

INTERAÇÕES GENÓTIPO-SOLO EM SÍTIOS FLORESTAIS DE *Eucalyptus grandis* E *Eucalyptus saligna* EM ALGUNS SOLOS DO BAIXO POTENCIAL PRODUTIVO DO ESTADO DE SÃO PAULO

JOSÉ LEONARDO DE MORAES GONÇALVES
HILTON THADEU ZARATE DO COUTO
PAULO YOSHIO KAGEYAMA
ESALQ/USP - Depto de Ciências Florestais
Caixa Postal 9
13.400 - Piracicaba - SP – Brasil

JOSÉ LUIZ IORIATTI DEMATTÊ
ESALQ/USP - Depto de Solos, Geologia e Fertilizantes
Caixa Postal 9
13.400 - Piracicaba - SP – Brasil

ABSTRACT - The purpose of this work was determine the contribution of soil variability and the interactions of genotypes and soils in relation to the total phenotype variability in some sandy and medium texture soils in the state of São Paulo for ***Eucalyptus grandis*** Hill ex Maiden and ***E. saligna*** Smith. For 5 sites of ***E. grandis*** and ***E. saligna***, located in population of commercial forest stands, genetically variable in the State of São Paulo, were selected. To determine the contribution of soil variability and the variability due to interactions of genotype and soil in relation total phenotype variability, joint analyses of variance was performed. These analyses allowed the estimation of various genetic and phenotypic parameters, basal area/ha, solid volume with bark/ha, mean height and mean dbh for 5 sites of ***E. grandis*** and ***E. saligna***. It was found that the contribution of environmental (mainly due to soil), and the variability due to genotype environment interaction in relation to the total phenotype variability was significantly high. On the other hand, the contribution of genotype variability increased greatly and the contribution of environmental and variability due to genotype environment interaction reduced when the joint analyses of variance only considered the soils with more similar physical and chemical features.

RESUMO - O presente trabalho teve como objetivo determinar a contribuição da variação do solo e da variação devida à interação do genótipo com o solo frente à variação fenotípica total existente entre sítios de ***Eucalyptus grandis*** Hill ex Maiden e ***E. saligna*** Smith, em solos de textura arenosa e média do Estado de São Paulo. Para isto foram selecionados 5 sítios de ***E. grandis*** e ***E. saligna*** localizados em diversas populações comerciais geneticamente variáveis desse Estado. Para a determinação da contribuição da variação do solo e da variação devida à interação do genótipo com o solo frente à variação fenotípica total existente entre as espécies estudadas, fez-se análise de variância conjunta. O desdobramento destas análises permitiu a estimação de diversos parâmetros genéticos e fenotípicos, a partir das características área basal/ha, volume sólido com casca/ha, altura média e DAP médio de 5 sítios de ***E. grandis*** e ***E. saligna***. Verificou-se que a contribuição

da variação ambiental (predominantemente a do solo), e a da variação devida à interação genótipo-ambiente frente à variação fenotípica total entre os sítios de **E. grandis** e **E. saligna** foram significativamente altas. Por outro lado, houve uma considerável elevação da contribuição da variação genética e redução da variação ambiental e da interação genótipo-ambiente, quando a análise de variância conjunta englobou apenas os solos de características físicas e químicas mais próximas.

INTRODUÇÃO

Estruturalmente, o presente trabalho fundamenta-se na seguinte questão:

- Qual é a contribuição da variação ambiental e da variação devida à interação genótipo-ambiente perante a variação fenotípica total existente entre sítios de **E. grandis** e **E. saligna**, em solos de baixo potencial produtivo do Estado de São Paulo?

A relevância teórico-científica desta questão está associada, basicamente, ao planejamento das estratégias de melhoramento genético e às recomendações de plantio destas espécies em função de suas exigências edáficas.

As características fenotípicas normalmente avaliadas são compostas de um efeito genético e outro não genético. O efeito não genético, atribuído à variação ambiental e à interação do genótipo com o ambiente, atua contra os interesses do melhorista. Obviamente que o êxito do processo seletivo dependerá da percentagem relativa da variação genética, comparativamente à variação fenotípica total e, sobretudo, de seu valor relativo frente àquela de natureza não genética. Portanto, o melhorista no controle de suas atribuições, além de um efetivo conhecimento da variabilidade genética de seu material de trabalho, deve também conhecer as interações do genótipo com as condições ambientais, que constituem subsídios imprescindíveis para extrapolações e recomendações de plantio do material selecionado.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produtividade do sítio é regulada pela quantidade e disponibilidade de materiais abióticos utilizados no crescimento das árvores. Os principais materiais abióticos são a água e os nutrientes, os quais têm sua qualidade e disponibilidade, intimamente relacionadas com as propriedades do solo (SWITZER, 1978). Segundo QUIJADA (1980), dentre os fatores ambientais que influem na interação genótipo x ambiente (IGA), os fatores edáficos, comparativamente aos fatores climáticos, precisam de menores distâncias entre os locais de experimentação para serem detectados, além de serem os principais determinantes das interações (BARNES, 1984).

Como se deixou entender no item anterior, os estudos que visam a detecção de interações do genótipo com algum fator específico do ambiente são difíceis de serem postos em prática, além de trabalhosos e dispendiosos. Os trabalhos que tiveram como tema estes objetivos foram poucos (BARNES et alii, 1984) e, na maioria das vezes, quando obtiveram sucesso, não conseguiram detectar interações que pudessem ser efetivamente utilizadas como estratégias de melhoramento. Entretanto, como salienta GODDARD & HOLLIS (1984), as interações do tipo genótipo x fatores edáficos apresentam grande potencial de uso nos programas de melhoramento, sobretudo nos sítios de baixa produtividade e para espécies consideradas como de rápido crescimento.

