

# INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR LOCAIS EM *Pinus elliottii* var. *elliottii*<sup>1</sup>

Lêda Maria do Amaral GURGEL GARRIDO<sup>2</sup>

Sidnei Francisco CRUZ<sup>3</sup>

Clóvis RIBAS<sup>4</sup>

## RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos da interação genótipos e locais na produção de resina por matrizes selecionadas de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, instalado nas Estações Experimentais: Paraguaçu Paulista, Manduri e Itapetininga, representantes de diferentes regiões climáticas do Estado de São Paulo. As plantas foram avaliadas através da microrresinagem aos 2 anos de idade. Os resultados revelaram haver diferenças significativas entre as progênes e os três locais estudados, indicando a possibilidade de ganhos genéticos através da seleção. Devido à presença de interação significativa, recomenda-se, para continuidade do programa de melhoramento para a característica produção de resina, a formação de sub-populações ao invés de selecionar pela média dos três locais, ou ainda, a seleção para os três locais pelos resultados obtidos em Itapetininga. As progênes selecionadas inicialmente, através de seleção massal, devem constituir uma única população com testes de progênes instalados em diversos locais do Estado de São Paulo.

Palavras-chave: interação genótipos por locais; *Pinus elliottii* var. *elliottii*; produção de resina.

## 1 INTRODUÇÃO

A interação genótipos por locais é uma manifestação biológica de grande importância em um programa de melhoramento. Na seleção de um material espera-se que sua progênie expresse a máxima produção para a característica selecionada. Na maioria das vezes tal progresso é alcançado, sobretudo se a propagação ocorrer em condições semelhantes (temperatura, precipitação, altitude, longitude, latitude, espaçamento, técnicas de cultivo) às da planta matriz. A propagação em um ambiente diferente pode levar a resultados inesperados. Isso porque o mesmo genótipo pode se comportar de

## ABSTRACT

This paper aimed to study the genotype-environment interactions for *Pinus elliottii* var. *elliottii* gum yield on three Experimental Stations: Paraguaçu Paulista, Manduri and Itapetininga. These sites portray different climatic regions of São Paulo State. Gum yield was evaluated at age 2, through 1.6 cm sound microchipping. Significant differences among progenies gum yield and sites indicated that genetic progress is possible using selection methods. Significant genotype-environment interactions reveal separate selection and breeding programs as the best procedure. Other results indicate the alternative procedure of combined selections on Itapetininga results. According to this paper progenies selected from initial massal selection must constitute a unique population to be tested on several sites from São Paulo State.

Key words: genotype-environment interaction; *Pinus elliottii* var. *elliottii*; gum yield.

maneira totalmente diferenciada em locais diversos. Há genótipos superiores em um local que se mostram médios ou mesmo inferiores em outro, alterando a produção das progênes de um local para outro, o que configura a interação.

O efeito da interação mostra a importância de se testarem os materiais selecionados em mais de um local, para saber se as inferências obtidas podem ser generalizadas para uma gama maior de ambientes.

O presente trabalho teve como escopo principal estudar os efeitos da interação genótipos por locais, na produção de resina em *Pinus elliottii* var. *elliottii*.

(1) Aceito para publicação em abril de 1999.

(2) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. (Bolsista do CNPq)

(3) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. (Bolsista da FAPESP)

(4) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É vasta a bibliografia que trata da interação genótipos por ambientes em diversas características de espécies florestais.

Os melhoristas são unânimes ao afirmar que muitas essências florestais apresentam interação genótipo por ambiente, principalmente nos aspectos edáficos e climáticos (GODDARD, 1977; MORI & DE LELLO, 1986; BARROS, 1986; KAGEYAMA, 1986; FERRAZ, 1986; FERREIRA, 1986, entre outros).

