

**COMPORTAMENTO DE CLONES DE *Eucalyptus*
EM DIVERSOS AMBIENTES DEFINIDOS PELA
QUALIDADE DE SÍTIO E ESPAÇAMENTO**

VALTER SILVEIRA

1999

VALTER SILVEIRA

**COMPORTAMENTO DE CLONES DE *Eucalyptus*
EM DIVERSOS AMBIENTES DEFINIDOS PELA
QUALIDADE DE SÍTIO E ESPAÇAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Produção Florestal, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Sebastião Carlos da Silva Rosado

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1999**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Silveira, Valter.

Comportamento de clones de *Eucalyptus* em diversos ambientes definidos pela
Qualidade de sítios e espaçamento / Valter Silveira. – Lavras : UFLA, 1999.

124 p. : il.

Orientador: Sebastião Carlos da Silva Rosado.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Eucalipto. 2. Interação genótipo x ambiente. 3. Clone. 4. Espaçamento. 5.
Densidade básica. 6. Variação dimensional. 7. Característica de crescimento. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.97342

-634.95

VALTER SILVEIRA

**COMPORTAMENTO DE CLONES DE *Eucalyptus*
EM DIVERSOS AMBIENTES DEFINIDOS PELA
QUALIDADE DE SÍTIO E ESPAÇAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Produção Florestal, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 27 de fevereiro de 1999

Prof. Paulo Fernando Trugilho - UFLA

Prof. Samuel Pereira de Carvalho - UFLA



Prof. Sebastião Carlos da Silva Rosado - UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

DEDICATÓRIA

A DEUS, por estar presente em cada momento de minha vida.

Aos meus pais, Raimundo Silveira e Juventina de Freitas Silveira.

Aos meus irmãos, Vera, Vilmar, Valdir, Vicente, Aparecido, Aparecida e Vilma.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por ser a fonte propulsora de cada dia da minha vida;

À Universidade Federal de Lavras - UFLA;

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciências Florestais da UFLA;

À Fundação, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao orientador - Prof. Sebastião Carlos da Silva Rosado;

Ao co-orientador - Prof. Paulo Fernando Trugilho;

Em especial aos professores José Roberto S. Scolforo; Dulcinéia de Carvalho, Samuel Pereira de Carvalho, Sebastião do Amaral Machado e Fábio Akira.

À Companhia Mineira de Metais - Unidade Agroflorestal, do grupo Votorantim pelo apoio e infra-estrutura fornecida;

Em geral, a todos **AMIGOS** e colegas, que contribuíram para minha formação e, conseqüentemente, para a realização deste trabalho, deixo minha gratidão.

Que Deus ajude a todos, e muito.

BIOGRAFIA

VALTER SILVEIRA, filho de Raimundo Silveira e Juventina de Freitas Silveira, nasceu em 10 de outubro de 1971, na cidade de Pará de Minas, Minas Gerais.

Formou em Técnico Agropecuário pela Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal – CEDAF – UFV, em dezembro de 1990.

Em 1991, ingressou na Universidade Federal de Lavras – UFLA, no Curso de Engenharia Florestal, graduando-se em setembro de 1996.

Em setembro de 1996, iniciou o curso de Mestrado em Ciências Florestais, oferecido pela mesma Universidade, recebendo o título de “Mestre” em 27 de fevereiro de 1999.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO GERAL.....	3
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	8
CAPÍTULO 1: COMPORTAMENTO DE CLONES DE <i>Eucalyptus</i> EM DIVERSOS AMBIENTES DEFINIDOS PELA QUALIDADE DE SÍTIO E ESPAÇAMENTO: CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO.....	10
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Material genético.....	17
3.2 Descrição dos locais de experimentação.....	17
3.3 Instalação e condução dos experimentos.....	18
3.4 Delineamento experimental.....	19
3.5 Coleta dos dados.....	19
3.6 Análise estatística.....	20
3.6.1 Análise de variância para cada espaçamento e local, para cada grupo de clones, e estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos.....	20
3.6.2 Análise de variância conjunta para cada grupo de clone.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 Análises conduzidas para os clones 1 ao 6.....	25
4.1.1 Análise de variância para cada espaçamento e locais de plantio.....	25
4.1.2 Análise de variância conjunta envolvendo os espaçamentos e locais de plantio.....	33
4.2 Análises conduzidas para os clones 7 ao 12.....	41
4.2.1 Análise de variância para cada espaçamento dos locais de plantio.....	41
4.2.2 Análise de variância conjunta envolvendo os espaçamentos e locais de plantio.....	46
5 CONCLUSÕES.....	51
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
CAPÍTULO 2: COMPORTAMENTO DE CLONES DE <i>Eucalyptus</i> EM DIVERSOS AMBIENTES DEFINIDOS PELA QUALIDADE DE SÍTIO E ESPAÇAMENTO: DENSIDADE BÁSICA.....	57
RESUMO.....	57
ABSTRACT.....	58
1 INTRODUÇÃO.....	59
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	60
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	63
3.1 Material genético.....	63
3.2 Descrição dos locais de experimentação.....	63