Substanciais efeitos da IGA a nível de procedências, progênes e clones de rápido crescimento foram observadas em diferentes condições climáticas e edáficas, como por exemplo: **Pinus radiata** (SCHLITZ, 1976), **Pinus elliottii** (GODDARD, 1977), **Eucalyptus grandis** (KAGEYAMA, 1980 e MORAES, 1987) **Pinus patula** (BARNES, 1977), **Pinus taeda** (OWINO, 1977), **Pinus caribaea** (EISEMANN & NIKLES, 1981), **E. saligna** (MORI et alii, 1986), **Eucalyptus** spp (MORA, 1986), **Eucalyptus urophylla** (MORI et alii, 1988). Entretanto, em nenhum destes trabalhos foram identificados e caracterizados os fatores edáficos específicos responsáveis pela IGA. Apenas associaram-se, hipoteticamente, as IGA obtidas com os fatores ambientais (clima, fisiografia e solo) mais prováveis pelas interações.

A possibilidade de se explorar eficientemente às interações genótipo x nutriente ou genótipo x água dependerá, basicamente, do bom entrosamento entre geneticistas e fisiologistas (NAMBIAR, 1984; COTTERILL, 1986), desde que tenham em mãos uma detalhada caracterização dos fatores edáficos, climáticos e fisiográficos. É importante ressaltar que as interações entre genótipos com a disponibilidade de água e nutrientes só se tornam evidentes nos experimentos cujas variações genéticas e ambientais foram bem controladas.

Num nível básico de cooperação, fisiologistas e silvicultores devem iniciar suas pesquisas com mudas ou árvores com genótipos bem caracterizados. Preferivelmente, devem ser usados progênes e clones que já foram testados no campo e que já tenham seus comportamentos interativos conhecidos. LEDIG & PERRY (1967), CANNEL et alii (1978), COTTERRIL & NAMBIAR (1981) e SANDS et alii (1984) demonstraram as vantagens desta forma de abordagem. Diferenças distintas em resposta à disponibilidade de nutrientes são mais eficientemente encontradas entre propágulos vegetativos (CURLIN, 1987) do que entre progênes.

BROWN (1970), em um experimento com mudas de três procedências de **Pinus sylvestris** provenientes da Suécia, Alemanha e Espanha. crescidas em três níveis de umidade e disponibilidade de nutrientes, encontrou que as mudas das procedências da Suécia e Alemanha, aos 90 dias de idade, tiveram melhor desenvolvimento nos níveis médios de umidade e nutrientes e a procedência da Espanha cresceu melhor com baixo nível de nutrientes e alto nível de umidade. O crescimento das raízes foi mais afetado do que a da parte aérea, especialmente nessa procedência, que teve o melhor crescimento de raízes e parte aérea no tratamento que proporcionou o melhor crescimento. CANNELL et alii (1978) também observaram que o nível de nutrientes não deve ser considerado independentemente do nível de umidade do solo, pois entre eles ocorrem interações com grande resposta por parte do crescimento vegetal. Tem sido observado que a adaptação genética a amplas variações climáticas e edáficas, a nível de espécie. é resultante de diferenças morfológicas e fisiológicas das raízes, sendo a disponibilidade de nutrientes do solo uma das causas fundamentais dessa adaptação (GODDARO & HOLLIS, 1984).

Novas estratégias de melhoramento que contemplam o uso das interações de genótipos com as condições edáficas precisam ser formuladas. Numa fase inicial deverá surgir como dúvida se os genótipos, a serem desenvolvidos, devem ser indicados para uma diversidade edáfica ampla ou restrita. Por conseguinte, com implicação na quantidade de genótipos que devem ser obtidos. É claro que a resposta para essa dúvida está, basicamente, na significância das interações dos genótipos de trabalho com os fatores edáficos e com o volume de recursos e tempo requeridos.

Para a identificação e quantificação dos fatores edáficos responsáveis pela IGA são imprescindíveis o uso de métodos adequados de classificação de sítios florestais. Somente assim será possível prever a performance de genótipos em sítios não testados e planejar estratégias de melhoramento, que permitirão, efetivamente, o uso das interações do genótipo com as condições edáficas.

MATERIAL E MÉTODOS

As características dos sítios estudados encontram-se detalhadas em GONÇALVES et alii, 1990 (presente volume). Para a estimação e interpretação dos parâmetros genéticos responsáveis pelas variações de crescimento entre as espécies e sítios em estudos, consideraram-se as características dendrométricas das parcelas D7, D8, D10, D12, D13, D14, D19, D20, S23 e S24. As parcelas D7, D12, D14, D19 e S23 são de **E. grandis** e as parcelas correspondentes de **E. saligna**, situadas no mesmo sítio, são D8, D10, D13, D20 e S24, respectivamente.

Com base nesta relação de parcelas, utilizou-se na apresentação dos resultados e discussão dos mesmos a denominação D7-D8, D10-D14, D12-D13, D19-D20 e S23-S24, simbolizando os cinco sítios considerados nesta etapa.

Cada parcela foi dividida em três subparcelas, tendo-se como referência a numeração das árvores utilizada para delimitar a parcela e avaliar a altura e diâmetro das árvores. As árvores de número 1 a 28 delimitaram a subparcela 1, as árvores de 29 a 56 a subparcela 2 e as árvores de 57 a 84 a subparcela 3.

A partir das avaliações dendrométricas realizadas em cada subparcela estimou-se a área basal por hectare, volume sólido com casca por hectare, altura média e diâmetro médio, características consideradas para a análise de variância conjunta e seus desdobramentos. Em virtude da diferença de idade existente entre os povoamentos considerados nessa etapa (GONÇALVES et alii, 1990) obteve-se, por regra de três simples, a padronização das estimativas destas características para a idade de 5,4 anos.

A análise de variância conjunta para as características área basal por hectare (m^2/ha), volume sólido por hectare (m^3/ha), altura média (m) e dap médio (cm), foi realizada considerando as duas espécies, **E. grandis** e **E. saligna**, nas parcelas D7, D8, D10, D12, D13, D14, D19, D20, S23 e S24, a partir dos valores médios destas características, ao nível de subparcelas.

