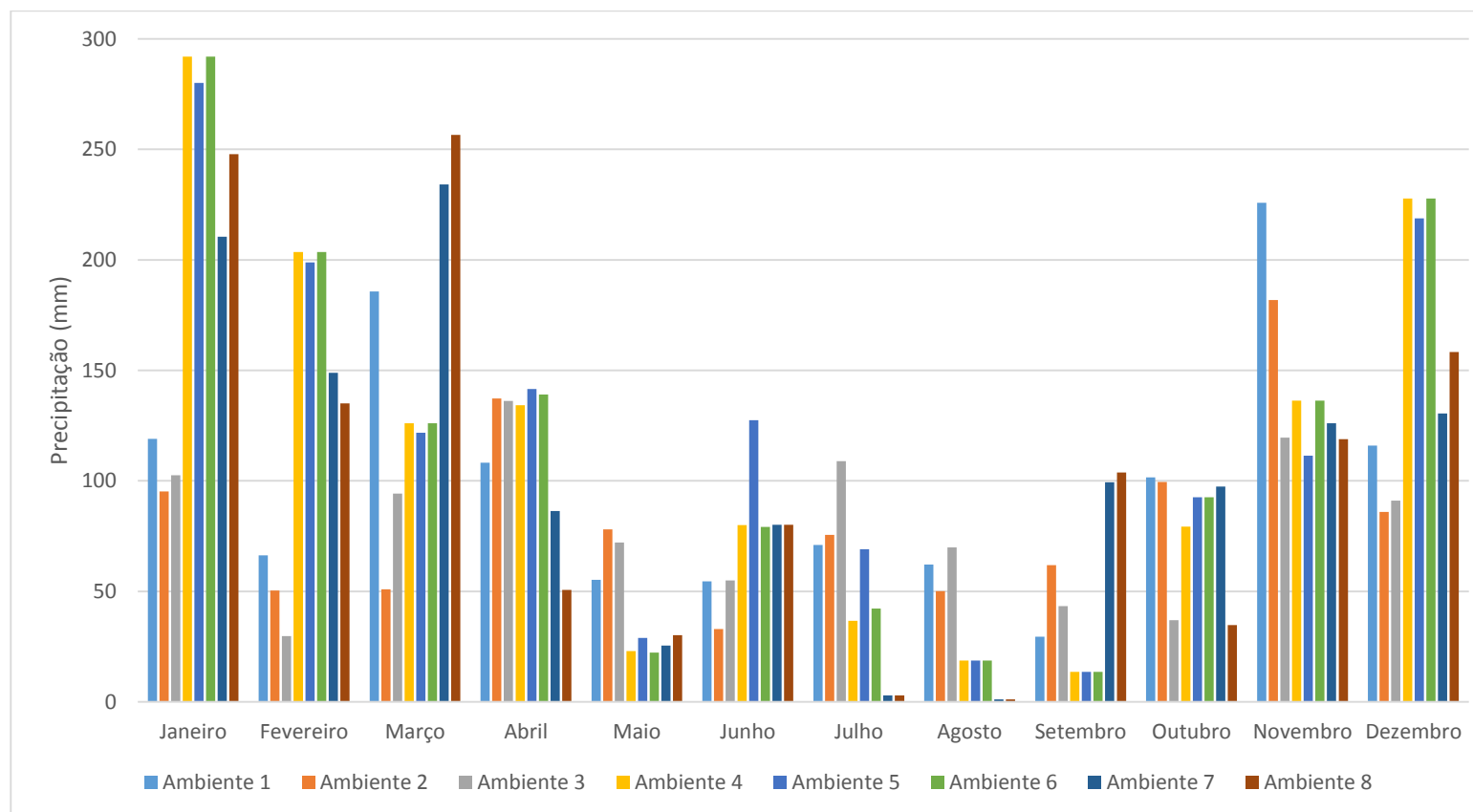


Figura 3 Precipitação total mensal ocorrida nos oito ambientes no período avaliado (2010 a 2013)

### 3.3 Dados obtidos

Foram medidas a circunferência à altura do peito (CAP), em centímetros, e a altura das árvores (h), em metros. Para a realização das análises utilizou-se o diâmetro à altura do peito (DAP), obtido pelo seguinte estimador:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Em que  $\pi$  corresponde a 3,1416.

Utilizou-se também o volume (V) das árvores em metros cúbicos, estimado pelo seguinte estimador:

$$V = \frac{\pi DAP^2}{40000} * h * f$$

Um fator de forma genérico foi adotado e corresponde ao utilizado pela empresa, ou seja,  $f = 0,46$ .

### 3.4 Análises estatísticas

Os dados referentes às variáveis DAP, altura e volume dos clones de eucalipto, aos três anos de idade, foram submetidos a análises de variância por ambiente. Posteriormente, com as médias, foi realizada uma análise conjunta envolvendo todos os ambientes (experimentos), utilizando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + A_j + CA_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : valor observado do clone  $i$  no ambiente  $j$ ;

$\mu$ : constante;

$C_i$ : efeito fixo do clone  $i$  ( $i = 1, 2, 3, 4, \dots, 47, 48, 49$ )\*;

\*A fonte de variação clone foi decomposta entre origens e clones dentro de origens

$A_j$ : efeito fixo do ambiente  $j$  ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ );

$CA_{ij}$ : efeito fixo da interação entre o clone  $i$  e o ambiente  $j$ ;

$\bar{e}_{ij}$ : erro experimental médio.

Por meio dos resultados das análises de variância em cada ambiente foi estimada a acurácia ( $rgg'$ ), pelo estimador:

$$rgg' = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{F}\right)}$$

Em que  $F$  corresponde ao quadrado médio do clone dividido pelo quadrado médio do erro.

O desempenho médio dos clones foi classificado pelo teste de agrupamento de *Scott & Knott* (1974) por ambiente e na média dos ambientes.

A interação clones x ambientes foi fracionada por meio da estimativa de Ecovalência ( $W$ ) (Wricke, 1964), em que são estimadas a contribuição percentual de cada clone ou de cada ambiente para a interação, utilizando o seguinte estimador:

$$W_j^2 = \sum_{i=1}^t (ga)_{ij}^2$$

Em que  $(ga)_{ij}^2$  corresponde à soma dos quadrados dos efeitos da interação do clone  $i$  com os ambientes  $j$  em que ele foi avaliado.

A interação também foi avaliada por meio da metodologia de Nunes et al. (2005). Para isso, os dados médios foram padronizados pelo estimador:

$$z_{ij} = (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{.j})/s_{.j}$$

Em que  $z_{ij}$  é o valor da variável padronizada correspondente ao clone  $i$  no ambiente  $j$ ,  $\bar{y}_{ij}$  é a média do clone  $i$  no ambiente  $j$ ,  $\bar{y}_{.j}$  é a média

do ambiente  $j$ ; e  $s_j$  é o desvio padrão genotípico entre as médias dos clones no ambiente  $j$ .

O efeito de ambiente foi decomposto em variáveis climáticas e edáficas. Deve ser enfatizado que inicialmente foram envolvidas mais variáveis do solo. Após a análise de regressão linear envolvendo a média dos 49 clones, foram escolhidas aquelas que diferiram apenas no método de extração e pela expressiva estimativa do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Logo, as variáveis ambientais selecionadas para a realização das regressões com o desempenho volumétrico dos clones foram: altitude, precipitação, soma térmica, boro, ferro, pH e zinco. Com esses fatores foram estimadas equações de regressão linear entre a variável independente fator ambiental (X) e a variável dependente volume dos clones (Y). Posteriormente, foram estimadas equações de regressão múltipla. A seleção das variáveis foi efetuada pelo procedimento de *stepwise* (FERREIRA et al., 2015).

Todas as análises foram realizadas por meio dos *softwares* estatísticos *R* (R Development Core Team, 2015) e *Genes* (CRUZ, 2013).

#### 4 RESULTADOS

A precisão com que foram avaliados os clones, nos diferentes ambientes foi alta, acurácia ( $r_{gg'}$ ) superior a 0,91, para todos os caracteres (Tabela 5). Esse fato contribuiu para que fosse detectada diferença significativa entre clones ( $P \leq 0,0001$ ) para todos os caracteres em todos os ambientes, condição essa necessária para que os objetivos da pesquisa pudessem ser alcançados.

Os resultados das análises de variância individuais evidenciaram a existência de variação entre clones em todos os ambientes, tanto para diâmetro à altura do peito (DAP), quanto para altura (ALT) e volume (VOL) de eucalipto aos três anos (Tabela 5). As estimativas do quadrado médio do erro ( $QM_{erro}$ ) nos diferentes ambientes foram muito semelhantes (Tabela 5), ou seja, ocorreu homocedasticidade das variâncias, possibilitando a realização da análise de variância conjunta.