3.3 Instalação e condução dos experimentos.....	64
3.4 Delineamento experimental.....	65
3.5 Coleta dos dados.....	65
3.6 Análise estatística.....	66
3.6.1 Análise de variância separada para cada espaçamento.....	66
3.6.2 Análise de variância conjunta para os espaçamentos.....	68
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
4.1 Análise de variância separada para os clones 1 ao 6, em cada espaçamento.....	71
4.2 Análise de variância conjunta para os clones 1 ao 6, envolvendo os espaçamentos.....	73
4.3 Análise de variância separada para os clones 7 ao 12, em cada espaçamento.....	77
4.4 Análise de variância conjunta para os clones 7 ao 12, envolvendo os espaçamentos.....	79
5 CONCLUSÕES.....	84
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
CAPÍTULO 3: COMPORTAMENTO DE CLONES DE <i>Eucalyptus</i> EM DIVERSOS AMBIENTES DEFINIDOS PELA QUALIDADE DE SÍTIO E ESPAÇAMENTO: CONTRAÇÃO TOTAL.....	88
RESUMO.....	88
ABSTRACT.....	89
1 INTRODUÇÃO.....	90
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	91
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	95
3.1 Material genético.....	95
3.2 Descrição dos locais de experimentação.....	95
3.3 Instalação e condução dos experimentos.....	96
3.4 Delineamento experimental.....	97
3.5 Coleta dos dados.....	97
3.6 Análise estatística.....	99
3.6.1 Análise de variância separada para cada espaçamento e para cada grupo de clones.....	99
3.6.2 Análise de variância conjunta para cada grupo de clone.....	101
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	103
4.1 Análise de variância separada para os clones 1 ao 6, em cada espaçamento.....	103
4.2 Análise de variância conjunta para os clones 1 ao 6, envolvendo os espaçamentos.....	103
4.3 Análise de variância separada para os clones 7 ao 12, em cada espaçamento.....	111
4.4 Análise de variância conjunta para os clones 7 ao 12, envolvendo os espaçamentos.....	115
5 CONCLUSÕES.....	120
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
ANEXO.....	124

RESUMO GERAL

Silveira, V. Comportamento de clones de *Eucalyptus* em diversos ambientes definidos pela qualidade de sítio e espaçamento. Lavras: UFLA, 1999. 124p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal)¹

O presente trabalho teve como objetivos: avaliar a influência do espaçamento e local de plantio sobre as características de crescimento (DAP, altura total e volume por árvore), densidade básica e a contração total de 12 clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*. Também foram avaliadas as interações entre clones e ambientes definidos pelos espaçamentos e locais de plantio, bem como os parâmetros genéticos e fenotípicos. Para as características de crescimento, dividiram-se os 12 clones em 2 grupos de experimentos. O primeiro grupo, clones 1 ao 6, foram plantados nas fazendas Bom Sucesso, município de Vazante-MG, Brasil e Santa Rita, município de João Pinheiro-MG, Brasil. Já o segundo grupo, clones 7 ao 12, foram plantados nas fazendas Riacho, município de Paracatu-MG, Brasil e Santa Cecília, município de João Pinheiro-MG, Brasil. Estes locais de plantios são propriedades da Companhia Mineira de Metais (CMM-AGRO), pertencentes ao grupo Votorantim. Para as características densidade básica média e contração total da madeira, foram utilizados apenas os clones 1 ao 6 e 7 ao 12, das fazendas Bom Sucesso e Riacho, respectivamente. O delineamento experimental, utilizado em cada local de plantio, foi em blocos ao acaso, com 3 repetições e 6 tratamentos (clones). Foram utilizados 4 espaçamentos (3,0 x 2,0; 6,0 x 2,0; 6,0 x 3,0 e 6,0 x 4,0 m) para as características de crescimento e para as características densidade básica média da árvore e contração total, utilizaram-se 3 espaçamentos (6,0 x 2,0; 6,0 x 3,0 e 6,0 x 4,0 m). Cada espaçamento foi considerado como um experimento. A unidade experimental (parcela) foi constituída por uma área de 288 m². O número de plantas por parcela variou de acordo com os espaçamentos, sendo 48, 24, 16 e 12 plantas para o 3,0 x 2,0; 6,0 x 2,0; 6,0 x 3,0 e 6,0 x 4,0 m, respectivamente. A avaliação dos experimentos para obtenção das características de crescimento foi realizada aos 62 meses de idade, obtendo-se os dados de diâmetro à altura do peito (DAP), altura total e volume por árvore. As características densidade básica média da árvore e contração total na altura do DAP foram amostradas aos 74 meses de idade. Os resultados mostram que, para todos os clones, as características DAP e volume por árvore aumentaram com o espaçamento. A análise conjunta mostrou que a altura total não foi influenciada pelo espaçamento. A interação clone x espaçamento não foi significativa para

¹ Comitê Orientador: Sebastião Carlos da Silva Rosado - UFLA (Orientador), Paulo Fernando Trugilho - UFLA, Dulcinéia de Carvalho - UFLA e Fábio Akira Moura - UFLA.