Trabalhando com *Pinus elliottii* GODDARD (1977) concluiu que a interação genótipo por ambiente é mais comum em relação a fatores edáficos. Segundo o autor, citando Wright (1976), quando não é possível associar a interação a algum fator ambiental definido, esta deve ser incluída no erro, acarretando a redução das expectativas de ganho. A interação pode também ser associada a fatores genéticos quando permite a seleção de genótipos estáveis com boa média de produção em diversos ambientes, o que, segundo o autor, seria a melhor estratégia. Ainda segundo o autor, quando houver grandes diferenças nas respostas dos genótipos a ambientes distintos e houver grandes áreas de tais ambientes, a melhor estratégia é separar os genótipos em sub-programas específicos. O autor frisou, ainda, que em qualquer caso a decisão deve ser precedida de análise detalhada e comparação de ganhos em cada estratégia a ser adotada.

KAGEYAMA (1986) declarou que, de maneira geral, a interação pode ser utilizada de duas formas: para o zoneamento ecológico de materiais genéticos (espécies, procedências, progênies e clones) e para a estratificação da seleção de indivíduos superiores num programa de melhoramento. Segundo o autor, o efeito da interação genótipo por ambiente é mais expressivo, em ordem decrescente, em clones, em progênies, em procedências e em espécies. O seu efeito é mais forte no gênero *Eucalyptus* que no *Pinus*, sendo importante analisar o comportamento da interação ao longo do tempo para observar possíveis inversões com a idade.

É importante ressaltar, como citaram MORI & DE LELLO (1986) e KAGEYAMA (1986), que, por ambiente, deve-se entender toda uma gama de fatores edáficos, climáticos, biológicos, latitude, altitude, além das técnicas silviculturais adotadas, como preparo de solo, espaçamento, fertilização,

tratos culturais, rotação, usos finais e forma de propagação dos genótipos.

Morgenstern (1982) *apud* MORI & DE LELLO (1986) citaram três fatores básicos para a existência da interação genótipo por ambiente em diferentes locais: a) diferenças climáticas com mudanças no foto e termoperiodismo; b) solos com diferenças nutricionais atuando em genótipos que não toleram deficiências de determinados elementos ou em outros que são menos rigorosos que em seu *habitat* original, e c) diferenças genéticas das populações com procedências ou genótipos com maior ou menor capacidade de adaptação a condições variadas.

MIRANDA FILHO (1987) recomendou, nas pesquisas de melhoramento, a instalação de ensaios em vários locais, o que contribui para minimizar os efeitos da interação genótipos por ambientes no progresso obtido na seleção. Segundo o autor, quando se objetiva estimar parâmetros genéticos, a repetição em vários ambientes permite obter estimativas mais precisas, por possibilitar o isolamento das interações.

VAN BUIJTENEN (1978) trabalhou com 25 origens de *Pinus taeda* e nove diferentes locais de plantio. Analisando, aos vinte anos, as características altura, volume, retidão do fuste, densidade básica da madeira e proporção de internódios, o autor encontrou interação significativa apenas para altura e volume.

MATHESON & RAYMOND (1984) estudaram a interação de genótipos por ambientes em testes de progênies de *Pinus radiata* de polinização aberta em onze locais na Austrália, com latitudes desde 27°35' até 38°11', altitudes variando de 62 m a 1250 m e precipitação anual de 662 mm a 1550 mm. Foram avaliadas diversas características, tais como: diâmetro, forma do fuste, forma dos ramos, defeitos do fuste, altura e volume. Para todas as características a interação de genótipos por ambiente foi significativa, o que forçou uma mudança no programa de melhoramento devido às perdas do ganho potencial resultante das interações. Os autores apresentam o índice crítico de Shelbourne (1972) correspondente à razão entre os componentes de variância da interação de progênies x locais e a variância entre progênies, da análise conjunta ( $s^2_p/s^2_p$ ) igual a 0,50. Conforme os autores, a interação genótipos por locais, embora significativa, não indicaria, ainda, a necessidade de conduzir

o melhoramento futuro através de sub-populações quando tal razão fosse menor ou igual a 0,50.