Tabela 5 Análises de variância por ambiente para as variáveis diâmetro a altura do peito (cm) (DAP), altura (m) (ALT) e volume ( $m^3/\text{árvore}$ ) (VOL) de eucalipto, aos três anos

Caráter	Parâmetros	Ambientes							
		1	2	3	4*	5	6	7	8
	$GL_{erro}$	1246	1120	1223	1837	1376	1355	1255	1355
<b>DAP</b>	Acurácia	0,98	0,99	0,99	0,98	0,98	0,99	0,97	0,99
	$QM_{erro}$	4,29	2,37	1,97	2,35	3,93	2,68	5,97	2,55
	$GL_{erro}$	1246	1120	1223	1837	1376	1355	1255	1355
<b>ALT</b>	Acurácia	0,97	0,99	0,98	0,96	0,91	0,96	0,95	0,99
	$QM_{erro}$	3,56	2,59	1,64	3,99	12,89	3,41	10,35	2,84
	$GL_{erro}$	1246	1120	1223	1837	1376	1355	1255	1355
<b>VOL</b>	Acurácia	0,98	0,99	0,99	0,98	0,99	0,98	0,97	0,99
	$QM_{erro}$	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
	$GL_{erro}$	1246	1120	1223	1837	1376	1355	1255	1355

\*No ambiente 4, os clones foram avaliados com 40 repetições e nos demais com 30.

Como os resultados das análises de variância para DAP, ALT e VOL foram muito semelhantes e ocorreu alta correlação entre DAP e VOL (0,95)



e ALT e VOL (0,81), optou-se por apresentar os resultados utilizando apenas a variável volume de madeira.

Os resultados da análise de variância conjunta para volume de eucalipto ( $\text{m}^3/\text{árvore}$ ) envolvendo os experimentos conduzidos nos oito ambientes, no período de 2010 a 2013, evidenciam a existência de variação entre os clones ( $P \leq 0,0001$ ) (Tabela 6). As interações envolvendo clones foram todas significativas ( $P \leq 0,0001$ ) (Tabela 6), permitindo inferir que o comportamento destes não foi coincidente nos diferentes ambientes. Condição essa, também, indispensável para a realização do que se pretendia com o trabalho.

Como os ambientes envolveram três regiões/unidades, e em cada unidade, locais distintos, o efeito da fonte de variação ambientes foi decomposto. Constatou-se que a média geral dos clones variou entre as regiões. O maior volume de madeira foi obtido na unidade Aracruz (0,1032  $\text{m}^3/\text{árvore}$ , equivalente a 38,21  $\text{m}^3/\text{ha/ano}$ ), superando em 2,7% a média obtida na unidade Jacareí (0,1004  $\text{m}^3/\text{árvore}$ , equivalente a 37,19  $\text{m}^3/\text{ha/ano}$ ) e em 2,1% a média obtida na unidade Três Lagoas (0,1010  $\text{m}^3/\text{árvore}$ , equivalente a 37,40  $\text{m}^3/\text{ha/ano}$ ). Como se observa, a diferença no desempenho médio dos clones nas unidades de pesquisa, embora significativa, foi de pequena magnitude.

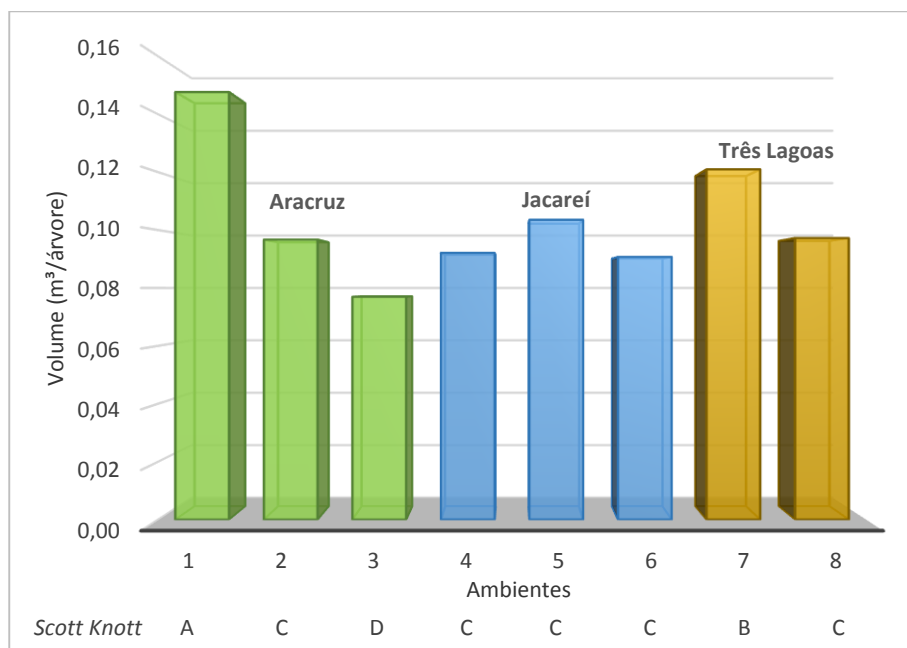
Quando se avalia o desempenho médio dos clones dentro de cada região, também se observam diferenças significativas entre os ambientes (Tabela 6, Figura 4). Independente da região, a maior média dos clones foi obtida no ambiente 1 (Unidade Aracruz, Aracruz-ES) e a menor foi obtida no ambiente 3 (Unidade Aracruz, São Mateus-ES). Como se constata, a maior variação entre os ambientes foi observada dentro de uma mesma região (Figura 4).

A fonte de variação clones, como já mencionado, foi significativa (Tabela 6). A decomposição dessa fonte de variação, mostrou que a origem do clone, ou seja, a unidade em que ele foi selecionado, na média dos clones, não foi significativa. Contudo, entre clones dentro de cada origem, foi

detectada diferença significativa. Deve ser enfatizado que, também, não foi observada interação significativa entre origens dos clones e ambientes. Porém, dentro de uma mesma origem, as interações dos clones x ambientes foram todas significativas ( $P \leq 0,0001$ ).

Tabela 6 Análises de variância conjunta dos oito ambientes para volume de madeira de eucalipto ( $m^3/\text{árvore}$ ) aos três anos. Decomposição do efeito de ambientes de acordo com a região geográfica de avaliação dos clones. Decomposição do efeito de origens de acordo com as origens de seleção dos clones (Aracruz (ARA), Jacareí (JAC) e Três Lagoas (TLS))

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>P-valor</b>
Ambientes (A)	7	0,7060	$\leq 0,0001$
Entre Regiões (R)	2	0,3000	$\leq 0,0001$
Entre Região 1 - ARA	2	1,9118	$\leq 0,0001$
Entre Região 2 - JAC	2	0,0750	0,0039
Entre Região 3 - TLS	1	0,4121	$\leq 0,0001$
Clones (C)	48	0,1220	$\leq 0,0001$
Entre origens dos clones (O)	2	0,0033	0,0703
ARA	20	0,0051	$\leq 0,0001$
JAC	14	0,0017	$\leq 0,0001$
TLS	12	0,0048	$\leq 0,0001$
C x A	334	0,0273	$\leq 0,0001$
C x R	96	0,0690	$\leq 0,0001$
C x ARA	94	0,0191	$\leq 0,0001$
C x JAC	96	0,0127	$\leq 0,0001$
C x TLS	48	0,0134	$\leq 0,0001$
O x A	14	0,0018	0,1433
ARA x A	140	0,0007	$\leq 0,0001$
JAC x A	98	0,0008	$\leq 0,0001$
TLS x A	84	0,0011	$\leq 0,0001$
Erro	10767	0,0012	$\leq 0,0001$



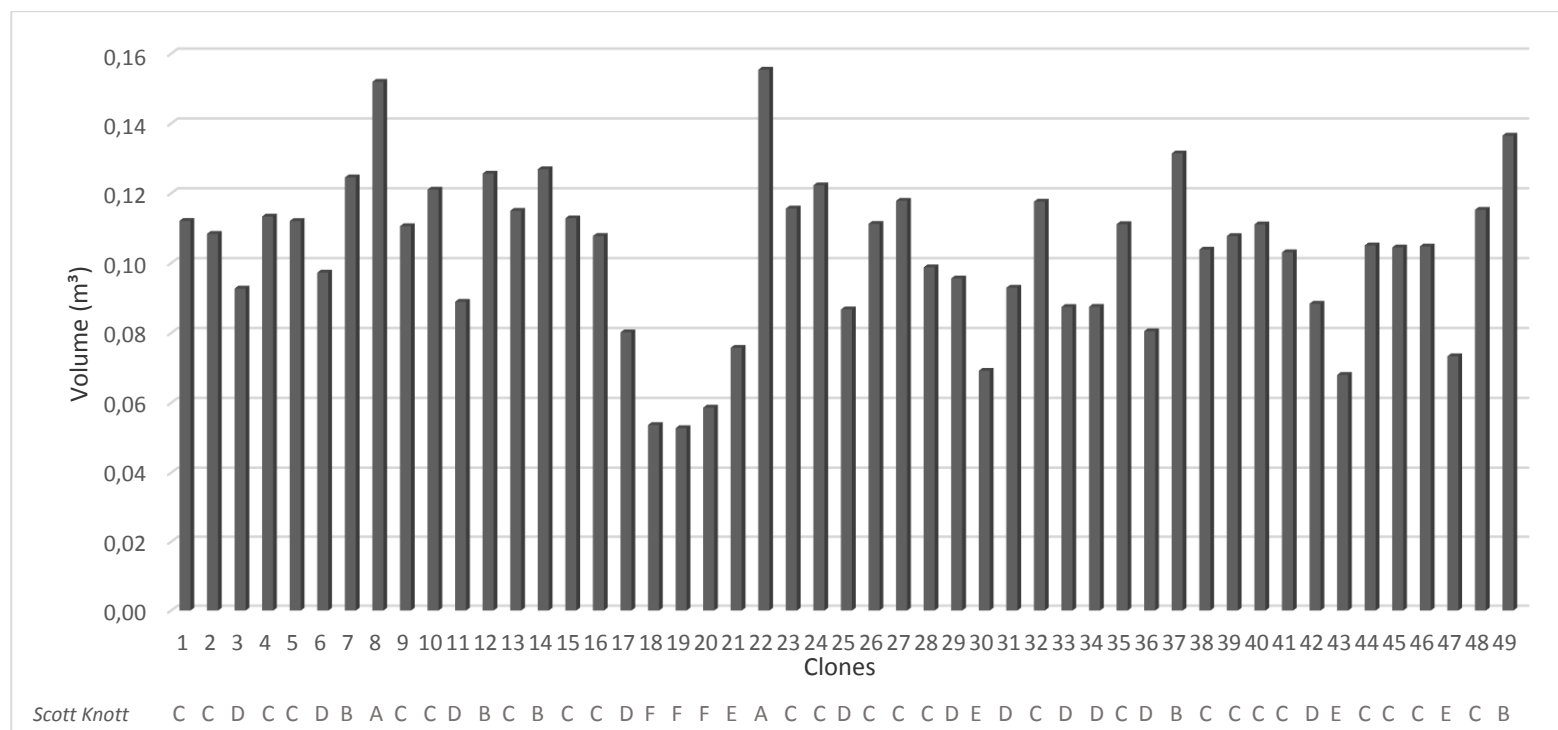
Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Scott Knott* (1974), ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 4 Média do volume de madeira (m³/árvore) dos clones de eucalipto por ambiente. Dados obtidos na avaliação de 49 clones, aos três anos, nos oito ambientes avaliados