todos os clones. A interação clone x local foi significativa apenas para a altura total do clones 1 ao 6 e para todas características dos clones 7 ao 12. Quanto à densidade básica, o espaçamento comportou de maneira diferenciada para os 2 grupos de experimentos. Para os clones 1 ao 6, o espaçamento influenciou a densidade básica média, entretanto, para os clones 7 ao 12, este efeito não foi detectado. A interação clone x espaçamento para a densidade básica foi insignificante. Para a contração total, os resultados encontrados mostraram que o espaçamento não influenciou as contrações totais avaliadas. Os 2 grupos de clones apresentaram comportamento diferenciados quanto à interação. Os clones 1 ao 6 apresentaram interação clone x espaçamento significativa para a contração longitudinal. Os clones 7 ao 12 apresentaram interação significativa para as contrações tangencial, longitudinal e volumétrica.

GENERAL ABSTRACT

Silveira, V. Behavior of clones of *Eucalyptus* under several environments defined by site and spacing quality. Lavras: UFLA, 1999. 128p (Dissertation - Master of Science in Forestry).¹

The present work has been designed to evaluate: the influence of both the spacing and site of planting upon the growth characteristics (BHD, total height and volume per tree), basic density and the total shrinkage of 12 natural hybrid clones of the genus *Eucalyptus*. Also, the interactions between the clones and environments defined by planting spacing and sites as well as the genetic and phenotypic parameters have been evaluated. To growth characteristics, the 12 clones have been divided into two groups of experiments. The first group, clones 1 through 6, have been planted on the Bom Sucesso farm, town of Vazante, MG, Brazil and Santa Rita farm, town of João Pinheiro-MG, Brazil. While the second group, clones 7 through 12, have been planted on the Riacho farm, town of Paracatu - MG, Brasil and Santa Cecília farm, town of João Pinheiro-MG, Brazil. All these planting sites are owned by Companhia Mineira de Metais (CMM-AGRO), belonging to the Votorantim group. To the characteristics average basic density and total shrinkage of wood, only clones 1 through 6 and 7 through from the farms Bom Sucesso and Riacho have been utilized, respectively. The experimental design utilized in each planting site was in randomized blocks, with 3 replications and 6 treatments (clones). Four spacings (3,0x 2,0; 6,0 x 2,0; 6,0 x 3,0 and 6,0 x

¹ Guidance Committee: Sebastião Carlos da Silva Rosado - UFLA (Major Professor), Paulo Fernando Trugilho - UFLA, Dulcinéia de Carvalho - UFLA e Fábio Akira Moura - UFLA.

4,0 m) have been utilized to the growth characteristics and to the characteristics basic density of the tree and total shrinkage, three spacings (6,0 x 2,0; 6,0 x 3,0; 6,0 x 4,0 m). Each spacing was regarded as an experiment. The experimental unit (plot) consisted of an area of 288m². The number of plants per plot varied according to the spacings, being 48, 24, 16 and 12 plants to the 3,0 x 2,0; 6,0 x 2,0; 6,0 x 3,0, and 6,0 x 4,0 m, respectively. The evaluation of the experiments for obtaining the growth characteristics have been performed at 62 months old, by obtaining the data of breast height diameter (BHD), total height and volume per tree. The characteristics average basic density and total shrinkage at the BHD height have been sampled at 74 months old. The results have shown that to all the clones, the characteristics BHD and volume per tree have increased with spacing. The joint analysis has showed that total height was not influenced by spacing. The clone x spacing interaction has not been significant to all the clones. The clone x site has been significant only to the total height of clones 1 through 6 and to all the characteristics of clones 7 through 12. As to basic density, spacing has behaved in a distinguished manner to the two group of experiments. To clones 1 through 6, spacing has not influenced the average basic density, however to clones 7 through 12 this effect has not been detected. The clone x spacing interaction to the basic density was non-significant. To total shrinkage, the results found showed that spacing had not influenced the total shrinkage found. The two groups of clones have presented distinguished behavior as regard interaction. Clones 1 through 6 have presented clone x spacing interaction to longitudinal shrinkage. However clones 7 through 12 have presented it to longitudinal, tangential and volumetric shrinkages.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A conjuntura econômica é de vital importância para o empresário florestal, pois as sub-variáveis nela existentes tornam-se agentes capazes de provocar mudanças significativas na condução dos negócios florestais e, principalmente, influenciar na permanência ou não da empresa na sua atividade de atuação. Nas atuais condições instáveis do setor florestal brasileiro, estudos e experiências têm demonstrado que empresas com atividades econômicas diversificadas apresentam maiores chances de diluir riscos e vulnerabilidades de um único segmento de negócio.

Levando em consideração esta realidade, nos últimos anos, esforços têm sido aplicados em pesquisas destinadas ao uso da madeira serrada do gênero *Eucalyptus*, com intuito de obter novas alternativas de mercado que possam proporcionar um maior valor agregado, quando comparado com atividades tradicionais. Essa madeira, até então considerada como secundária para serraria e de utilidades específica para produção de celulose, energia, chapas de fibras e aglomerados, está se tornando o principal foco das atenções para suprir a demanda de madeira serrada do mercado. Para que isto se concretize mais rapidamente, o setor florestal deverá acelerar seu processo de reestruturação, o que envolverá, além de inovações tecnológicas, práticas silviculturais diferenciadas daquelas empregadas para a obtenção dos produtos tradicionais.