O trabalho de TAUER & McNEW (1985) com *Pinus echinata* desenvolveu-se em Oklahoma, Estados Unidos. Consistiu em testar 10 progênies de polinização aberta provenientes de 15 povoamentos, em dois locais diferentes. Os 15 povoamentos cobriam toda a área de plantio comercial da espécie e os locais de experimentação eram extremos, quanto ao índice de sítio: um excelente e o outro área de plantio marginal e bem inferior ao primeiro. Dados aos 10 anos de idade demonstraram não ser significativa a interação procedências por locais apenas para DAP e volume. Outras características analisadas foram: altura, retidão do fuste e sobrevivência.

VAN HAVERBEKE (1986) analisou dados de experimentos com 79 procedências de *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws. dos Estados Unidos, instalados em 16 locais com latitudes variando de 35,1°N a 50,4°N, longitudes de 85,4°W a 103,6°W e altitudes de 700 m a 4.000 m, agrupando esses locais em regiões: norte, leste, central e sul. O autor notou presença mínima de interação genótipo por ambiente entre procedências e regiões, afirmando que locais dentro de uma região afetam mais a performance do genótipo que locais de diferentes regiões. Foram analisados dados de altura, sobrevivência e relação sobrevivência-altura, aos 5, 10 e 15 anos de idade.

GURGEL GARRIDO & KAGEYAMA (1986/1988) realizaram avaliações precoces da produção de resina através de microrresinagem em teste de progênies de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, com idade aproximada de 1 ano e meio. Os autores encontraram coeficientes de herdabilidade ao nível de plantas individuais (0,38), ao nível de médias de famílias (0,50) e ao nível de plantas dentro de famílias (0,33). O coeficiente de variação genética para produção de resina foi de 16,49% e o ganho genético esperado de 39,85%.

PEDERICK (1990) estudou interações entre genótipos de *Pinus radiata* e locais em Victoria, Austrália, através de observações de DAP, retidão do fuste e espessura dos ramos. O autor comparou ganhos para incremento em DAP através de dois métodos: seleção de 50% das melhores famílias por região (para pomar de semente de 1,5 geração) e comparação das estimativas de herdabilidade para melhoramento por região ou

global (para pomar de semente de 2ª geração). O autor encontrou interação altamente significativa para os dados de diâmetro e interação relativamente baixa para retidão do fuste e espessura dos ramos concluindo, por ambos os métodos de avaliação, que a seleção por região seria compensadora apenas quando os locais dentro de cada região apresentassem resultados uniformes. Na presença de alta variabilidade entre locais da mesma região, o melhoramento deveria ser conduzido para todas as regiões em conjunto.

JOHNSON & BURDON (1990) encontraram interação significativa para volume em *Pinus radiata* testado em quatro locais (duas regiões) da Nova Zelândia, aos 4,5 anos. A interação foi mais evidente entre regiões com tipos de solos bem diferentes que entre locais dentro da região. Mesmo na presença de interação os autores concluíram não ser vantajosa a seleção por local que elevaria o ganho genético de 22% para 25% com relação à seleção global nos quatro locais.

WOOLASTON *et al.* (1991) estudaram o efeito da interação genótipos por ambientes em cerca de 90 famílias de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, as quais foram agrupadas em quatro populações, conforme a origem da semente. Os ensaios foram instalados em oito locais na região costal de Queensland, Austrália. As quatro populações constituíram-se de sementes melhoradas de dois locais, Queensland e Fiji-New Caledonia e de sementes provenientes de duas origens de Honduras. Os autores observaram DAP, altura e retidão do fuste aos seis anos e encontraram interação significativa entre populações e locais, para DAP e retidão do fuste. A existência de interação não alterou, entretanto, a ordenação das populações, nos quatro locais.

Não foram encontrados trabalhos de interação genótipos por ambientes relacionados à produção de resina, o que torna a presente pesquisa bastante interessante por seu ineditismo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento constou de 25 matrizes de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, selecionadas para produção de resina em Itapetininga-SP e Assis-SP. Foram 15 progênies provenientes de Itapetininga (numeradas de 1 a 15) e 10 progênies de Assis (numeradas de 16 a 25).