A existência da interação clones x ambientes é melhor visualizada na Tabela 7. É possível notar que o agrupamento dos clones pelo teste de *Scott Knott* (1974) foi bem diferente entre os ambientes. Veja que essa não concordância na classificação ocorreu tanto entre como dentro das regiões. Nenhum clone esteve no grupo dos clones de melhor desempenho em todos os ambientes. Os que apresentaram as melhores classificações considerando os oito ambientes simultaneamente foram os de números 8 e 22. Por essa razão, estes clones estiveram entre os de melhor performance na média dos oito ambientes (Figura 5). Os de números 1 a 20 e o 49, selecionados na região de Aracruz, também não apresentaram comportamento coincidente nos três ambientes (1, 2 e 3) da mesma região. O mesmo ocorreu com os clones selecionados em Jacareí e Três Lagoas quando avaliados na sua região.

Todos esses resultados são coerentes com os já comentados na análise de variância conjunta (Tabela 6). Contudo, quando se considera os clones 8 e 49, de origem Aracruz, avaliados nos diferentes ambientes da região, estes estiveram no grupo dos de melhor desempenho. O mesmo ocorreu com o 22, origem Três Lagoas, avaliado nos dois ambientes dessa região. Assim, mesmo ocorrendo interação e não se detectando efeito da região em que o clone foi selecionado, é possível identificar clones em que a sua origem de seleção afeta o seu desempenho.

Deve ser mencionado também o comportamento deficiente de alguns clones em todos os ambientes, como foi o caso dos de números 18,19, 20, 21 e 43, que sempre foram classificados nos grupos de menores médias. Esse comportamento pode ser comprovado na Figura 5.



Médias seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Scott Knott* (1974), ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 5 Média do volume de madeira (m³) obtido por clone de eucalipto. Dados médios de oito ambientes aos três anos de idade

Tabela 7 Média do volume de madeira (m<sup>3</sup>) de eucalipto obtido na avaliação de 49 clones em oito ambientes aos três anos de idade

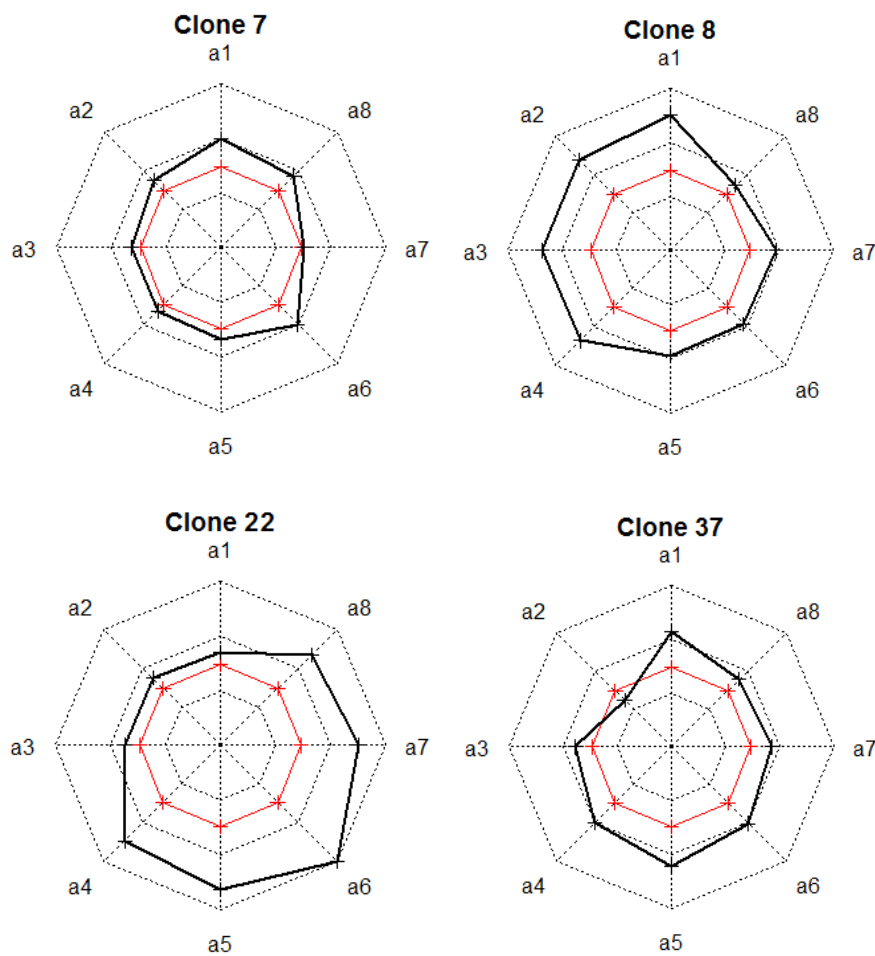
Clone	Ambientes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,15 D	0,13 D	0,10 B	0,10 D	0,11 C	0,09 E	0,13 D	0,10 E
2	0,19 C	0,14 C	0,10 B	0,09 D	0,07 E	0,08 F	0,12 D	0,08 F
3	0,13 D	0,11 E	0,08 D	0,08 F	0,09 D	0,08 F	0,12 D	0,07 G
4	0,14 D	0,14 C	0,11 B	0,09 D	0,11 C	0,09 E	0,13 C	0,10 E
5	0,15 D	0,10 E	0,08 D	0,11 C	0,08 D	0,14 B	0,14 C	0,09 F
6	0,18 C	0,11 E	0,07 D	0,06 G	0,04 F	0,09 E	0,11 D	0,11 E
7	0,20 C	0,12 D	0,09 C	0,10 D	0,12 C	0,12 C	0,13 D	0,12 D
8	0,25 A	0,18 B	0,13 A	0,13 B	0,14 B	0,12 D	0,16 B	0,11 D
9	0,15 D	0,14 C	0,09 C	0,11 C	0,11 C	0,09 E	0,10 E	0,09 F
10	0,18 C	0,07 G	0,08 D	0,11 C	0,11 C	0,12 C	0,18 B	0,11 D
11	0,15 D	0,07 F	0,07 D	0,09 D	0,06 E	0,03 H	0,15 C	0,10 E
12	0,20 C	0,14 C	0,10 B	0,09 D	0,07 E	0,12 D	0,15 C	0,13 C
13	0,15 D	0,08 F	0,09 C	0,14 A	0,11 C	0,12 D	0,13 D	0,12 D
14	0,21 B	0,10 E	0,10 B	0,14 A	0,14 B	0,07 F	0,14 C	0,11 D
15	0,15 D	0,07 F	0,08 D	0,09 D	0,17 A	0,13 C	0,11 D	0,10 E
16	0,15 D	0,15 C	0,09 C	0,10 D	0,11 C	0,06 G	0,10 E	0,10 E
17	0,18 C	0,11 E	0,03 H	0,06 H	0,12 C	0,06 G	0,02 F	0,04 H
18	0,04 G	0,06 G	0,05 F	0,05 H	0,07 E	0,05 G	0,05 F	0,05 H
19	0,04 G	0,11 E	0,02 H	0,05 H	0,09 D	0,07 F	0,03 F	0,03 I
20	-	-	0,06 G	-	0,12 B	0,06 E	0,04 H	0,03 F
21	0,09 E	0,02 I	0 G	0,08 E	0,12 C	0,06 G	0,18 B	0,02 I
22	0,17 C	0,12 D	0,10 C	0,14 A	0,18 A	0,19 A	0,20 A	0,16 B
23	0,18 C	0,16 B	0,10 A	0,11 C	0,10 D	0,09 E	0,07 E	0,09 F
24	0,17 C	0,17 B	0,10 C	0,10 D	0,10 C	0,10 E	0,13 D	0,11 D
25	0,07 E	0,04 H	0,03 H	0,10 C	0,13 C	0,08 F	0,14 C	0,10 E
26	0,18 C	0,07 F	0,09 C	0,10 D	0,14 B	0,09 E	0,13 D	0,10 E
27	0,09 E	0,06 G	0,05 F	0,11 C	0,16 B	0,11 D	0,20 A	0,17 A
28	0,13 D	0,06 G	0,06 F	0,09 E	0,12 C	0,10 D	0,14 C	0,10 E
29	0,18 C	0,17 B	0,13 A	0,05 H	0,05 F	0,03 H	0,09 E	0,07 G
30	0,07 F	0,00 I	0,03 H	0,07 G	0,12 C	0,07 F	0,11 D	0,09 F
31	0,13 D	0,10 E	0,08 D	0,07 F	0,10 C	0,07 F	0,08 E	0,10 E
32	0,14 D	0,06 G	0,06 E	0,10 D	0,11 C	0,12 C	0,18 B	0,16 B
33	0,06 F	0,09 F	0,08 D	0,07 F	0,08 D	0,08 F	0,13 D	0,12 D
34	0,13 D	0,10 E	0,06 E	0,07 F	0,07 E	0,06 G	0,11 D	0,10 E