O modelo matemático considerado foi:

$$Y_{ips} = m + g_i + s_p + (gs)_{ip} + e_{ips}$$

onde:

Y_{ips} é a média da característica dendrométrica "Y", avaliada na espécie "g" e sítio "s";
m é a média geral da característica dendrométrica "Y" para as duas espécies nos sítios em estudo;
g_i é o efeito aleatório da espécie "g" com 'i' variando de 1 a 2 na média " Y_{ips} ";
s_p é o efeito aleatório do sítio "s" com 'p' variando de 1 a 5, na média " Y_{ips} ";
(gs)_{ip} é o efeito aleatório da interação da espécie "g" com o sítio "s" na média " Y_{ips} ", de média zero e variância σ_{gs}^2 ;

e_{ips} é o erro experimental na média " Y_{ips} ".

A estrutura da análise de variância neste caso fica:

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Esperança Quadrado Médio
Espécie	i-1	Q1	$\sigma_e^2 + s\sigma_{gs}^2 + ps\sigma_g^2$
Sítio	p-1	Q2	$\sigma_e^2 + s\sigma_{gs}^2 + is\sigma_s^2$
Espécie x Sítio	(i-1)(p-1)	Q3	$\sigma_e^2 + s\sigma_{gs}^2$
Erro	s(i-1)(p-1)	Q4	σ_e^2
Total	ips-1		

onde:

i é igual ao número de espécies;

p é igual ao número de sítios;

s é igual ao número de subparcelas;

σ_e^2 é a variância do erro experimental;

σ_g^2 é a variância genética entre espécies;

σ_s^2 é a variância entre sítios

σ_{gs}^2 é a variância da interação espécie versus sítios.

A partir da análise de variância foram realizados desdobramentos que permitiram a estimação de diversos parâmetros genéticos e fenotípicos, tendo por base KAGEYAMA (1980) e VENCOVSKY (1978).

Os parâmetros determinados foram os seguintes:

$$1^\circ) \hat{\sigma}_e^2 = Q_4;$$

$$2^\circ) \hat{\sigma}_{gs}^2 = \frac{Q_3 - Q_4}{s};$$

$$3^\circ) \hat{\sigma}_s^2 = \frac{Q_2 - Q_3}{is};$$

$$4^\circ) \hat{\sigma}_g^2 = \frac{Q_1 - Q_3}{ps};$$

5º) Variância Fenotípica, a Nível de Plantas Individuais:

$$\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_s^2 + \hat{\sigma}_{gs}^2 + \hat{\sigma}_e^2$$

6º) Coeficiente de Variação Genética

$$CV_G (\%) = \frac{\hat{\sigma}_g}{\bar{X}} \cdot 100;$$

7º) Coeficiente de variação Fenotípica:

$$CV_F (\%) = \frac{\hat{\sigma}_F}{\bar{X}} \cdot 100;$$

8º) Coeficiente de Variação da Interação Espécies x Sítios:

$$CV_{gs} (\%) = \frac{\hat{\sigma}_{gs}}{\bar{X}} \cdot 100;$$

9º) Coeficiente de Variação Experimental:

$$CV_{EXP} (\%) = \frac{\hat{\sigma}_e}{\bar{X}} \cdot 100;$$

Valores Médios de Algumas Características Dendrométricas

Na análise dos dados feita a seguir, para as determinações dos valores médios das características dendrométricas avaliadas, consideraram-se os valores obtidos para todos os sítios conjuntamente e quando se omitiu o sítio 823-824. Essa discriminação deve-se ao fato de que o sítio 823-824 apresenta propriedades físicas e químicas de solo muito superiores às dos demais sítios, em termos de efeito sobre a produtividade. Dada esta discrepância, optou-se pela realização de análises estatísticas em separado, para que o efeito dessas diferenças pudesse ser ressaltado.

O **Eucalyptus grandis** foi superior ao **E. saligna** em quase todas características dendrométricas avaliadas (Tabela 1), só não o sendo no dap, quando se consideraram todos os sítios conjuntamente. De forma diferente, o **E. grandis** foi superior ao **E. saligna** nessa característica, quando se omitiu o sítio 823-824. A explicação para este fato se deve à maior percentagem de falhas na parcela de **E. saligna** do que na parcela de **E. grandis** no sítio 823-824.

A título de exemplo, o **E. grandis** foi 16% e 39% superior ao **E. saligna** em termos de volume sólido de madeira com casca/ha, quando se consideraram todos os sítios conjuntamente e quando se omitiu o sítio 823-824, respectivamente. Aqui, o maior valor encontrado, no segundo caso, se deve à maior diferença de produtividade entre as espécies no sítio 823-824.

Numericamente, dentre os sítios em estudo, o 823-824 apresenta-se como o mais produtivo, 226, Sm³/ha e o sítio 012-013 como o menos produtivo, 131,0 m³/ha, aos 5,4 anos de idade (Tabela 2), ou seja, 42 m³/ha/ano e 24m³/ha/ano, respectivamente, com uma amplitude de variação de 18 m³/ha/ano.

Estatisticamente, tendo por base o volume sólido de madeira com casca/ha, os sítios 823-824, D10-D14 e D7-D8 são idênticos, assim como os sítios D10-D14, D7-D8, D19-D20 e D12-D13 (Tabela 2). Do ponto de vista prático, contrastando com estes resultados, as diferenças de produtividade observadas entre os sítios são muito significativas, justificando em muitos casos grandes investimentos técnicos e econômicos no manejo florestal para se conseguir ganhos de produtividade semelhantes aos observados.

Os dados evidenciam uma superioridade em produtividade do **E. grandis** relativamente ao **E. saligna** em sítios de baixo potencial produtivo, a qual foi ainda maior quando o potencial produtivo do sítio aumentava, fato constatado com grande frequência em várias regiões do Estado de São Paulo.

Enfaticamente, antes de apresentar os resultados das análises de variância conjunta para as características mostradas nas tabelas 1 e 2, é importante destacar as diferenças de produtividade entre as espécies **E. grandis** e **E. saligna**, e a grande amplitude de variação de produtividade entre os sítios.