Foram instalados ensaios em três Estações Experimentais do Instituto Florestal de São Paulo: Paraguaçu Paulista, Manduri e Itapetininga, sob delineamento em látice quadrado com 25 progênies, 6 repetições e parcelas lineares com 5 plantas, no espaçamento de 3 m x 3 m. Foram usadas 3 ruas para a bordadura externa. Os ensaios foram instalados

em 28 de novembro e 07 de dezembro de 1994, em Paraguaçu Paulista e Manduri, respectivamente, e em 05 de janeiro de 1995, em Itapetininga.

As coordenadas geográficas, tipos climáticos e classificação dos solos dos três locais, conforme VEIGA (1975) e SECRETARIA DA AGRICULTURA (1986), constam da TABELA 1.

TABELA 1 - Informações geográficas, climáticas e edáficas dos locais do experimento.

LOCAIS	LAT. (S)	LONG. (W)	ALT. (m)	CLIMA	Tm* (°C)	TM* (°C)	P* (mm)	DH* (mm)	SOLO
Paraguaçu Paulista	22°40'	50°25'	562	Cwa	16,8	23,4	1217	4	Lea
Itapetininga	23°42'	47°57'	645	Cfa	15,4	22,5	1128	5	Pva
Manduri	23°00'	49°19'	700	Cwa	15,6	22,3	1161	4	AQd

(\*) Tm - temperatura mínima média mensal; TM - temperatura máxima média mensal; P - precipitação anual; DH - déficit hídrico anual.

De acordo com o zoneamento climático para as coníferas no Estado de São Paulo (GOLFARI, 1967), o município de Itapetininga reúne as condições mais favoráveis ao crescimento de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, por estar na Região 1 no sul do Estado de São Paulo entre as latitudes de 22°30'S e 24°30'S com altitudes entre 600 m e 1100 m e clima temperado úmido com chuvas bem distribuídas durante o ano, enquanto Paraguaçu Paulista encontra-se na Região 4, considerada pelo autor como inadequada ao cultivo dessa espécie e Manduri situa-se exatamente na transição entre aquelas duas regiões.

Entre 30 de novembro e 04 de dezembro de 1996 foi realizada a avaliação da produção de

resina nos três ensaios. A extração de resina procedeu-se por microrresinagem quinzenal das plantas, através da realização de quatro microestrias circulares, com o auxílio de um estriador com 1,6 cm de diâmetro.

Foram efetuadas análises de variância por local e conjunta e estimados parâmetros diversos: variâncias genéticas e não genéticas, coeficientes de herdabilidade e de variação genética, ganhos genéticos esperados, além dos estudos de interação, conforme VENCOVSKY & BARRIGA (1992), apresentados na TABELA 2. A análise de variância por local foi realizada com recuperação da informação interblocos, conforme COCHRAN & COX (1981).

TABELA 2 - Esquema de análise de variância conjunta.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	QM	E (QM)*	F
Blocos/locais	87	Q1	$(1/k)\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + P\hat{\sigma}_b^2$	Q1/Q5
Locais	2	Q2	$(1/k)\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + B\hat{\sigma}_{pl}^2 + BP\left(\sum_{n=1}^L I_n^2\right)/(L-1) + P\hat{\sigma}_b^2$	$(Q2 + Q5)/(Q1 + Q4)$
Progênies	24	Q3	$(1/k)\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + B\hat{\sigma}_{pl}^2 + BL\hat{\sigma}_p^2$	Q3/Q4
Progênies x Locais	48	Q4	$(1/k)\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + B\hat{\sigma}_{pl}^2$	Q4/Q5
Erro	288	Q5	$(1/k)\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2$	

(\*)  $\hat{\sigma}_d^2$ ,  $\hat{\sigma}_e^2$ ,  $\hat{\sigma}_b^2$ ,  $\hat{\sigma}_p^2$ ,  $\hat{\sigma}_1^2$ ,  $\hat{\sigma}_{pl}^2$  são respectivamente as estimativas das variâncias: dentro de parcelas, entre parcelas, entre blocos, entre progênies, entre locais e relativa à interação de progênies por locais.

k - média harmônica do número de plantas por parcela; P, B e L são, respectivamente, os números de: progênies, blocos e locais.