Dentre as principais práticas silviculturais, a escolha do espaçamento de plantio deverá obter maior atenção por ter uma série de implicações, tanto do ponto de vista tecnológico quanto econômico e silvicultural.

Os espaçamentos mais amplos favorecem a produção de madeira em dimensões mais apropriadas para serraria, entretanto, pouco se sabe qual a sua influência nos diversos parâmetros que definem a qualidade da madeira.

Um outro fator de grande preocupação, pelo lado do melhoramento florestal, é que o aumento do espaçamento aliado aos vários locais de plantio pode proporcionar ambientes específicos com grande variação.

Portanto, o desempenho relativo dos genótipos poderá variar de acordo com o ambiente (espaçamento), de forma que genótipos superiores em um dado ambiente poderão não o ser em outro. Este comportamento diferenciado é denominado de interação entre genótipo e ambiente. Esta interação, quando ignorada, pode tornar-se um dos erros mais graves em um programa de melhoramento florestal. Quando presente, poderá influenciar no ganho com a seleção e dificultar a recomendação de genótipos com ampla adaptabilidade.

Neste contexto, para que o melhorista florestal possa obter sucesso nas tomadas de decisões, é necessário um conhecimento prévio e mais claro da influência do espaçamento na qualidade do produto final. É importante também avaliar a presença da interação entre genótipo e ambiente, de modo a mensurar seus efeitos sobre as técnicas de melhoramento e estratégias de difusão de tecnologia, assim como o fornecimento de subsídios que possibilitem a sua minimização ou seu aproveitamento.

O presente trabalho teve como objetivos: A) avaliar a influência do espaçamento e local de plantio sobre as características de crescimento (DAP, altura total e volume por árvore), densidade básica da madeira e sua contração total de 12 clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*, B) avaliar as interações entre clones e ambientes definidos pelos espaçamentos e locais de plantio, C) estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO GERAL

A interação entre genótipo e ambiente é uma questão universal que se refere a todos organismos vivos, indo desde humanos a plantas e bactérias. Existem muitas facetas para a interação entre genótipo e ambiente. A grande quantidade de literatura disponível é um forte indicador de que ela está presente universalmente e não pode ser evitada. Portanto, a melhor aproximação, para melhoristas e geneticistas, seria entender a natureza e as causas da interação, tentar minimizar suas implicações deletérias e aproveitar seu potencial benéfico através de metodologias estatísticas, genéticas e de melhoramento (Kang e Gauch, 1996).

O melhoramento genético de plantas tem sido praticado com sucesso desde os primórdios da civilização. O progresso genético pode ser alcançado a partir do momento em que existe variabilidade genética, que o efeito ambiental não mascare por completo esta variabilidade, e que a seleção e recombinação de genótipos superiores possa ser realizada com fim de se estabelecer a próxima geração. Tradicionalmente, este progresso tem se baseado exclusivamente nas características fenotípicas (Ferreira e Grattapaglia, 1995).

As variações nas características fenotípicas, normalmente avaliadas, são basicamente atribuídas a três fatores: aos diferentes ambientes nos quais as plantas estão crescendo; às diferenças genéticas entre plantas e à interação entre o genótipo e o ambiente.

A variação ambiental é compreendida por muitos silvicultores e seu manejo é a base da maioria das atividades silviculturais. Alguns fatores ambientais que influenciam o crescimento podem ser controlados e manipulados, outros não. Um exemplo é a densidade de plantio e a competição entre árvores, que podem ser manipuladas pelo desbaste ou pelo espaçamento inicial. As condições edafoclimáticas, associadas a práticas silviculturais, ocorrência de patógenos e outras variáveis que afetam o desenvolvimento das plantas, são coletivamente

denominadas ambiente. Em outras palavras, a variância causada pelo ambiente, que por definição engloba toda a variação de origem não genética, pode ter uma grande variedade de causas, e a sua natureza depende muito do caráter e do organismo estudado. Esta variância, que reduz a precisão nos estudos genéticos, é uma fonte de erro, e o objetivo do pesquisador ou melhorista é, conseqüentemente, reduzi-la ao mínimo pelo manejo ou delineamento apropriado do experimento.

A variabilidade genética é complexa, mas se sua magnitude e tipo forem conhecidos e bem utilizados, esta poderá ser manipulada para obter bons ganhos genéticos.

A interação entre genótipo e ambiente, é de importância chave em estudos de variação. Em grande parte dos trabalhos, atua contra os interesses dos melhoristas. O termo é usado para descrever a situação em que existe uma mudança no desempenho relativo de determinados genótipos, quando esses estão crescendo em diferentes ambientes. Ou seja, o melhor genótipo em um determinado ambiente não é necessariamente o melhor em outro. Portanto, o melhorista, no controle de suas atribuições, além de um efetivo conhecimento da variabilidade genética de seu material de trabalho, deverá também conhecer as interações e relações do genótipo com as condições ambientais, obtendo assim subsídios imprescindíveis para extrapolações e recomendações de plantio de material selecionado (Zobel e Talbert, 1984; Falconer, 1987; Gonçalves, 1990 e Borém, 1997).