Tabela 1 - Valor médio das características área basal/ha (m²/ha), volume sólido com casca/ha (m³/ha), altura (m) e dap (cm) para as espécies *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*, quando se consideraram todos os sítios e quando se omitiu o sítio S23-S24, aos 5,4 anos de crescimento.

Espécie	Valor Médio ⁽¹⁾			
	Área Basal/ha (m ² /ha)	Volume sólido com casca/ha (m ³ /ha)	Altura (m)	DAP (cm)
	Com o sítio S23-S24			
Eucalyptus grandis	21,5 A	189,3 A	20,5 A	12,1 A
Eucalyptus saligna	18,3 B	162,4 B	18,8 B	11,7 A
	Sem o sítio S23-S24			
Eucalyptus grandis	21,4 A	189,6 A	20,7 A	12,2 A
Eucalyptus saligna	16,3 B	136,7 B	18,4 B	11,2 B

⁽¹⁾ Os valores médios seguidos de uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 2 - Valor médio das características área basal/ha (m²), volume sólido com casca/ha (m³/ha), altura (m) e dap (cm) nos diversos sítios em estudo, considerando as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* conjuntamente, aos 5,4 anos de crescimento.

Sítio	Valor médio ⁽¹⁾			
	Área Basal/ha (m ² /ha)	Volume sólido com casca/ha (m ³ /ha)	Altura (m)	DAP (cm)
S23 – S24	24,1 A	226,5 A	20,1 AB	12,7 A
D10 – D14	20,4 AB	185,2 AB	20,8 A	11,7 ABC
D7 – D8	19,7 AB	186,0 AB	20,8 A	12,7 AB
D19 – D20	18,7 B	150,5 B	18,7 BC	10,9 C
D12 – D13	16,7 B	131,7 B	17,9 C	11,3 BC

⁽¹⁾ Os valores médios seguidos de uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Análise de Variância Conjunta das Variáveis Dendrométricas

As variáveis área basal/ha, volume sólido de madeira com casca/ha, altura e dap revelaram grandes diferenças entre sítios para as espécies **E. grandis** e **E. saligna** aos 5,4 anos de crescimento (Figuras 1, 2, 3 e 4), evidenciando a existência de grandes variâncias devido ao genótipo, ao local e de interação genótipo vs local, constatados nos resultados encontrados na análise de variância conjunta (Tabela 3).

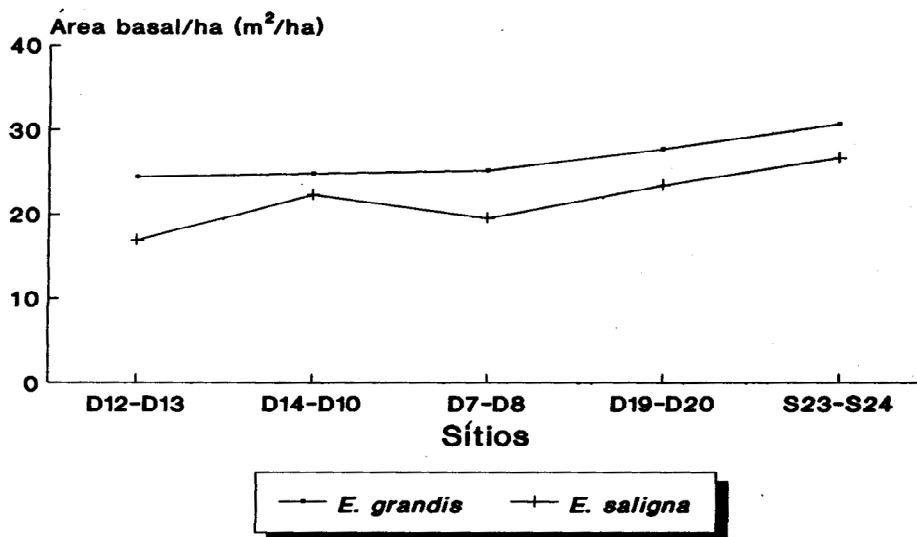


Figura 1 – Valores obtidos para a característica área basal/ha nos sítios de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*.

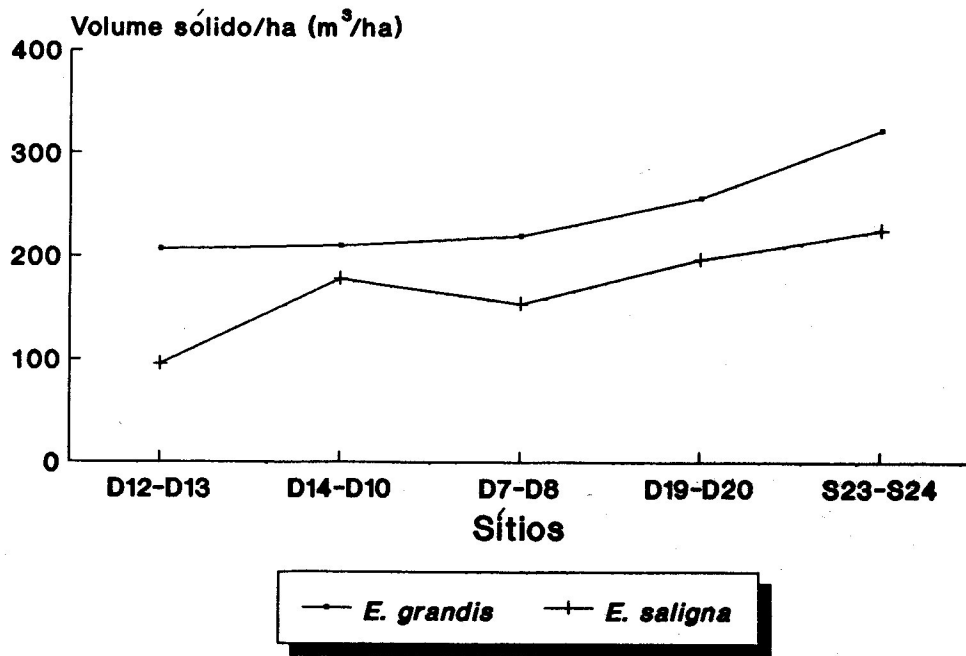


Figura 2 – Valores obtidos para a característica volume sólido com casca/ha nos sítios de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*.