Foram estimados os desvios médios das ordens das progênies em cada local com relação à ordem geral (considerando as produções médias dos três locais), conforme proposto por MATHESON & RAYMOND (1984) para verificação das progênies com maior contribuição pela existência da interação.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se na TABELA 3 as médias de produção de resina nos três locais, considerando média geral das progênies, média das progênies oriundas de Assis e médias das progênies oriundas de Itapetininga.

TABELA 3 - Produção média de resina (g) obtida em: Paraguaçu Paulista - PP, Manduri - MD e Itapetininga - IP.

PRODUÇÃO DE RESINA (g)			
MÉDIAS	PP	MD	IP
Geral progênies	37,89	49,95	25,07
Progênies Assis	36,25	49,33	23,79
Progênies Itapetininga	39,54	51,14	25,81

As progênies selecionadas em Itapetininga apresentaram produções médias de 9,1%, 3,7% e 8,5% mais altas com relação às progênies selecionadas em Assis, nos locais Paraguaçu Paulista, Manduri e Itapetininga, respectivamente, embora com diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade (teste t) entre os dois grupos, apenas em Itapetininga.

À idade de 2 anos nota-se presença de interação significativa (TABELA 4) e a influência do local de plantio sobre a produção de resina das

progênies é marcante. O teste F para locais apresentou resultado altamente significativo.

Esses resultados citados concordam com aqueles da maioria dos trabalhos citados: GODDARD (1977), VAN BUIJTENEN (1978), MATHESON & RAYMOND (1984), TAUER & McNEW (1985), MORI & DE LELLO (1986), KAGEYAMA (1986), JOHNSON & BURDON (1990) e WOOLASTON *et al.* (1991). VAN HAVERBEKE (1986) por outro lado, não encontrou em seu trabalho interação significativa entre progênies e locais.

TABELA 4 - Resumo das análises de variância individuais e conjunta.

LOCAL	CV	G.L.	QM	F
PP	Progênies	24	463,79	4,88**
	Resíduo	96	94,96	
	C.V. (%)		25,20	
MD	Progênies	24	465,80	7,13**
	Resíduo	96	65,36	
	C.V. (%)		16,01	
IP	Progênies	24	183,83	7,22**
	Resíduo	96	25,48	
	C.V. (%)		20,18	
CONJUNTA	Locais	2	24162,33	139,40**
	Progênies	24	890,67	8,00**
	P x L	48	111,37	1,80**
	Resíduo	288	61,72	
	C.V. (%)		21,29	

(\*\*) Valores, da estatística F, significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Embora o conjunto de progênies selecionado em Itapetininga tenha apresentado em média produção de resina superior ao conjunto de progênies selecionado em Assis, houve alteração na ordenação das progênies, dentro de cada conjunto e entre conjuntos, segundo o local de plantio, conforme pode ser observado na FIGURA 1.

Este resultado permite três inferências: a) não há influência do local da seleção inicial sobre a produção das progênies, assim o programa de seleção inicial pode ser único; b) provavelmente existem componentes genotípicos de adaptação aos

diversos ambientes que se alteram de uma progênie para outra, independente do local de seleção, e c) relacionando com a afirmação de MORI & DE LELLO (1986) pode-se dizer que a maior causa do comportamento diferenciado das progênies nos diferentes locais deve-se, aparentemente, às climáticas, já que pela TABELA 1 nota-se que as condições geográficas e de solo não são muito diferentes nos três locais. Os solos dos três locais, embora de classificações diferentes, são todos considerados ácidos e de baixa fertilidade natural.