“Tabela 7, conclusão”

Clone	Ambientes															
	1	2	3	4	5	6	7	8								
<b>35</b>	0,18	C	0,06	G	0,07	E	0,11	C	0,12	C	0,14	B	0,12	D	0,10	E
<b>36</b>	0,10	E	0,07	G	0,04	G	0,10	C	0,12	C	0,09	E	0,10	E	0,02	I
<b>37</b>	0,21	B	0,08	F	0,09	C	0,11	C	0,15	B	0,12	C	0,15	C	0,12	D
<b>38</b>	0,19	C	0,14	C	0,09	C	0,08	E	0,06	E	0,06	G	0,11	D	0,10	E
<b>39</b>	0,20	C	0,05	G	0,08	D	0,09	E	0,11	C	0,09	E	0,12	D	0,12	D
<b>40</b>	0,13	D	0,10	E	0,06	F	0,09	D	0,13	C	0,09	E	0,15	C	0,14	C
<b>41</b>	0,14	D	0,09	E	0,04	G	0,10	D	0,15	B	0,09	E	0,11	D	0,11	D
<b>42</b>	0,09	E	0,03	H	0,04	G	0,10	C	0,11	C	0,11	D	0,12	D	0,09	E
<b>43</b>	0,10	E	0,02	I	0,03	H	0,06	G	0,03	F	0,10	D	0,13	D	0,08	G
<b>44</b>	0,11	E	0,10	E	0,08	D	0,10	C	0,11	C	0,09	E	0,14	C	0,11	D
<b>45</b>	0,20	C	0,09	F	0,10	B	0,08	E	0,09	D	0,08	F	0,09	E	0,10	E
<b>46</b>	0,15	D	0,11	E	0,10	B	0,08	E	0,11	C	0,11	D	0,09	E	0,09	F
<b>47</b>	0,09	E	0,11	E	0,06	E	0,08	E	0,07	E	0,05	G	0,07	E	0,06	G
<b>48</b>	0,17	D	0,10	E	0,09	C	0,09	E	0,09	D	0,08	E	0,15	C	0,15	B
<b>49</b>	0,23	A	0,19	A	0,12	A	0,09	D	0,10	C	0,12	C	0,12	D	0,10	E

Médias seguidas da mesma letra em cada linha pertencem ao mesmo grupo pelo teste de *Scott Knott* (1974), ao nível de 5% de probabilidade.

A adaptabilidade e estabilidade de alguns clones que foram destacados anteriormente pode ser observada na Figura 6. Veja que os de números 7, 8 e 22 nunca apresentaram desempenho abaixo da média, ou seja, são os mais adaptados e ao mesmo tempo com maior estabilidade, ou seja, apresentam menor risco de recomendação.

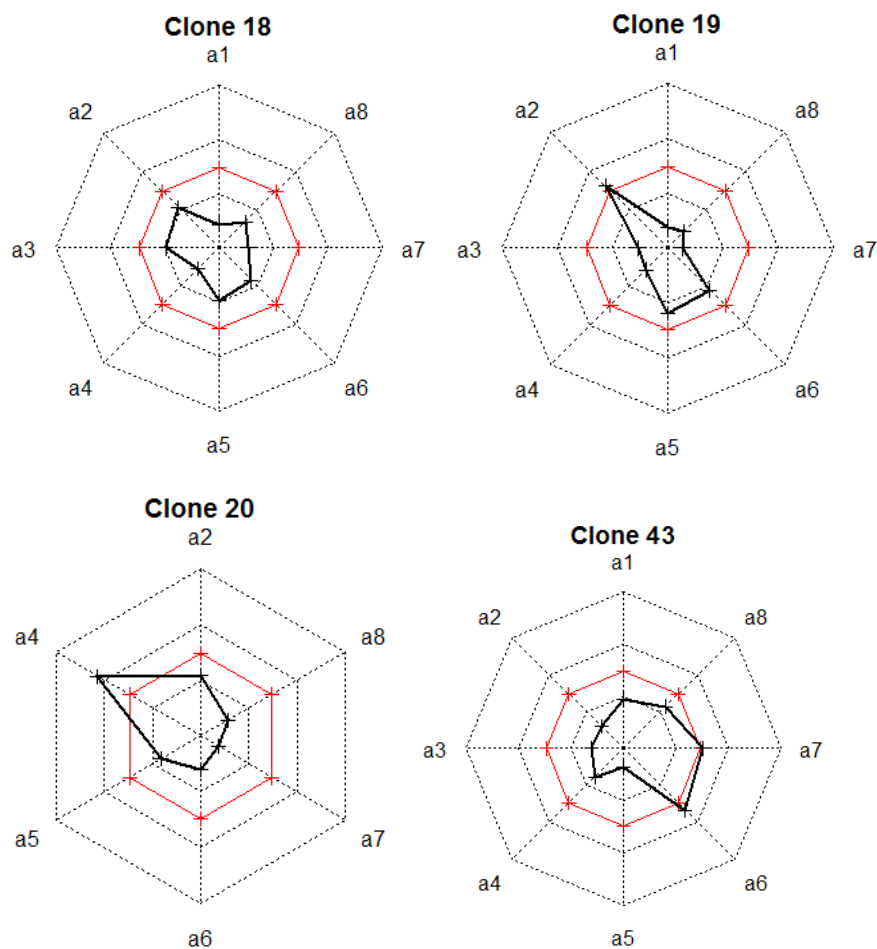


A linha vermelha representa a média geral dos 49 clones avaliados e a linha preta representa o desempenho do clone em questão avaliado nos oito ambientes (a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7 e a8).

Figura 6 Representação gráfica do volume de madeira de eucalipto dos clones 7, 8, 22 e 37 avaliados em oito ambientes. Dados médios padronizados

Já com os clones 18, 19, 20 e 43 ocorreu o contrário. Apenas em pouquíssimos ambientes eles apresentaram volume acima da média do ambiente (Figura 7). Inclusive, o clone 20 teve 100% de mortalidade em dois ambientes (1 e 3). Fica fácil entender que eles não são adaptados, mesmo na região de seleção, e, evidentemente, a recomendação deles envolve enorme risco, pois não são estáveis.





A linha vermelha representa a média geral dos 49 clones avaliados e a linha preta representa o desempenho do clone em questão avaliado nos oito ambientes (a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7 e a8).

Figura 7 Representação gráfica do volume de madeira de eucalipto dos clones 18, 19, 20 e 43 avaliados em oito ambientes. Dados médios padronizados

As estimativas de Ecovalência (W) possibilitam inferir quais os ambientes/clones mais contribuíram para a interação G x A. Os ambientes 1 e 2 da região de Aracruz foram os que apresentaram maior contribuição percentual para a interação (Figura 8). No caso dos clones, os destaques foram os de números 17, 21, 27 e 29. Os que menos contribuíram foram os de números 1, 3 e 34 (Figura 9). No contexto de estabilidade, esses últimos

clones seriam os mais estáveis, porém nem sempre apresentam média alta, o que é indesejável.