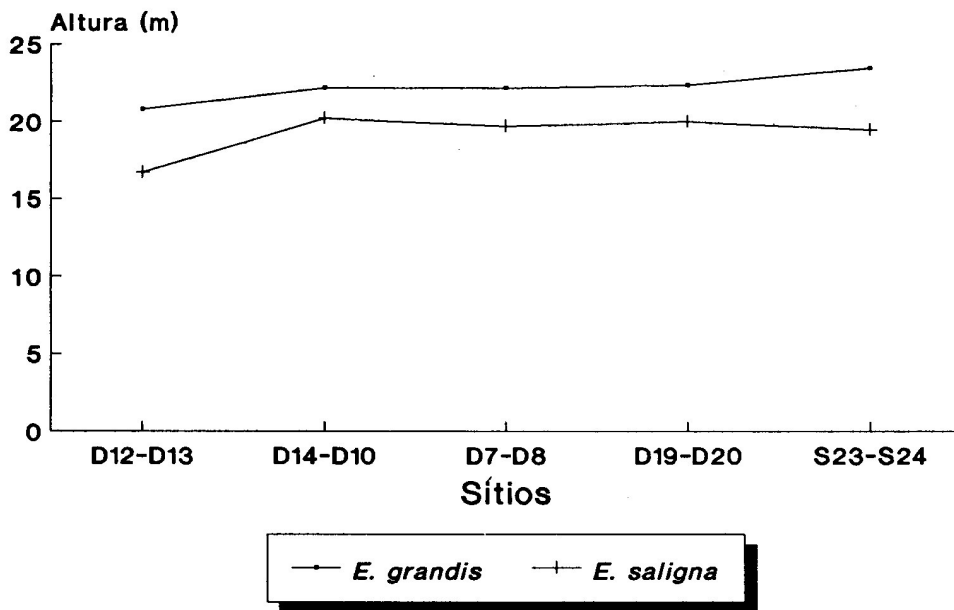


Figura 3 – Valores obtidos para a característica altura nos sítios de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*.

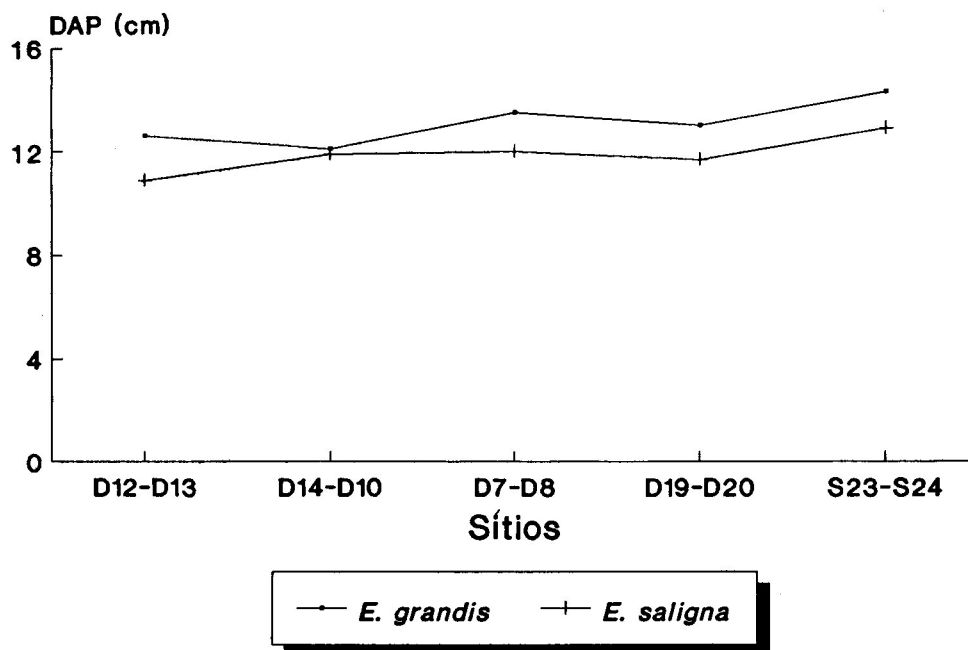


Figura 4 – Valores obtidos para a característica DAP nos sítios de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*.

Tabela 3 - Análise de Variância conjunta para as características área basal/ha (m^2/ha), volume sólido com casca/ha (m^3/ha), altura (m) e Dap (cm) envolvendo as espécies *E. grandis* e *E. saligna*, quando se consideraram os 5 sítios e quando se omitiu o sítio S23-S24

Característica	Média Geral	F			Coeficiente de Variação Experimental (%)
		Espécie (E)	Espécie (S)	(E) x (S)	
com o sítio S23-S24					
Área Basal/ha (m^2/ha)	19,9	7,8**	4,7**	3,4*	15,5
Volume Sólido/há(m^3/ha)	175,8	5,2**	7,7***	5,7**	18,5
Altura (m)	19,7	15,2***	8,2***	2,7ns	5,8
DAP (cm)	11,9	2,1ns	6,5**	5,0**	6,6
sem o sítio S23-S24					
Área Basal/ha (m^2/ha)	18,9	16,3***	1,7ns	0,7ns	16,3
Volume Sólido/há(m^3/ha)	163,2	16,7***	4,4**	1,2ns	19,4
Altura (m)	19,5	22,7***	10,4***	0,6ns	5,9
DAP (cm)	11,7	8,5***	5,5**	2,1ns	6,9

Para fins práticos, a interpretação dos resultados apresentados na Tabela 3 indica a existência de diferenças genéticas entre o **E. grandis** e o **E. saligna**, que os sítios são distintos quanto às suas capacidades produtivas e que há interações do tipo genótipo-ambiente, quando se consideram as características área basal/ha e volume sólido de madeira com casca/ha, para todos sítios analisados conjuntamente.