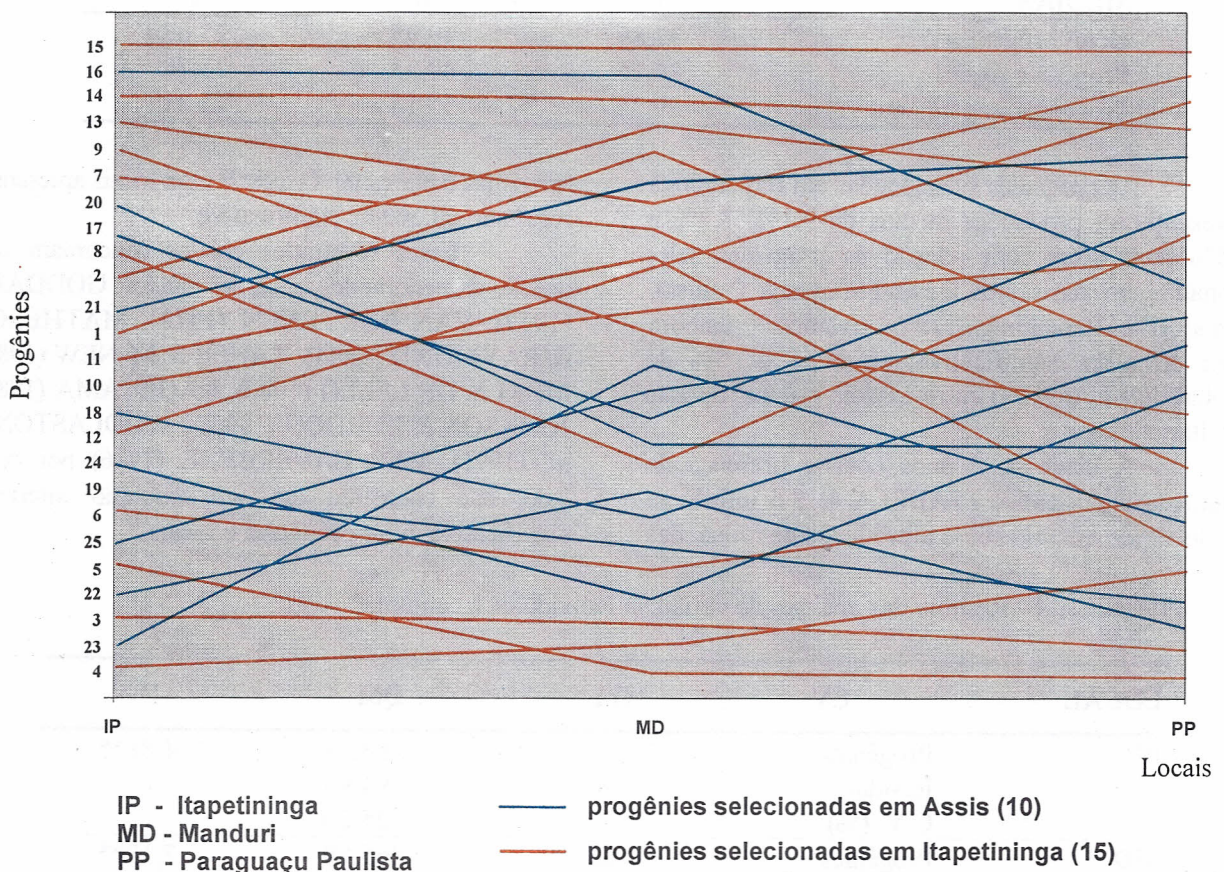


FIGURA 1 - Posição (ordem) das progênies quanto à produção de resina, nos três locais.

A TABELA 5 mostra as ordens das progênies em cada local, a ordenação geral (produção média nos três locais) e os desvios médios das ordens de progênies com relação à ordem geral, evidenciando as progênies que têm maior contribuição na existência da interação com ambientes.

Pela TABELA 5 pode-se observar que, em média, as progênies selecionadas em Assis

apresentam maior desvio médio (3,00) que as progênies selecionadas em Itapetininga (2,53) as quais poderiam ser classificadas como mais estáveis. A média geral dos desvios médios foi 2,72. Entre as progênies selecionadas em Itapetininga 9 têm desvios médios abaixo de 2,72; somente 3 progênies selecionadas em Assis apresentam esse comportamento.