O homem produz mudanças drásticas, tanto na estrutura genética quanto no ambiente dos povoamentos florestais, quando utiliza materiais melhorados ou de gerações avançadas de melhoramento e práticas intensivas de manejo florestal. O ambiente pode ser mudado durante o cultivo das essências florestais com adubações, irrigações, podas, desbastes, capinas ou quando são adotados diferentes espaçamentos, além de outros tratos culturais que influem diretamente no solo e no crescimento das árvores. Portanto, deve-se considerar a possibilidade de que os

fenótipos dessas árvores sejam influenciados positiva ou negativamente pelo ambiente e ocorram interações entre genótipos e ambientes (Patiño-Valera, 1986).

Pode-se encontrar, na literatura, um grande número de definições para a interação entre genótipos e ambientes (Zobel e Talbert, 1984, Borém, 1997, Kang, 1998). Entretanto, todas são semelhantes e transmitem a mesma idéia, variando apenas na maneira de se expressar. De uma forma mais resumida, a interação entre genótipos e ambientes pode ser entendida como a falta de consistência do comportamento relativo dos genótipos, perante as diferenças dos ambientes.

A existência da interação está associada a dois fatores: o primeiro, denominado parte simples, é proporcionado pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e o segundo, denominado parte complexa, resulta da falta de correlação entre os genótipos nos ambientes em questão. O primeiro fator não ocasiona alteração na classificação dos genótipos. Este tipo de interação não é prejudicial ao trabalho do melhorista. Quando é devida ao segundo fator, a interação proporciona dificuldades no melhoramento, pois indica a inconsistência da superioridade do genótipo com relação à variação ambiental, tornando mais difícil selecioná-los e/ou recomendá-los (Cruz e Castoldi, 1991 e Pereira, 1996).

A instalação de um teste genético em um único ambiente, ou local, pode fornecer uma estimativa da variância genética inflacionada, pois além de conter o valor de variância propriamente dita, contém os valores em consequência da interação com locais e anos. Isto poderá ocasionar, ainda, uma superestimativa dos ganhos genéticos obtidos na seleção, principalmente, se o material experimental for instalado em um ambiente onde o mesmo ainda não tenha sido testado (Zobel e Talbert, 1984).

Nesse sentido, para que se possa isolar com segurança a variância do efeito genético da variância devida à interação entre genótipos e ambientes, é obrigatório que no mínimo dois genótipos sejam testados em dois ou mais ambientes.

Kageyama (1983) salienta que a análise de variância conjunta para espaçamento permite a estimação da variância da interação de progênies por

espaçamento, que estaria confundida com a variância devida a tratamentos na análise individual. Se os espaçamentos abrangidos pelo ensaio representam de fato um ambiente adequado à espécie e às famílias, a variância genética devida a tratamentos sem a interação com o espaçamento seria a mais indicada para expressar de fato a quantidade de variação disponível ao melhoramento.

A interação entre genótipo e ambiente nem sempre tem que ser vista como algo negativo. Um entendimento correto da mesma possibilita ao melhorista obter vantagens produtivas através do desenvolvimento de materiais adaptados a regiões específicas (Gieco, 1997).

A literatura sobre genética da madeira pode ser em muitos pontos controvertida. Este fato é atribuído ao ambiente e à interação com o genótipo, resultando em um maior efeito nas propriedades da madeira, especialmente quando árvores de similar genótipo estão crescendo sobre condições diferenciadas.

Os experimentos com espécies florestais, que usam o espaçamento como um fator de interação com o genótipo, são raros na literatura, muito embora os seus efeitos sejam de grande valor para o crescimento das espécies florestais e para a produtividade dos povoamentos, influenciando assim nos aspectos tecnológicos e econômicos da madeira (Patiño-Valera e Kageyama, 1988).

A ocorrência de interação entre genótipo e espaçamento tem sido pesquisada no Brasil por autores como Mora (1986) e Patiño-Valera (1986), e os resultados, embora não conclusivos, evidenciam que a interação tem sido pequena, e não significativa, com tendência a aumentar com a idade do povoamento (Gorgulho, Ramalho e Soares, 1991).

Patiño-Valera (1986), avaliando o efeito de dois espaçamentos e sua interação com progênies de eucalipto, para as características altura total, diâmetro à altura do peito (DAP), volume e forma das árvores, constatou que a interação entre progênie e espaçamento não foi significativa para estas características e idades estudadas. Já Silva (1990) encontrou significância estatística para a interação entre progênies de *Eucalyptus camaldulensis* e espaçamento para as

características altura, diâmetro à altura do peito e seca do ponteiro, evidenciando assim sua importância nos programas de melhoramento.

Garcia (1991), estudando duas espécies do gênero *Eucalyptus* em quatro espaçamentos (3,0 x 1,0; 3,0 x 1,5; 3,0 x 2,0 e 3,0 x 2,5 m), chegou à conclusão de que houve significância para a interação entre espécie e espaçamento para a característica volume cilíndrico.