Em circunstâncias semelhantes, a utilização de materiais genéticos melhorados de **E. grandis** e **E. saligna** poderá não redundar em ganhos de produtividade satisfatórios, pois há grandes variações de sítio para sítio e interações entre genótipo-ambiente, caso se introduzisse um material genético melhorado em um sítio de pior qualidade, relativamente àquele em que se selecionou o genótipo, ou então, o de fazer o plantio em um sítio em que a interação genótipo-ambiente seja deletéria à produtividade.

Tendo em vista estas implicações, faz-se necessário conjugar as técnicas de caracterização e manejo do meio ambiente com o programa de melhoramento florestal. Com intuito de selecionar materiais genéticos apropriados para locais de características ambientais conhecidas, assim como, de antemão, ter condições preditivas de que tipo de interação genótipo-ambiente poderá ser esperada. Só assim, efetivamente, serão conseguidos no campo, os ganhos genéticos esperados pelas previsões teórico-estatísticas.

A análise de variância conjunta, quando se omitiu o sítio S23-824 (Tabela 3), vem mais uma vez corroborar os comentários feitos acima, pois a simples omissão de um dos sítios alterou profundamente o quadro geral de resultados da análise de variância. Tomando-se o volume sólido de madeira com casca/ha como ponto de referência, que é uma variável reflexo do produto final desejado, observa-se que a omissão de um sítio de alta qualidade resultou na redução da variância devido às diferenças de sítio e aumentou a variância devido às diferenças de espécie, ressaltando a redução da amplitude de variação entre a qualidade dos sítios.

Em suma, conforme os sítios considerados, o efeito das diferenças de qualidade dos mesmos pode ser mais ou menos ressaltado, com grande implicação para os ganhos de produtividade esperados.

Componentes Genéticos e Fenotípicos Responsáveis pelas Variações de Crescimento Entre Espécies e Sítios

A partir de desdobramentos realizados nos componentes da análise de variância conjunta obtiveram-se as estimativas de variâncias genéticas entre espécies ($\hat{\sigma}_g^2$), de variâncias entre sítios ($\hat{\sigma}_s^2$), de variâncias da interação da espécie x sítios ($\hat{\sigma}_{gs}^2$) e de variâncias do erro ($\hat{\sigma}_e^2$) para as características área basal/ha (m^2/ha), volume sólido de madeira com casca/ha (m^3/ha), altura (m) e dap (cm), (Tabela 4).

Tabela 4 - Estimativas de variâncias genéticas entre espécie ($\hat{\sigma}_g^2$), variâncias entre sítios ($\hat{\sigma}_s^2$), de variâncias da interação espécies x sítios ($\hat{\sigma}_{gs}^2$) e de variância do erro ($\hat{\sigma}_e^2$), quando se consideraram os cinco sítios conjuntamente e quando se omitiu o sítio 824-824.

Características	Variância			
	$\hat{\sigma}_g^2$	$\hat{\sigma}_s^2$	$\hat{\sigma}_{gs}^2$	$\hat{\sigma}_e^2$
	com o sítio S23-S24			
Área Basal/ha (m ² /ha)	2,8	2,1	7,6	9,6
Volume Sólido/ha (m ³ /ha)	0	358,6	1638,8	1056,2
Altura (m)	1,1	1,2	0,7	1,3
DAP (cm)	0	0,2	0,8	0,6
	sem o sítio S23-S24			
Área Basal/ha (m ² /ha)	12,3	1,5	0	9,5
Volume Sólido/ha (m ³ /ha)	1296,1	530,1	72,5	1006,2
Altura (m)	2,5	2,2	0	1,3
DAP (cm)	0,3	0,4	0,2	0,6

Quando se considera a $\hat{\sigma}_F^2$ verifica-se que a influência em termos percentuais da $\hat{\sigma}_{gs}^2$ sobre $\hat{\sigma}_F^2$ foi consideravelmente superior quando se consideraram os cinco sítios conjuntamente, relativamente às $\hat{\sigma}_{gs}^2$ obtidas quando se omitiu o sítio 823-S24 (Tabela 5). Efeito também observado para os coeficientes de variação destas mesmas estimativas de variâncias (Tabela 6).

A explicação para esta constatação encontra-se no fato de que o sítio S23-S24 apresenta propriedades edáficas muito superiores às dos demais sítios, conseqüentemente com uma qualidade de sítio também muito superior, culminando com um maior efeito de interação do genótipo com o ambiente.

Levando em consideração que no processo de seleção, quanto maior a parte genética relativamente aparte ambiental (não aproveitável) na variação total de uma determinada característica, mais efetivos são os esforços do melhorista, constata-se que a estratificação de ambientes, no presente caso, omitindo-se o sítio S23-S24, reduziria na elevação da parte genética responsável pela variação de crescimento (Tabela 6), com uma maior perspectiva de ganho genético. Nesse sentido, tendo como relevância alguns dos objetivos do presente trabalho, pode-se dizer que a estratificação ecológica dos ambientes, através do mapeamento de solos e de estudos de relação solo-sítio, irá proporcionar uma minimização da $\hat{\sigma}_s^2$ e $\hat{\sigma}_{gs}^2$, ampliando a possibilidade de ganho genético no melhoramento dos povoamentos florestais.

Tabela 5 - Percentagem de variação entre a variância genética entre espécie ($\hat{\sigma}_g^2$), variância entre sítios ($\hat{\sigma}_s^2$), variância da interação espécie sítios ($\hat{\sigma}_{gs}^2$) e variâncias do erro ($\hat{\sigma}_e^2$) relativamente à variância fenotípica ($\hat{\sigma}_F^2$), quando se consideraram os cinco sítios conjuntamente e quando se omitiu o sítio S23-S24.