TABELA 5 - Ordem das progênies por local, geral e desvios médios das ordens com relação à ordenação geral.

PROGÊNIES		NÚMERO DE ORDEM				DESVIO MÉDIO	
Procedências	Nº	PP	MD	IP	Geral	Progênies	Média
Itapetininga	1	13	5	12	8	4,00	2,53
	2	6	4	10	5	2,33	
	3	24	23	23	24	0,67	
	4	21	24	25	23	1,67	
	5	25	25	21	25	1,33	
	6	18	21	19	20	1,33	
	7	17	8	6	9	4,00	
	8	8	17	9	12	4,00	
	9	15	12	5	10	4,00	
	10	9	11	14	13	2,33	
	11	20	9	13	15	4,33	
	12	3	10	16	7	5,33	
	13	2	7	4	2	2,33	
	14	4	3	3	3	0,33	
	15	1	1	1	1	0,00	
Assis	16	10	2	2	4	3,33	3,00
	17	7	15	8	11	3,67	
	18	12	19	15	17	3,00	
	19	22	20	18	21	1,67	
	20	16	16	7	14	3,67	
	21	5	6	11	6	2,00	
	22	23	18	22	22	1,67	
	23	19	13	24	18	4,00	
	24	14	22	17	19	3,33	
	25	11	14	20	16	3,67	

Com exceção da progênie 15, selecionada em Itapetininga, todas as demais se alteraram de um local para outro, fato este também observado por MATHESON & RAYMOND (1984) e PEDERICK (1990) analisando diâmetro de *Pinus radiata*.

Os componentes de variância relativos à variância dentro de parcelas, variância entre parcelas, variância entre progênies, variância fenotípica total e variância fenotípica média, para cada local, bem como para o valor combinado (três locais), são apresentados na TABELA 6, além da estimativa de variância da interação de progênies por locais.

Observa-se na TABELA 6 que, com exceção do valor  $\hat{\sigma}^2_e$  em Manduri, todas as estimativas de variância para Paraguaçu Paulista e Manduri ficaram acima das estimativas correspondentes para Itapetininga. No entanto, a razão entre as variâncias genética e fenotípica foi maior em Itapetininga, indicando que a porcentagem da

variação fenotípica total, devido ao genótipo, foi mais expressiva neste local.

A razão entre variância da interação e variância entre progênies foi de 0,19, ficando bem abaixo do valor crítico, 0,50, proposto por Shelbourne (1972) *apud* MATHESON & RAYMOND (1984) e PEDERICK (1990). Acima desse valor, a característica é considerada sensível às mudanças ambientais, o que traz problemas na condução de um programa de melhoramento conjunto. MATHESON & RAYMOND (1984) relataram valores acima de 0,50 para todas as características estudadas em *Pinus radiata*, tanto as quantitativas como as qualitativas. PEDERICK (1990) por outro lado, encontrou valor acima de 0,50 apenas para diâmetro do *Pinus radiata* e valores abaixo de 0,50 para retidão do fuste e espessura dos ramos. O valor estimado neste estudo para produção de resina em *Pinus elliottii* var. *elliottii* concorda com estes últimos resultados.

TABELA 6 - Estimativas dos componentes de variância decorrentes das análises de variância por local e conjunta.

PARÂMETROS*	LOCAIS			
	Paraguaçu Paulista	Manduri	Itapetininga	Conjunta
$\hat{\sigma}_d^2$	283,85	336,94	106,05	242,28
$\hat{\sigma}_e^2$	32,01	0,00	3,81	10,86
$\hat{\sigma}_p^2$	61,47	66,74	26,39	43,29
$\hat{\sigma}_{pl}^2$	-----	-----	-----	8,26
$\hat{\sigma}_F^2$	377,33	403,68	136,25	304,69
$\hat{\sigma}_f^2$	77,30	77,63	30,64	49,48
$\hat{\sigma}_p^2 / \hat{\sigma}_F^2$	0,16	0,17	0,20	0,14

(\*)  $\hat{\sigma}_d^2$  - variância dentro de parcelas;  $\hat{\sigma}_e^2$  - variância entre parcelas;  $\hat{\sigma}_p^2$  - variância entre progênies;  $\hat{\sigma}_{pl}^2$  - variância da interação progênies x locais;  $\hat{\sigma}_F^2$  - variância fenotípica total e  $\hat{\sigma}_f^2$  - variância fenotípica média.