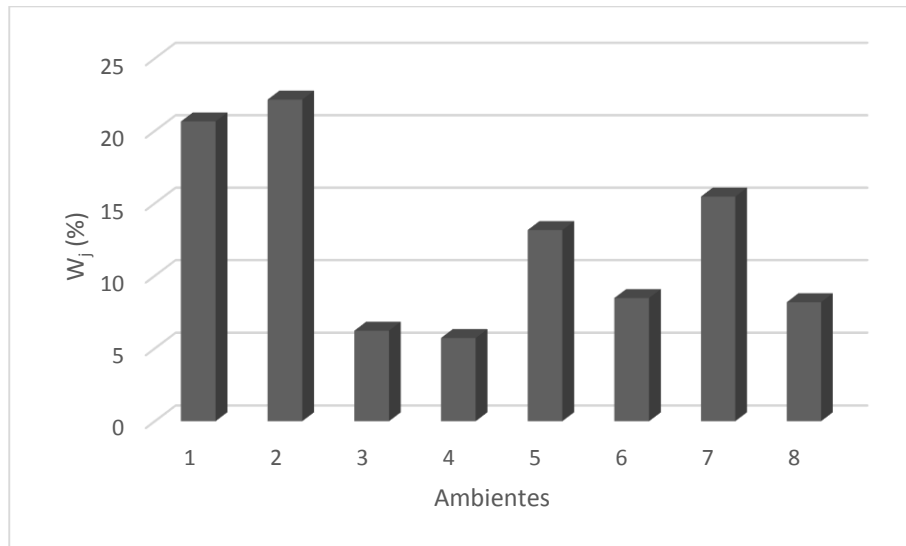


Figura 8 Contribuição percentual média dos ambientes para a interação G x A, Ecocalência ( $W_j$ ). Dados de volume de madeira aos três anos de idade, obtidos na avaliação de 49 clones de eucalipto em oito ambientes

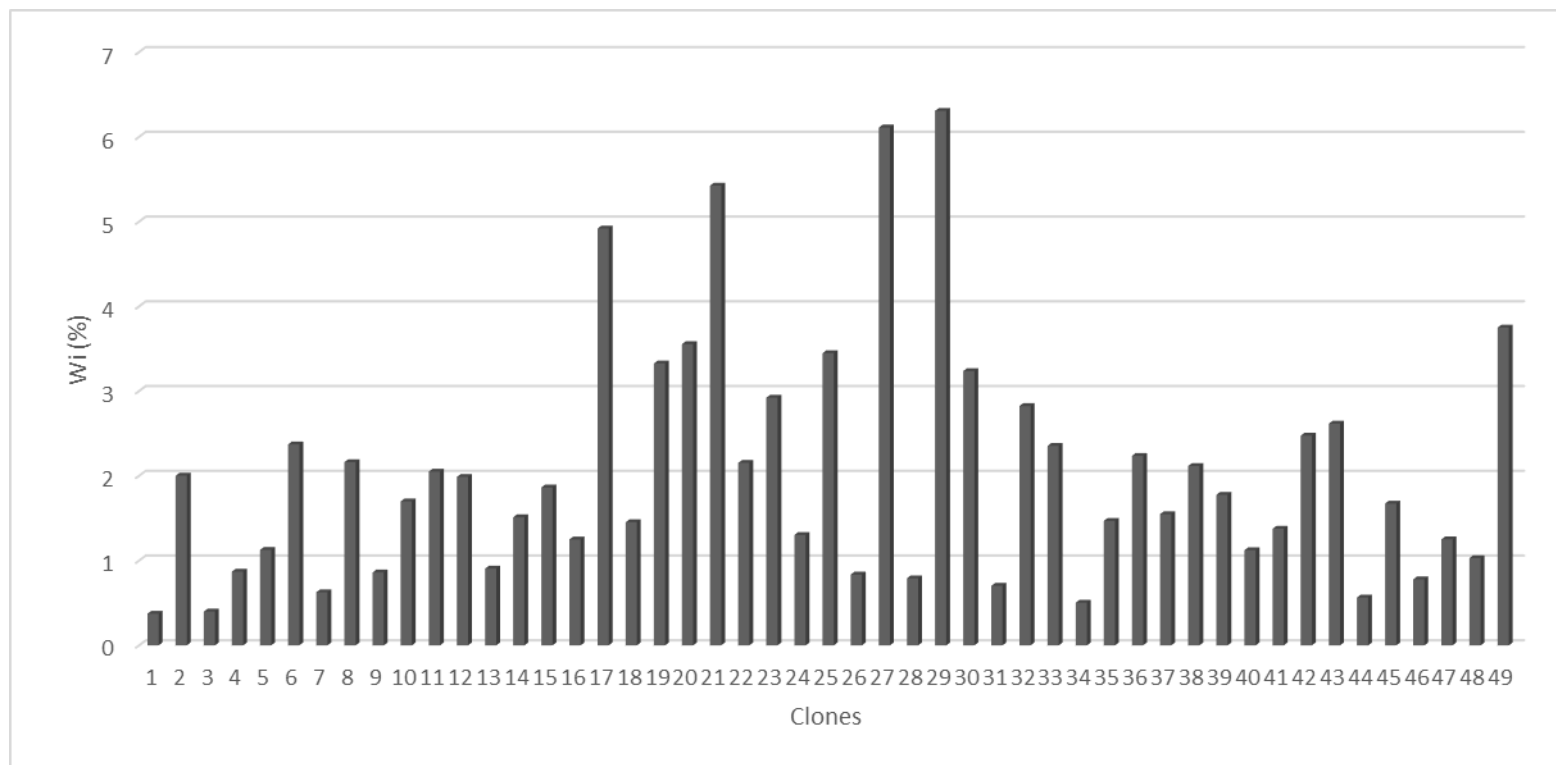


Figura 9 Contribuição percentual média dos clones para a interação G x A, Ecovalência (Wi), obtida na avaliação de oito ambientes. Dados de volume de madeira aos três anos de idade, obtidos na avaliação dos 49 clones em oito ambientes

Um grande desafio para o melhorista é encontrar indicativo não genético no comportamento dos clones que possa auxiliar em um possível zoneamento na recomendação dos mesmos.

As equações de regressão estimadas possibilitaram identificar as variáveis ambientais que mais explicaram a variação no desempenho clonal. Observa-se que ocorreu ampla variação nas estimativas do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as variáveis ambientais nos diferentes clones (Tabela 8). O  $R^2$  variou de zero, ou seja, aquela variável não contribuiu para explicar a variação no desempenho do clone, até 0,84. Esse último caso ocorreu com o clone 29. A variação na altitude entre locais explicou 84% da variação no volume de madeira desse clone. Contudo, para a quase totalidade dos clones, nenhum fator ambiental sozinho explicou o comportamento volumétrico dos clones nos diferentes locais.

Numa situação como essa, deve-se procurar identificar o conjunto de variáveis ambientais que melhor explique a variação volumétrica clonal. A análise de *stepwise* mostrou resultados bem divergentes entre os clones. Contudo, a explicação da variação utilizando a regressão múltipla foi muito maior (Tabela 9). O limite de variação de  $R^2$  foi de 0 a 96,5%. Deve ser enfatizado que a estimativa de  $R^2$  igual à zero ocorreu porque foi realizada uma discriminação preliminar das variáveis, e só aquelas que apresentaram coeficiente de determinação superior a 20%, na regressão univariada, estiveram envolvidas na estrutura dos parâmetros da regressão múltipla.

Deve ser destacado que as variáveis do modelo de regressão múltipla selecionadas pelo *stepwise* foram muito diferentes entre os clones (Tabela 9). Ou seja, nenhuma variável ambiental esteve presente em todas as regressões múltiplas obtidas. Observe que em 24 dos 49 clones, a variável altitude esteve presente no modelo de regressão. O teor de zinco esteve presente em 18 situações, a precipitação (chuva) em 17 e o boro em 12.

Para os clones de número 4, 16, 24, 25, 29, 32, 38, 42 e 49 a estimativa de  $R^2$  foi superior à 80%, ou seja, para esses clones as variáveis ambientais explicaram grande parte da variação volumétrica.

Tabela 8 Estimativa dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) da regressão entre o volume de madeira de eucalipto (Y) e os diferentes dados das variáveis ambientais (X) (altitude (ALT), soma térmica (ST), precipitação (PPT), boro (BOR), ferro (FER), pH (PH) e zinco (ZIN)) nos oito ambientes em que os 49 clones foram avaliados

Clone	Variáveis						
	ALT	ST	PPT	BOR	FER	PH	ZIN
1	0,42	0,05	0,13	0,07	0,12	0,42	0,39
2	0,53	0,04	0,22	0,12	0,00	0,48	0,25
3	0,25	0,00	0,04	0,05	0,16	0,33	0,24
4	0,56	0,12	0,33	0,02	0,25	0,61	0,47
5	0,00	0,00	0,06	0,00	0,04	0,09	0,03
6	0,43	0,23	0,10	0,15	0,02	0,34	0,12
7	0,12	0,05	0,01	0,40	0,02	0,03	0,10
8	0,33	0,01	0,06	0,20	0,01	0,25	0,24
9	0,21	0,02	0,06	0,31	0,01	0,16	0,19
10	0,00	0,05	0,17	0,01	0,13	0,01	0,07
11	0,18	0,30	0,03	0,01	0,13	0,27	0,61
12	0,45	0,26	0,13	0,11	0,03	0,42	0,15
13	0,10	0,00	0,37	0,00	0,00	0,04	0,01
14	0,05	0,01	0,01	0,10	0,00	0,01	0,41
15	0,12	0,06	0,43	0,18	0,01	0,34	0,00
16	0,38	0,03	0,15	0,29	0,05	0,23	0,50
17	0,05	0,07	0,00	0,68	0,02	0,00	0,05
18	0,14	0,27	0,06	0,01	0,07	0,16	0,02
19	0,04	0,31	0,01	0,12	0,02	0,02	0,09
20	0,14	0,34	0,03	0,02	0,44	0,02	0,00
21	0,08	0,01	0,19	0,20	0,22	0,00	0,04
22	0,19	0,00	0,50	0,00	0,33	0,08	0,01