Características	$\hat{\sigma}_g^2 / \sigma_F^2 \times 100$	$\hat{\sigma}_s^2 / \sigma_F^2 \times 100$	$\hat{\sigma}_{gs}^2 / \sigma_F^2 \times 100$	$\hat{\sigma}_e^2 / \sigma_F^2 \times 100$
	com o sítio S23-S24			
Área Basal/ha (m ² /ha)	12,9	9,6	34,3	43,3
Volume Sólido/ha (m ³ /ha)	0	11,7	53,7	34,6
Altura (m)	25,1	27,8	17,0	30,1
DAP (cm)	0	9,4	51,9	38,8
	sem o sítio S23-S24			
Área Basal/ha (m ² /ha)	52,8	6,6	0	40,6
Volume Sólido/ha (m ³ /ha)	44,6	18,3	2,5	34,6
Altura (m)	41,8	36,5	0	22,3
DAP (cm)	21,7	23,6	14,0	40,8

Tabela 6 - Coeficiente de variação fenotípica (CV_F), entre espécies (CV_G), entre sítios (CV_S), da interação espécies x sítios (CV_{GS}) e experimental (CV_{EXP}), quando se consideraram os cinco sítios conjuntamente e quando se omitiu o sítio S23-S24.

Características	CV _F	CV _G	CV _S	CV _{GS}	CV _{EXP}
	com o sítio S23-S24				
Área Basal/ha (m ² /ha)	23,6	8,5	7,3	13,8	15,5
Volume Sólido/ha (m ³ /ha)	31,5	0	10,8	23,0	18,5
Altura (m)	10,7	5,3	5,6	4,4	5,8
DAP (cm)	10,9	0	3,3	7,7	6,6
	sem o sítio S23-S24				
Área Basal/ha (m ² /ha)	25,4	18,6	6,5	0	16,3
Volume Sólido/ha (m ³ /ha)	33,0	22,1	14,1	5,2	19,4
Altura (m)	12,8	8,0	7,6	0	5,9
DAP (cm)	10,3	5,0	5,2	4,0	6,9

Estas afirmações, em parte, corroboram as alternativas propostas por SHELBOURNE & CAMPBELL (1976), ZOBEL & TALBERT (1984) e VENCOVSKY (1978) para reduzir o efeito da interação genótipo-ambiente nos programas de melhoramento.

Tomando-se por base a característica volume sólido de madeira com casca/ha, reflexo de diversas características amplamente consideradas no processo de seleção, observa-se que a $\hat{\sigma}_s$ e a $\hat{\sigma}_e$ alteraram-se pouco, relativamente às $\hat{\sigma}_{gs}$ e $\hat{\sigma}_g$ quando se omitiu ou não o sítio 823-824 na análise de variância conjunta. Donde se conclui que, dentre as variâncias que trazem em si desvios devido à parte não genética da variação total daquela característica, a $\hat{\sigma}_{gs}$ é a principal responsável, portanto influenciando amplamente no ganho genético. KAGEYAMA (1980), MORI et alii (1986) e MORI et alii (1988) e

MORAES (1987) trabalhando a nível de procedências e clones de **E. grandis**, **E. saligna** e **E. urophylla**, encontraram variâncias para a interação genótipo-ambiente, relativamente bem inferiores às encontradas neste trabalho. Segundo BARNES (1984) , a provável explicação para estas constatações encontram-se no fato de que, a despeito de amplas diferenças genéticas entre procedências e clones, essas ainda são menores do que as existentes entre espécies, como no presente caso, entre o **E. grandis** e o **E. saligna**. Obviamente, com o aumento de probabilidade de se encontrar maiores variâncias para a interação genótipo-sítios entre espécies. Ainda com referência às conclusões desse mesmo pesquisador, não há dúvida quanto à significância econômica dos resultados advindos de interações positivas entre genótipos-sítios a nível de espécies, como por exemplo, as do gênero **Eucalyptus** e **Pinus**. O mesmo nem sempre se pode afirmar com relação a procedências, progênies e clones.

A propósito, como relata BARNES & MULLIN (1976) e BARNES et alii (1984), a interação genótipo-ambiente, a nível de espécie, tem sido amplamente utilizada para espécies exóticas de rápido crescimento nos trópicos e sub-trópicos. Isso porque, quando se faz a dispersão destas espécies para diversas regiões, com grande abrangência de variações climáticas e edáficas, a partir de uma região de ocorrência mais restrita, está-se promovendo um trabalho de identificação de condições edafo-climáticas favoráveis a determinadas interações genótipo-ambiente, altamente desejáveis para algumas características. O que terá como implicação prática, a multiplicação de áreas de plantio de uma determinada espécie em função de suas possibilidades de interação com o ambiente, detectadas pelos experimentos relativos à introdução de espécies.

AGRADECIMENTOS

À DURAFLORA S/A, à RIPASA S/A CELULOSE E PAPEL, à COMPANHIA SUZANO DE PAPEL E CELULOSE, à EUCATEX FLORESTAL L TDA e à FLORIN - FLORESTAMENTO INTEGRADO S/A que gentilmente cederam as áreas experimentais e forneceram recursos materiais e humanos para os trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES, R.D. Genotype-environment interaction in the genetic improvement of fast-growing plantation trees. In: SYMPOSIUM ON SITE PRODUCTIVITY OF GROWING PLANTATIONS, Pretoria, 1984. **Proceedings**. Pretoria, South African Forest Research Institute, 1984. v.1, p.197-213.
- BARNES, R.D. Population improvement through selection and hybridization in **Pinus patula**, **P. elliottii** and **P. taeda** in Southern Africa. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, 3, Canberra, 1977. **Proceedings**. Canberra, CSIRO, 1977. p.489-505.
- BARNES, R. D. et alii. Genotype- environment interaction in tropical pines and their effects on the structure of breeding populations. **Silvae genetica**, Frankfurt, 33(6): 186-98, 1984.