A seleção de espécies, procedências e clones que apresentam rápido crescimento tem sido uma das técnicas adotadas pelos silvicultores, visando à obtenção de maior quantidade de produto florestal no menor espaço de tempo. Os critérios para tal seleção têm se restringido basicamente a atributos silviculturais, como crescimento em altura, diâmetro e volume, e em alguns casos, há algum parâmetro de qualidade, como densidade básica da madeira (Barros, 1986).

Uma consideração importante para a probabilidade de se obter uma interação entre genótipo e ambiente é a variável resposta que está sendo estudada. Para a produção, normalmente se considera o volume por área, mas igualmente importantes podem ser variáveis relacionadas com a qualidade do produto. Uma variável importante neste sentido é a densidade básica (Shorter, 1993). De acordo com Zobel e Talbert (1984), esta é uma variável influenciada pelo genótipo, assim como pelo ambiente, mas raramente está sujeita à interação entre genótipo e ambiente.

A afinidade entre condições de crescimento e propriedades da madeira tem atraído considerável atenção durante os anos. Inúmeras investigações experimentais têm sido realizadas, com resultados variados e frequentemente contraditórios, por causa da grande quantidade de possíveis fatores de crescimento, responsáveis pelas variações nas propriedades da madeira. Isto não é surpresa, especialmente devido ao fato de raramente serem incluídos mais que alguns destes fatores em uma dada investigação.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, N. F. A interação genótipo-solo em espécies florestais. In: REUNIÃO SOBRE INTERAÇÃO DO GENÓTIPO COM CLIMA E SOLO. Piracicaba: IPEF, 1986, 3p.

BORÉM, A. Melhoramento de plantas. Viçosa: UFV, 1997. 547p.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexa. *Revista Ceres*, Viçosa, v.38, n.219, p.422-430, set/out. 1991.

FALCONER, D. S. Introdução à genética quantitativa. Tradução de SILVA, M. A.; SILVA, J. C. Viçosa: UFV, 1987. 279p. Tradução de: Introduction to quantitative genetics.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. Introdução ao uso de marcadores RAPD e RFLP em análise genética. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1995. 220p.

GARCIA, C. H.; CORRADINE, L.; ALVARENGA, S. F. Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos. Piracicaba: IPEF, 1991. 8p. (Circular Técnica, 179).

GIECO, J. O. Interação genótipo x ambientes e implicações para o melhoramento da soja. Piracicaba: ESALQ, 1997. 98p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).

GONÇALVES, J. L. de. M. Interação genótipo-ambiente e relações entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo. Piracicaba: ESALQ, 1990. 135p. (Tese - Doutorado em Agronomia).

GORGULHO, E. P.; RAMALHO, M. P.; SOARES, A. R. Avaliação de progênes de *Eucalyptus pyrocarpa* L. Johnson & Blaxell, em diferentes espaçamentos de plantio. *Revista Árvore*, Viçosa, v.15, n.3, p.207-216, set/dez. 1991.

KAGEYAMA, P. Y. Seleção precoce a diferentes idades em progênes de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Piracicaba: ESALQ, 1983. 147p. (Tese Livre Docência).

KANG, M. S. Using genotype-by-environment interaction. for crop cultivar development. *Advances in Agronomy*, New York, v.62, p.119-252, 1998.

KANG, M. S.; GAUCH, H. G. Genotype-by-environment interaction. Flórida: CRC PRESS LLC, 1996. 416p.

MORA, A. L. Interação com espaçamento e locais em clones de *Eucalyptus* spp. no Norte do Estado da Bahia. Piracicaba: ESALQ, 1986. 101p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).

✓ PATIÑO-VALERA, F. Variação genética em progênes de *Eucalyptus saligna* SMITH e sua interação com o espaçamento. Piracicaba: ESALQ, 1986. 211p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).

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

PEREIRA, A. B. Avaliação da eficiência da seleção precoce em famílias de meios irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH., na região Noroeste de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 1996. 68p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).

SHORTER, T. D. Efeitos do clima e do solo sobre o desenvolvimento de clones de *Eucalyptus* sp. no Sul da Bahia e sobre interações genótipo-ambiente. Piracicaba: ESALQ, 1993. 220p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).

✓ SILVA, J. F. da. Variabilidade genética em progênes de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH. e sua interação com espaçamentos. Viçosa: UFV, 1990. 110p. (Tese - Mestrado em Ciência Florestal).

✓ ZOBEL, B.; TALBERT, J. Applied forest the improvement. New York: J.WILEY, 1984. 505p.