“Tabela 8, conclusão”

Clone	Variáveis						
	ALT	ST	PPT	BOR	FER	PH	ZIN
23	0,45	0,01	0,26	0,38	0,10	0,21	0,08
24	0,48	0,09	0,19	0,22	0,12	0,44	0,28
25	0,37	0,01	0,57	0,06	0,30	0,17	0,02
26	0,01	0,01	0,09	0,12	0,03	0,00	0,24
27	0,22	0,12	0,35	0,07	0,47	0,10	0,03
28	0,06	0,02	0,37	0,01	0,20	0,04	0,04
29	0,84	0,08	0,60	0,12	0,00	0,61	0,34
30	0,33	0,01	0,58	0,01	0,19	0,31	0,01
31	0,38	0,07	0,09	0,67	0,01	0,05	0,37
32	0,04	0,24	0,23	0,01	0,34	0,01	0,05
33	0,00	0,49	0,00	0,19	0,64	0,05	0,06
34	0,31	0,35	0,05	0,08	0,25	0,32	0,50
35	0,03	0,00	0,33	0,11	0,00	0,06	0,00
36	0,29	0,48	0,43	0,01	0,01	0,09	0,04
37	0,00	0,00	0,17	0,11	0,01	0,02	0,09
38	0,61	0,15	0,25	0,16	0,02	0,50	0,38
39	0,04	0,10	0,05	0,18	0,00	0,00	0,17
40	0,00	0,20	0,12	0,03	0,63	0,00	0,27
41	0,07	0,00	0,34	0,27	0,17	0,13	0,09
42	0,49	0,00	0,76	0,05	0,08	0,26	0,04
43	0,02	0,10	0,16	0,06	0,11	0,01	0,01
44	0,00	0,19	0,09	0,01	0,62	0,02	0,33
45	0,29	0,06	0,02	0,37	0,02	0,05	0,21
46	0,24	0,01	0,03	0,53	0,02	0,03	0,04
47	0,19	0,03	0,15	0,06	0,01	0,28	0,23
48	0,23	0,57	0,01	0,06	0,25	0,15	0,47
49	0,50	0,01	0,20	0,33	0,00	0,33	0,10

Tabela 9 Estimativa dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtido nas equações de regressão múltipla entre o volume de madeira de eucalipto (Y) e as variáveis ambientais (X) dos oito ambientes de avaliação. Análise de *stepwise*

Clone	$R^2$ (%)	Variáveis no modelo
1	56,78	ALT+PH+ZIN
2	83,47	ALT+PPT+PH+ZIN
3	40,43	ALT+PH+ZIN
4	86,59	ALT+PPT+FER+PH+ZIN
5	0	*
6	46,12	ALT+ST+PH
7	39,57	BOR
8	68,04	ALT+BOR+PH+ZIN
9	41,69	ALT+BOR
10	0	*
11	65,67	ST+PH+ZIN
12	51,75	ALT+ST+PH
13	36,96	PPT
14	41,19	ZIN
15	44,55	PPT+PH
16	91,68	ALT+BOR+PH+ZIN
17	67,62	BOR
18	27,21	ST
19	31,10	ST
20	48,31	ST+ FER
21	36,59	BOR+FER
22	79,72	PPT+FER
23	75,58	ALT+PPT+BOR+PH
24	96,47	ALT+BOR+PH+ZIN
25	83,25	ALT+PPT+FER
26	23,77	ZIN
27	77,63	ALT+PPT+FER
28	36,58	PPT
29	87,25	ALT+PPT+PH+ZIN
30	64,92	ALT+PPT+PH
31	94,26	ALT+BOR+ZIN

“Tabela 9, conclusão”

<b>Clone</b>	<b>R<sup>2</sup> (%)</b>	<b>Variáveis no modelo</b>
<b>32</b>	84,22	ST+PPT+FER
<b>33</b>	77,91	ST+FER
<b>34</b>	64,09	ALT+ST+FER+PH+ZIN
<b>35</b>	32,71	PPT
<b>36</b>	76,61	ALT+ST+PPT
<b>37</b>	0	*
<b>38</b>	90,95	ALT+PPT+PH+ZIN
<b>39</b>	0	*
<b>40</b>	68,80	FER+ZIN
<b>41</b>	61,38	PPT+BOR
<b>42</b>	84,69	ALT+PPT+PH
<b>43</b>	0	*
<b>44</b>	70,67	FER+ZIN
<b>45</b>	55,65	ALT+BOR+ZIN
<b>46</b>	62,51	ALT+BOR
<b>47</b>	36,61	PH+ZIN
<b>48</b>	67,59	ALT+ST+FER+ZIN
<b>49</b>	89,05	ALT+PPT+BOR+PH

\*O desempenho volumétrico dos clones 5, 10, 37, 39 e 43 não foi explicado pelo conjunto de variáveis ambientais proposto.



## 5 DISCUSSÃO

Na avaliação de clones/progênes o mais importante é ter a maior acurácia ( $r_{gg}$ ) possível, isto porque quanto maior a estimativa de  $r_{gg}$ , mais o fenótipo representa os genótipos, que é o objetivo principal dos melhoristas. Isto é, classificar os clones/progênes em função de diferenças genotípicas. Isso ocorreu nesse trabalho, pois em todas as análises de variância as estimativas de  $r_{gg}$  foram superiores à 0,91 (Tabela 5).

Uma das razões para se ter altas estimativas de acurácia é avaliar os clones com o maior número de repetições possíveis. Nesse caso, como a parcela foi de uma planta, o número de repetições pode ser elevado, isto é, 30 ou 40 repetições. Um questionamento que surge é se uma planta por parcela permite discriminar bem o comportamento do clone. Não existem muitas informações a esse respeito. Contudo, as existentes mostram que na avaliação de clones ou de progênes de eucalipto não ocorreu grande variação na classificação dos tratamentos utilizando uma planta por parcela em comparação com parcelas variando de cinco a, até mesmo, 100 plantas (MENDES et al., 2014; ANDRADE et al., 2006).

Na área florestal, são avaliados o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura das plantas nos experimentos. Com esses dados pode-se estimar o volume de madeira utilizando uma correção em função do fator de forma da árvore (SARTÓRIO, 2014; SCOLFORO, 2005). Em função desse fato, como ocorreu nesse trabalho, as estimativas de correlação entre DAP e altura com o volume normalmente é alta (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2009). Nessa condição, o resultado obtido para o volume reflete o que ocorreu em termos de DAP e altura. Portanto, optou-se por apresentar os resultados tendo como referência o volume para evitar a obtenção de informações redundantes e com reflexo mais direto no que é desejável pela empresa, isto é, a produtividade de madeira por árvore ou por área.

Para atingir os objetivos que foram estabelecidos para essa pesquisa era necessário que os clones avaliados apresentassem diferença expressiva no desempenho volumétrico. Esse fato ocorreu em todos os experimentos (Tabela 5).

Outra necessidade nesse tipo de pesquisa é que os ambientes em que foram conduzidos os experimentos fossem diferentes e representativos da área de cultivo de eucalipto na empresa. Nota-se nas tabelas 3 e 4 que esses ambientes abrangeram uma grande gama de variação em termos de altitude, condições climáticas e de fertilidade dos solos. Essas diferenças foram realçadas nas análises de variância realizadas (Tabelas 5 e 6).

A existência de variação entre os clones e os ambientes possibilitou que se detectasse diferença significativa para a interação clones x ambientes, indicando que o desempenho dos clones não foi coincidente nos diferentes ambientes (Tabela 6). Observando a classificação das médias dos clones nos ambientes (Tabela 7) a interação fica bem evidenciada. Como ocorreu grande variação na classificação dos clones, pode-se inferir que a interação ocorrida foi predominantemente complexa (CRUZ et al., 2004; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992; KANG; MILLER, 1984). Nessa situação, os melhoristas devem procurar estratégias visando mitigar o efeito da interação.

Um dos questionamentos dessa pesquisa é se a origem dos clones, ou seja, o local em que ele foi selecionado, tem reflexo no seu desempenho relativo nos diferentes ambientes. Na análise de variância, a fonte de variação clones foi decomposta entre origens e entre clones dentro de origem. A origem refere-se a clones que foram selecionados nas regiões de Aracruz, Jacareí e Três Lagoas. A fonte de variação origem foi não significativa, isto é, na média dos oito ambientes e dos clones de cada origem, não houve diferença no volume de madeira (Tabela 6 e Figura 4). Em princípio, essa informação possibilita inferir

que os três programas de seleção clonal foram igualmente eficientes. Contudo, o desempenho dos clones dentro de cada região foi bem divergente.