- BARNES, R. D. & MULLIN, L. J. Selection of forest tree species in Rhodesia. **South African forestry journal**, Pretoria, 98: 16-20, 1976.
- BROWN, J. H. Seedling growth of three Scotch Pine provenances with varying moisture and fertility treatments. **Forest science**, Washington, 16(1): 43-5, 1970.
- CANNELL, M. G. R. et alii. Seedling growth rates, water stress responses and root shoot relationships related to eight-year volumes among families of Pinus taeda L. **Silvae genetica**, Frankfurt, 27: 237-48, 1978.
- COTTERILL, P. P. Genetic gains expected from alternative breeding strategies including simple low cost options. **Silvae genetica**, Frankfurt, 35: 212-23, 1986.
- COTTERILL, P. P. & NAMBIAR, E. K. S. Seedlings physiology of three radiata Pine families with contrasting growth. **Australian forest research**, Melbourne, 11: 13-22, 1981.
- CURLIN, J. W. Clonal differences in yield response of **Populus deltoides** to nitrogen fertilization. **Soil Science Society of America proceedings**, Madison, 31(2): 276-80, 1967.
- EISEMANN, R. L. & NIKLES, D. G. The influence of provenance-environment and family-environment interaction in breeding **P. caribaea** var *hondurensis* in Queensland. In: JOINT MEETING OF RWGs 1 & 3, Victoria, 1981. **Proceedings**. Victoria, 1981. p.67-84.
- GODDARD, R. E. Genotype by environment interaction in slash pine. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, 3, Canberra, 1977. **Proceedings**, Canberra, Csiro, 1977 p.762-72.
- GODDARD, R. E. & HOLMES, C. A. The genetic basis of forest tree nutrition. In: BOWEN, G. D. & NAMBIAR, E. K. S. Nutrition of plantation forest. London, Academic Press, 1984. p.237-58.
- GONÇALVES, J. L. M. et alii. 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. **IPEF**, Piracicaba (43/44): 24 -39, 1990.
- KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênes de uma população de Eucalyptus grandis Hill**. Piracicaba, 1980. 125p. (Tese- Doutorado .ESALQ).
- LEDIG, F. T. & PERRY, T. O. Variation in photosynthesis and respiration among loblolly pine progenies. In: SOUTHERN CONFERENCE ON FOREST TREE IMPROVEMENT, 9, Knoxville, 1967. **Proceedings**. Knoxville, 1967. p.120-8.

- MORA, A. L. **Interação com espaçamentos e locais em clones de *Eucalyptus* spp no norte do Estado da Bahia.** Piracicaba, 1986. 101 p. (Tese -Mestrado -ESALQ) .
- MORAES, M. L. T. **Varição genética da densidade básica da madeira em progênes de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características de crescimento.** Piracicaba, 1987. 115p. (Tese-Mestrado-ESALQ).
- MORI, E. S.; et alii. **Varição genética e interações progênes x locais em *Eucalyptus urophylla* IPEF,** Piracicaba (39): 53-63, 1988.
- MORI, E. S. et alii. **Efeitos da interação genótipo x ambiente em progênes de *Eucalyptus saligna* Smith. IPEF,** Piracicaba (33): 19-25, 1986.
- NAMBIAR, E. K. S. **Increasing forest productivity through genetic improvement of nutritional characteristics.** In: WEYERHAEUSER SCIENCE SYMPOSIUM FOREST POTENTIALS: PRODUCTIVITY AND VALUE, Tacoma, 1984. **Proceedings.** Tacoma, 1984. p.191-215.
- OWINO, F. **Genotype x environment interaction and genotypic stability in loblolly pine. *Silvae genetica*,** Frankfurt, 26: 176-9, 1977.
- QUIJADA, R. M. **Interacion genotipo-ambiente.** In: FAO/DANIDA. **Mejora genetica de arboles forestales.** Roma, 1980. p.231-5
- SANDS, R. et alii. **Water relations and photosynthesis in three families of radiata pine seedlings know to differ in their response to weed controls. *Forest ecology and management*,** Amsterdam, 9: 173-84, 1984.
- SCHUTZ, C. J. **A review of fertilizer research on some of the more important conifers and eucalyptus planted in subtropical and tropical countries, with special reference to South Africa.** Pretoria, Department of Forestry, 1976. 89p.
- SHELBOURNE, C. J. A. & CAMPBELL, R. K. **The impact of genotype-environment interactions on tree improvement strategy.** In: IUFRO JOINT MEETING OF GENETIC WORKING PARTIES ON ADVANCED GENERATION BREEDING, Bordeaux, 1976. **Proceedings.** Bordeaux, 1976. p.73-93.
- SWITZER, G. L. **Determinants of forest stand productivity.** In: TIPPIN, T. **Proceedings of the symposium on principles of maintaining productivity on prepared sites.** New Orleans, USDA, 1978. p. 14-27.
- VENCOVSKY, R. **Herança quantitativa.** In: PATERNIANI, E. **Melhoramento de milho no Brasil.** Campinas, Fundação Cargill, 1978. P.122-201.
- ZOBEL, B.J. & TAUBERT, J. **Applied forest tree improvement.** New York, John Wiley, 1984. 505p.

É Eucatex.

Chapas duras e isolantes

Painéis

Forros

Divisórias

Portas

Sistemas Integrados

Batentes

Telhas

Perfis

isolantes de lã de vidro e lã de rocha

Breu

Resinas duras

Seladoras

Espuma fenólica

Óleo de pinho

Argamassas isolantes

Argamassa corta-fogo

Filtrante Perfiltra

Condicionador de solo (Vermiculita)

Sistemas para formação de mudas

Misturas para plantio

Tintas

Tintas e vernizes isolantes

Fertilizantes para jardinagem

Mudas

Você deve ser um dos milhões de brasileiros que se lembram daquele famoso slogan "Forro é Eucatex". É verdade: forro é Eucatex.

Mas, hoje, Eucatex é muito mais que isso.

Há 35 anos trabalhando em produtos e soluções que melhorem o dia-a-dia de todos nós, o Grupo Eucatex atua em diversos segmentos da vida nacional.

A lista que você vê neste anúncio é apenas uma parte de tudo o que o Grupo Eucatex produz hoje em dia.

Por isso, sempre que você se lembrar do "É Eucatex", lembre-se de quanta coisa é Eucatex e de quanta coisa a Eucatex é.



grupo
Eucatex