CAPÍTULO 1

COMPORTAMENTO DE CLONES DE *Eucalyptus* EM DIVERSOS AMBIENTES DEFINIDOS PELA QUALIDADE DE SÍTIO E ESPAÇAMENTO: CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

RESUMO

Silveira, V. Comportamento de clones de *Eucalyptus* em diversos ambientes definidos pela qualidade de sítio e espaçamento. Lavras: UFLA, 1999. 124p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).¹

O presente trabalho teve como objetivos: avaliar a influência do espaçamento e local de plantio sobre as características de crescimento (DAP, altura total e volume por árvore) de 12 clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*, assim como estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos, além de avaliar as interações entre clones e ambientes definidos pelos espaçamentos e locais de plantio. Estes clones foram divididos em 2 grupos de experimentos. O primeiro grupo, clones 1 ao 6, foram plantados nas fazendas Bom Sucesso, município de Vazante-MG, Brasil e Santa Rita, município de João Pinheiro-MG, Brasil. Já o segundo grupo, clones 7 ao 12, foram plantados nas fazendas Riacho, município de Paracatu-MG, Brasil e Santa Cecília, município de João Pinheiro-MG, Brasil. Estes locais são propriedades da Companhia Mineira de Metais (CMM-AGRO), pertencente ao grupo Votorantim. O delineamento experimental utilizado em cada local de plantio foi em blocos ao acaso, com 3 repetições e 6 tratamentos (clones). Foram utilizados 4 espaçamentos (3,0 x 2,0; 6,0 x 2,0; 6,0 x 3,0 e 6,0 x 4,0 m). Cada espaçamento foi considerado como um experimento. A unidade experimental (parcela) foi constituída por uma área de 288 m². O número de plantas por parcela variou de acordo com os espaçamentos, sendo 48, 24, 16 e 12 plantas para o 3,0 x 2,0; 6,0 x 2,0; 6,0 x 3,0 e 6,0 x 4,0 m, respectivamente. A avaliação dos experimentos foi feita aos 62 meses de idade, coletando-se os dados de diâmetro à altura do peito (DAP), altura total e volume por árvore. Os resultados mostraram que, para todos os clones, as características DAP e volume por árvore aumentaram com o espaçamento. A altura total não foi influenciada pelo espaçamento. A interação clone x espaçamento não foi significativa para todas características e todos grupos de clones. A interação clone x local foi significativa apenas para a altura total do clones 1 ao 6 e para todas características dos clones 7 ao 12.

¹ Comitê Orientador: Sebastião Carlos da Silva Rosado - UFLA (Orientador), Paulo Fernando Trugilho - UFLA, Dulcinéia de Carvalho - UFLA e Fábio Akira Moura - UFLA.

Palavras – chave: características de crescimento, espaçamento e interação clone x ambiente

ABSTRACT

BEHAVIOR OF CLONES OF *Eucalyptus* UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS DEFINED BY SITE AND SPACING. QUALITY: GROWTH CHARACTERISTICS¹

The present work has been designed to: evaluate the influence of spacing and site of planting upon the growth characteristics (BHD, total height and volume per tree) of 12 natural hybrid clones of the genus *Eucalyptus* as well as their estimate the genetic and phenotypic parameters, in addition to evaluating the interactions between clones and environments defined by planting spacings and sites. These clones have been divided into two groups of experiments. The first group, clones 1 through 6 have been planted on the farms Bom Sucesso, town of Vazante - MG, Brazil and Santa Rita, town of João Pinheiro - MG, Brazil. Whereas the second group, clones 7 through 12 have been planted on the farms Riacho, town of Paracatu - MG, Brazil and Santa Cecília, town of João Pinheiro - MG, Brazil. The sites are owned by Companhia Mineira de Metais (CMM-AGRO), belonging to the Vontorantim group. The experimental design utilized in each planting site was in randomized blocks, with three replications and six treatments (clones). 4 spacings (3,0 x 2,0; 6,0 x 2,0; 6,0 x 3,0 and 6,0 x 4,0 m) have been utilized. Each spacing has been considered as an experiment. The experimental unit (plot) consisted of an area of 288 m². The number of plants per plot varied according to spacings, namely, 48, 24, 16 and 12 plants to the 3,0 x 2,0; 6,0 x 2,0; 6,0 x 3,0; and 6,0 x 4,0 m, respectively the evaluation of the experiments was done at 62 months old, by collecting the data of breast height diameter (BHD), total height and volume per tree. The results have shown that to all the clones, the characteristics BHD and volume per tree increased with spacing. The total height was not influenced by spacing. The clone x spacing interaction has not been significant to all characteristics and to all the clones. The clone x site interaction has been significant only to the total height of clones 1 through 6 and to all characteristics of clones 7 through 12.

Key words: growth characteristics, spacing and interactions clones x environments.

¹ Guidance Committee: Sebastião Carlos da Silva Rosado - UFLA (Major Professor), Paulo Fernando Trugilho - UFLA, Dulcinéia de Carvalho - UFLA e Fábio Akira Moura - UFLA.

1 INTRODUÇÃO

O sucesso de qualquer empreendimento florestal passa, necessariamente, por um adequado planejamento da implantação das florestas, no que diz respeito à concepção de um sólido programa de melhoramento genético e à adoção de técnicas silviculturais e de manejo que propiciem alcançar níveis significativos de ganho de produtividade e qualidade da matéria prima desejada.