Entretanto, o que mais interessa é verificar se ocorre interação origens x ambientes, o que não ocorreu (Tabela 6). Era esperado que os clones selecionados em uma dada região apresentassem desempenho superior na condição mais próxima possível de onde eles foram selecionados, isto é, dentro dos ambientes de cada unidade seletiva. Deve ser enfatizado, contudo, que alguns clones, como os de números 8 e 49 de Aracruz e 22 de Três Lagoas, foram classificados entre os melhores nos ambientes dentro da região em que eles foram selecionados. A fonte de variação origens x ambientes reflete o que ocorre em média e não possibilita detectar comportamento específico de clones, como os relatados. Na cultura do eucalipto não foi encontrado nenhum relato a esse respeito, contudo em outras espécies de plantas, tais como o feijoeiro, foi constatado que o desempenho das linhagens era superior nas condições próximas às que elas foram selecionadas (SILVA et al., 2011; PIROLA et al., 2002).

O termo ambiente reflete todos os fatores envolvidos no crescimento e desenvolvimento das árvores, exceto o genótipo (BERNARDO, 2010; KANG; GAUCH, 1996). O que tem sido pouco explorado, especialmente na cultura do eucalipto, é identificar entre os fatores ambientais qual ou quais mais explicam o desempenho dos genótipos e, principalmente, se a resposta ao ambiente difere entre os clones. Como se dispunha de dados climáticos e de fertilidade do solo, nos oito ambientes, foi possível, por meio de equações lineares envolvendo cada fator ambiental isoladamente, identificar aqueles que mais explicaram a variação no desempenho dos clones (Tabela 8). Como era esperado, muitos fatores apresentaram estimativas de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) próximo de zero, indicando que estes pouco ou nada explicaram a variação no desempenho volumétrico nos diferentes ambientes. Contudo, para alguns clones a resposta ao fator ambiental foi marcante. Por exemplo, o teor de zinco no solo apresentou  $R^2$

superior à 0,47 para os clones 4, 11, 16, 34 e 48. No caso do boro,  $R^2$  superior à 0,40 foi observado para os clones 7, 17, 31 e 46. O mesmo fato foi constatado para outras variáveis ambientais. O que se questiona é como explicar esses resultados considerando que em nenhum momento da seleção algumas dessas variáveis estiveram envolvidas diretamente. Poder-se-ia argumentar que esses resultados ocorreram por acaso. Entretanto, estimativas de  $R^2$  superiores a 0,40 possibilitam inferir que 40% ou mais da diferença no volume médio desses clones entre os ambientes foi função do fator considerado na regressão. Uma estratégia para atenuar o efeito do ambiente nesses clones seria o uso de fertilizantes que contenham esse nutriente, nas áreas em que o referido clone fosse cultivado. Poderia ser argumentado, também, que os demais clones em que a estimativa de  $R^2$ , para qualquer fator ambiental, foi próxima de zero, são tolerantes a variações desse componente do ambiente.

Procurou-se ainda obter estimativas de  $R^2$  considerando a regressão múltipla, por metodologia de *stepwise*. Foi efetuada eliminação prévia dos componentes do ambiente na média dos 49 clones que explicaram menos de 20% da variação. Constatou-se, para reforçar o que foi comentado anteriormente, que os clones diferiram na resposta ao conjunto dos fatores ambientais. Porém, alguns deles afetaram maior número de clones, tais como a altitude, precipitação, pH, boro e zinco. Não foi encontrado nenhum relato de resposta diferencial de clones/progênes de eucalipto a algum fator climático ou ambiental, como ocorre nesse trabalho. Os resultados indicam que, nas avaliações clonais futuras, essas variáveis ambientais devem ser consideradas e assim a seleção possa ser direcionada. Desta maneira, se um clone responde muito a um fator de fertilidade do solo, por exemplo, a sua recomendação deve ser acompanhada de sugestão de manejo da fertilidade do solo. Assim procedendo, a interação pode ser mitigada.

Outra maneira de mitigar a interação G x A seria a realização de um zoneamento clonal, ou seja, identificar clones específicos para cada região utilizando informações de condições climáticas e edáficas destas. Como se constatou, a interação clones x ambientes dentro de cada região também foi expressiva, especialmente em Aracruz (Tabela 6). Nessa condição, o zoneamento, embora factível, na maioria dos casos é inviável. Adicionalmente, o zoneamento funciona para fatores ambientais previsíveis, tais como condições edáficas, mas não para variáveis ambientais imprevisíveis como precipitação, temperatura, geada, isto é, o efeito de anos (ALLARD; BRADSHAW, 1964).

A outra opção é identificar os clones mais adaptados e estáveis. Em primeiro momento, a dificuldade está em conceituar o que é adaptado e, sobretudo, estável (CRUZ et al., 2004; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). O conceito mais aceito de adaptação é o dos genótipos que estão plenamente ajustados a uma dada condição. Ajustados implicaria que aqueles genótipos encontraram em um determinado ambiente todas as condições para o seu desenvolvimento. Por esse conceito, a média volumétrica do clone é uma ótima estimativa da adaptação. Quanto maior a média, mais adaptado. Ainda considerando essa premissa, os clones com maior média geral nos vários ambientes teriam adaptação ampla (Figura 5). Esse princípio foi muito comentado por Troyer (1996), a respeito de como selecionar para obter maior adaptação. A conclusão é que os clones/híbridos deveriam ser avaliados com o maior número de repetições/ambientes para se identificar aqueles com maior média geral. Nesse trabalho, esse fato ficou bem evidenciado para os clones 8 e 22, que se destacaram no grupo dos mais produtivos. Nesse caso, a média foi obtida a partir de dados coletados em 250 repetições (sete ambientes com 30 e um com 40 repetições). Evidentemente, a recomendação realizada a partir de dados dessa magnitude possibilita grande segurança na decisão dos melhoristas. Esses resultados também permitem afirmar que, se a empresa desejar empregar

poucos clones na exploração florestal, esses dois clones poderiam ser recomendados para todas as regiões.

O conceito de estabilidade já é mais controvertido. Para envolver todas as vertentes desse conceito, Lin et al. (1986) a classificaram em: i) estabilidade biológica, quando o comportamento do genótipo não se altera nos diferentes ambientes; ii) estabilidade agrônômica, quando o desempenho do clone acompanha a melhoria do ambiente previsível; e iii) genótipo com maior previsibilidade de comportamento à diferentes alterações do ambiente, previsíveis ou imprevisíveis. Para avaliar cada um desses tipos de estabilidade, a literatura apresenta inúmeras metodologias (RAMALHO et al., 2012a; BERNARDO, 2010; CRUZ et al., 2004; KANG; GAUCH, 1996).

Nesse trabalho foi dada ênfase em uma das metodologias que, embora tenha sido proposta há mais de cinquenta anos (Wricke, 1964), ainda é muito utilizada, pois possibilita identificar os genótipos ou ambientes que mais contribuem para a interação, que, em última análise, é o que os melhoristas desejam. Isto é, no presente caso, clones com a menor contribuição possível para a interação. Tendo como referência os clones 8 e 22, os de maiores médias, a contribuição deles para a interação não foi superior à 2,5% quando se consideram os 49 clones avaliados. Embora esse valor não fosse o de menor magnitude, ele esteve abaixo da média (Figura 9). Quando se consideram os três clones de menor média geral, a contribuição deles para a interação foi variável. Os de números 19 e 20 tiveram contribuição relativamente alta para a interação (Figura 9). Ou seja, devem ser descartados, pois não são adaptados e estáveis. É oportuno salientar que esses dois clones são híbridos entre árvores de *E. urophylla* e *E. maidenii*. Essa última espécie foi mais recentemente utilizada no programa de melhoramento da empresa, e, portanto, no cruzamento, o híbrido não foi adaptado.

Por meio da metodologia de Wricke (1964) é possível, como já mencionado, identificar os ambientes que mais contribuem para a interação. Os de números 1 e 2, ambos da região de Aracruz, foram os que mais contribuíram para a interação G x A (Figura 8). Essa informação é importante porque mostra para os melhoristas que a escolha desses locais para a condução dos experimentos foi relevante e que no futuro eles devem ser mantidos para selecionar clones com maior estabilidade.

Todos esses resultados podem ser interpretados visualmente pela metodologia gráfica proposta por Nunes et al. (2005). Observe que os clones de números 8 e 22, já destacados como adaptados e estáveis, se enquadram no comportamento de “bola cheia”, isto é, em média, acima da média geral com pequena flutuação no comportamento entre os ambientes. A escolha dos clones mais adaptados e estáveis é didaticamente realizada visualmente. Já os clones 18, 19 e 20 têm comportamento típico de “bola murcha”, ou seja, apresentam desempenho abaixo da média e normalmente com grande flutuação no desempenho entre ambientes. São clones, como já mencionado, de alto risco no processo de recomendação para a exploração florestal.

No contexto de uma empresa florestal com milhares de hectares plantados anualmente, seria importante identificar, também, clones com adaptação específica. Isto é, utilizar a ocorrência interação em benefício da seleção de clones. Assim, nos ambientes de Aracruz, embora a interação tenha sido expressiva, o clone 8 seria o escolhido especialmente nos ambientes 1 e 3. Outro clone que se destacou nessa região foi o 49. Vale destacar que esses dois clones foram selecionados na região. O clone 22, selecionado em Três Lagoas esteve entre os de melhores desempenhos nos ambientes de Jacareí e Três Lagoas. Havendo necessidade de recomendar maior número de clones por ambiente, este poderá ser obtido por meio da Tabela 7 ou construindo gráficos

de acordo com o método de Nunes et al. (2005) para os demais clones que não estão relacionados nas figuras 6 e 7.



## 6 CONCLUSÕES

Os clones da empresa demonstraram grande variação no desempenho em volume nos diferentes ambientes.

A interação clones x ambientes foi expressiva, evidenciando que, em termos de desempenho volumétrico, o comportamento dos clones não foi coincidente nos diferentes locais.

A resposta aos fatores ambientais variou entre os clones, especialmente para altitude, precipitação, boro e zinco.

Para a maioria dos clones o local de seleção não propiciou maior adaptação à sua região de origem.

Destacaram-se os clones 8 e 22 como os mais estáveis e adaptados às três regiões de exploração florestal da empresa. Outros clones podem ser recomendados para ambientes específicos.

## REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa: UFV, 2 ed. 2004. 442p.

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, p. 503-508, Sept 1964.

ANDRADE, H. B. et al. Alternativas para atenuar a diferença de estande nos experimentos de avaliação de clones de *Eucalyptus urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 11–18, 2006.

ANNICHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal Genetics and Breeding**, v. 46, n. 1, p. 269-278, 1992.

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Cidade Nova, v. 189, n. 185, p. 32-51, 1996.

BERGER, R.; SCHNEIDER, C. A. G. F.; HASELEIN, C. R. Efeito do espaçamento e adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Stemma, Hardbound, 2010. 369p.

BISON, O. **Melhoramento de eucalipto visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 169 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

BORÉM, A.; MIRANDA, V. M. **Melhoramento de Plantas**. 6 ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 523 p.

BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Setor de papel e celulose**. São Paulo, 2011. Disponível em: <[http://www.bracelpa.org.br/bra/eventos\\_bracelpa/press\\_release.pdf](http://www.bracelpa.org.br/bra/eventos_bracelpa/press_release.pdf)>. Acesso em: 02 jun. 2014.

COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Florestas energéticas no Brasil. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. São Paulo: UNICAMP, 2008. 736p. Cap. 4, p. 93-111.

CRUZ, C. D., TORRES, R. A. A., VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3, p. 567-580, 1989.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.

CRUZ, C. D. Genes software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v. 01, n. 01, p. 36-40, 1966.

FERREIRA, M.; SANTOS, P. E. T. dos. Melhoramento genético florestal de *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus*, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, v. 1, p. 14-34, 1997.

FERREIRA, R. A. D. C. **Implicações do número de anos na recomendação de cultivares de feijoeiro**. 2014. 66 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

FERREIRA, R. A. D.; RAMALHO, M. A. P.; TOLEDO, F. H. R. B.; ABREU, A. F. B. Implications of the number of years assessment recommendation of common bean cultivars. **Plant Breeding**, v. 334, p. 599-604, 2015.

FILHO, P. E.; SANTOS, P. E. T. Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2011. 67 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 214).

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 14, p. 742-754, 1963.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. (Ed.). Genotype-by-environment interaction. CRC Press, Boca Raton, Florida, p.85-122, 1996.

GOOGLE EARTH. **Mapas**. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

HONGYU, K. et al. Comparação entre os modelos AMMI e GGE Biplot para os dados de ensaios multi-ambientais. **Revista Brasileira de Biomassa**, São Paulo, v.33, n.2, p.139-155, 2015.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Anuário Estatístico da Indústria Brasileira de Árvores: ano base 2014**. Brasília, DF: IBA, 2015. 97p.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 14 out. 2015.

KANG, M. S.; GAUCH, H. G. **Genotype by Environment Interaction**. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1996.

KANG, M. S.; MILLER, J. D. Genotype x environment interactions for cane and sugar yield and their implications in sugarcane breeding. **Crop Science**, Madison, v. 24, p. 435-440, May/June 1984.

LAVORANTI, O. J.; DIAS, C. T. S.; VENKOVSKY, R. Estudo da adaptabilidade e estabilidade fenotípica de progênies de *Eucalyptus grandis* via metodologia AMMI. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 44, p. 107-124, Jan/Jun 2002.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v.68, p.193-198, 1988.

LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVICTH, L. P. Stability analysis. Where do we stand? **Crop Science**, v. 26, n. 5, p. 894-899, 1986.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Curitiba, PR: UFPR, 2009. 316 p.

MAGALHÃES, G. C. **Desempenho de clones de eucalipto nas condições edafoclimáticas de Vitória da Conquista – BA**. 2013. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2013.

MENDES, M. H. S.; ROSSE, L. N.; TOLEDO, F. H. R. B.; RAMALHO, M. A. P. Experimental strategies for clonal *Eucalyptus*. **Silvae Genetica**, v. 63, n.1-2, p.32-38, 2014.

MIRANDA, A. C. **Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Eucalyptus grandis***. 2012. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012.

MOHAMMADI, R. et al. Interpreting genotype x environment interactions for durum wheat grain yields using non parametric methods. **Euphytica**, Wageningen, v. 157, n. 1/2, p. 239-251, Sept. 2007.

NUNES, G. H. de S.; REZENDE, G. D. S. P.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos. Implicações da Interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v.8, n.1, p.049-058, 2002.

NUNES, J. A. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Graphical method in studies of adaptability and stability of cultivars. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 48, p. 182-183, 2005.

OLIVEIRA, M. L. R. **Mensuração e modelagem do crescimento e da produção de povoamentos não-desbastados de clones de eucalipto**. 2007. 105 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

PALUDZYSKYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T dos; FERREIRA, C. A. Eucaliptos indicados para plantios no estado do Paraná. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2006. 45 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 129).

PATIÑO VALERA, F.; KAGEYAMA, P. Y. **Interação genótipo x espaçamento em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith**. IPEF, Piracicaba, n. 39, p. 5-16, 1988.

PEREIRA, H. L. et al. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.4, p.374-383, Abr. 2009.

PINTO JÚNIOR, J.E. **REML/BLUP para análise de múltiplos experimentos, no melhoramento genético de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2004. 113 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

PINTO JÚNIOR, J.E.; GARLIPP, R.C.D. Eucalipto. In: ALBUQUERQUE, A.C. S.; SILVA, A.G. **Agricultura tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2008. p.801- 822.

PIROLA, L. H.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E. S.; ABREU, A. F. B. Natural selection and Family x location interaction in the common (dry) bean plant. **Genetics and Molecular Biology**, v. 25, p.343-347, 2002.

R CORE TEAM (2015), **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. 1ed. Lavras: UFLA, 2012a. 522 p.

RAMALHO, M. A. P. et. al. **Genética na Agropecuária**. 5 ed. Lavras: UFLA, 2012. 566 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**. Goiânia: UFG, 1993. 272 p.

RESENDE, M. D. V. de. Melhoramento de espécies perenes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 357-421.

RESENDE, M. D. V. **Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes**. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V.; SILVA, F. F.; AZEVEDO, C. F. Estatística Matemática, Biométrica e Computacional: **Modelos Mistos, Multivariados, Categóricos e Generalizados (REML/BLUP), Interferência Bayesiana, Regressão**

**Aleatória, Seleção Genômica, QTL-GWAS, Estatística Espacial e Temporal, Competição, Sobrevivência.** Viçosa: Suprema, 2014. 881p.

ROCHA, R. B.; MURO ABAD, J. I.; ARAÚJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centroide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

SANTOS, G. A. dos. **Interação genótipos x ambientes para produtividade de híbridos multi-espécies de eucalipto no Rio Grande do Sul.** 2012. 128 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SARTÓRIO, I. P. **Avaliação e modelagem do crescimento de florestas energéticas de eucalipto plantadas em diferentes densidades.** 2014. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal:** Parte I: modelos de regressão linear e não linear; Parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005, 325 p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n.2 p.507-512, 1974.

SILVA, C. A. et al. Implicações da origem das linhagens de feijoeiro na magnitude da interação com ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.7, p.720-728, 2011.

SILVA, L. D. **Melhoramento genético de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage visando a produção de madeira serrada em áreas de ocorrência de geadas severas.** 2008. 256 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.



SILVA, P. H. M.; BARRICHELO, L. E. G., Progressos recentes na área florestal. In: PATERNIANI, E. (Ed.) **Ciência, agricultura e sociedade**. Brasília: Embrapa, 2006, p. 439-456.

SOUZA, S. M.; SILVA, H. M. da; PINTO JÚNIOR, J. E. Variabilidade genética e interação genótipo x ambiente em *Eucalyptus pilularis*. Parte do **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.26/27, p.3-16, Jan./Dez 1993.

TOLER, J.E. **Patterns of genotypic performance over environmental arrays**. 1990. 154 p. Tese (Ph.D.) - Clemson University, South Carolina, USA, 1990.

TROYER, A. F. Breeding widely adapted, popular maize hybrids. **Euphytica**, Wageningen, v. 92, n. 1, p. 163-174, 1996.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 416 p.

VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Contribuições do melhoramento genético de plantas no Brasil. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 57-89.

VOTORANTIM CELULOSE E PAPEL. **Sustainable growth with value creation and solid returns**. São Paulo: Votorantim, 2004. 28 p.

WRICKE, G. Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafe R. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtung**, v.52, p.127-138, 1964.