No contexto silvicultural e de manejo, um dos principais aspectos envolvidos no referido planejamento é a escolha adequada do espaçamento de plantio, pois a densidade de árvores de um povoamento florestal influencia a taxa de crescimento, qualidade da madeira, idade de corte e conseqüentemente os aspectos econômicos do investimento. Por outro lado, no contexto do melhoramento florestal, as alterações no espaçamento de plantio, muitas vezes inevitáveis, como é o caso recente da Companhia Mineira de Metais (CMM-AGRO), que estrategicamente está ampliando seus espaçamentos para a obtenção de madeira serrada de *Eucalyptus* de alta qualidade, podem exigir profundas mudanças no programa de seleção de genótipos superiores, caso a interação entre genótipos selecionados e espaçamentos seja de magnitude que comprometa a geração de ganhos genéticos, principalmente quando estas alterações no espaçamento são processadas em sítios de diferentes qualidades, onde o comportamento de crescimento das árvores é bastante variável.

Os objetivos deste trabalho foram: A) avaliar a influência do espaçamento e local de plantio sobre as características de crescimento, representadas pela altura total, diâmetro à altura do peito (DAP) e volume por árvore de 12 clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*, B) estimar os parâmetro genéticos e fenotípicos, C) avaliar as interações entre clones e ambientes definidos pelos espaçamentos e locais de plantio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O melhoramento das propriedades da madeira pode ser realizado através do melhoramento genético e do manejo silvicultural dos povoamentos. Dentro do manejo silvicultural, uma das principais decisões é a escolha do espaçamento inicial adequado, pois esse pode influenciar a taxa de crescimento das árvores, taxa de sobrevivência, qualidade da madeira, tratos silviculturais, idade de corte, práticas de implantação e exploração, dentre outros. De uma maneira mais holística, o espaçamento pode provocar influências tanto do ponto de vista silvicultural como tecnológico e econômico (Ballone e Simões, 1980; Zobel e Talbert, 1984; Freitas et al., 1986 e Campos et al., 1990).

A decisão sobre qual espaçamento utilizar é de grande importância e exige do manejador florestal uma análise criteriosa, sendo necessário amplo conhecimento dos fatores relacionados ao problema. A recomendação dos espaçamentos não deve ser generalizada e rígida, para cada espécie ou local. Considerações especiais devem ser feitas quanto ao hábito de crescimento da espécie, à qualidade de sítio, ao uso do produto final, aos tratos silviculturais, à sobrevivência esperada, aos aspectos econômicos e aos equipamentos que serão empregados na exploração florestal (Vale et al., 1982; Silva, 1984 e Bernardo, 1995).

A diversidade das condições ambientais, presente nas áreas destinadas ao plantio de espécies de rápido crescimento, tem contribuído de maneira expressiva para que os programas de melhoramento genético se integrem cada vez mais às técnicas de manejo, visando à melhoria de algumas características fenotípicas e genotípicas das árvores, como volume, forma, resistência às pragas e doenças, qualidade tecnológica da madeira, rebrota, dentre outras (Bertoloti, 1986).

A produtividade é um fator de grande importância, principalmente nas áreas de cerrados, em razão da acentuada deficiência hídrica e nutricional à qual as

plantas estão submetidas. É importante que se defina uma adequada densidade populacional para que o estabelecimento dos plantios florestais seja um sucesso. O uso de espaçamentos inadequados pode acentuar os efeitos da deficiência hídrica, nutricional e diminuir a produtividade das florestas, em razão da redução do potencial de crescimento das plantas (competição intra-específica intensa) ou em razão da sub-utilização do sítio. (Gomes, 1994 e Leite, 1998).

Admitindo que o crescimento rápido deva ser conseguido com o objetivo de obter madeira de dimensões para uso industrial e de qualidade adequada, um espaçamento tão amplo quanto possível, sob determinadas circunstâncias, poderia ser o mais indicado. Dessa forma, poderiam ser obtidas peças de dimensões mais convenientes em tempo mínimo, a qualidade da madeira estaria próxima da procurada no manejo e o seu valor industrial seria o mais elevado possível. Portanto, se o crescimento rápido for o objetivo, todas as variações que sobre ele atuam devem ser consideradas. Dentro dessa premissa, o preparo eficiente do solo para plantio, o uso de fertilizantes minerais e de sementes melhoradas, o controle de pragas e doenças e o uso de espaçamentos apropriados têm posições bem definidas (Mello et al., 1972).

Em plantios mais densos, a estagnação do crescimento ocorre mais cedo, resultando em rotações mais curtas e indivíduos de dimensões mais reduzidas. Em espaçamentos mais amplos, espera-se obter uma produção volumétrica no fim de uma rotação, similar àquela obtida em espaçamentos mais reduzidos. A diferença de produção volumétrica de um espaçamento para outro é, portanto, dependente apenas do tempo requerido para se obter plena ocupação do sítio, havendo tendência de produção máxima por unidade de área similar para todos os espaçamentos, o que corresponde à lei da produção final constante (Radosevich e Osteryoung citado por Bernardo, 1995).

O efeito do espaçamento sobre o volume de madeira tem que ser analisado em função dos efeitos sobre o diâmetro e altura das árvores. Deve-se avaliar o volume total e o volume comercial produzido, considerando, portanto, o objetivo