As estimativas de herdabilidade no sentido restrito dentro de parcelas e em nível de média de famílias são apresentadas na TABELA 7, juntamente com as estimativas de coeficientes de variação dentro de parcelas entre progênies, entre parcelas e fenotípico.

As estimativas de herdabilidade individual e dentro de parcelas foram maiores em todos os locais com relação às estimativas advindas da análise conjunta. As menores estimativas de herdabilidade referentes à análise conjunta devem-se à presença de

interação e à menor proporção  $\hat{\sigma}_p^2 / \hat{\sigma}_F^2$  (14,21%) encontrada na análise conjunta. MATHESON & RAYMOND (1984) e PEDERICK (1990) encontraram, em geral, valores para herdabilidade individual, nas análises conjuntas, intermediários àqueles das análises por local ou região. As estimativas de herdabilidade individual relatadas pelos autores tiveram variação muito maior de um local ou região para outro (87%, no mínimo) enquanto no trabalho com produção de resina a diferença entre as herdabilidades não excedeu 18,5%.

TABELA 7 - Estimativas de herdabilidade e coeficientes de variação provenientes das análises de variância por local e conjunta.

PARÂMETROS*	LOCAIS			
	Paraguaçu Paulista	Manduri	Itapetininga	Conjunta
$\hat{h}^2$	0,65	0,66	0,77	0,57
$\hat{h}_m^2$	0,80	0,86	0,86	0,88
$\hat{h}_d^2$	0,65	0,59	0,75	0,54
CV <sub>d</sub> %	43,57	36,43	41,16	40,93
CV <sub>p</sub> %	20,28	16,21	20,54	17,30
CV <sub>e</sub> %	14,63	0,00	7,80	8,67
CV <sub>F</sub> %	50,24	39,88	46,66	45,90

(\*)  $\hat{h}^2$  - herdabilidade no sentido restrito;  $\hat{h}_d^2$  - herdabilidade dentro de parcelas;  $\hat{h}_m^2$  - herdabilidade em nível de média de famílias; CV<sub>d</sub> - coeficiente de variação dentro de parcelas; CV<sub>p</sub> - coeficiente de variação entre progênies; CV<sub>e</sub> - coeficiente de variação entre parcelas e CV<sub>F</sub> - coeficiente de variação fenotípico.



As estimativas do coeficiente de herdabilidade ao nível de média de famílias resultante da análise conjunta foram ligeiramente superiores àquelas provenientes das análises individuais por locais, inversamente ao que ocorreu com herdabilidade individual e dentro de parcelas. Em todos os casos, de acordo com os coeficientes de herdabilidade, a seleção entre e dentro de famílias é mais interessante que a seleção individual.

A grandeza dos coeficientes de herdabilidade e de variação genética são coerentes com aqueles

citados por GURGEL GARRIDO & KAGEYAMA (1986/1988) para a mesma espécie aos 1,5 anos de idade. Os valores de coeficiente de variação genética são bastante expressivos, o que, juntamente com os coeficientes de herdabilidade elevados, são indicadores de alto progresso genético através de seleção. Os valores dos coeficientes de variação, provenientes da análise conjunta, foram próximos dos valores médios entre todos os locais.

A TABELA 8 apresenta as estimativas de correlações genéticas aditivas e as correlações fenotípicas entre os locais estudados.

TABELA 8 - Correlações genéticas aditivas ( $r_A$ ) e correlações fenotípicas ( $r_F$ ) para produções de resina nos três locais.

LOCAIS	CORRELAÇÕES	MANDURI	ITAPETININGA
Paraguaçu Paulista	$r_A$	0,56**	0,89**
	$r_F$	0,49**	0,72**
Manduri	$r_A$	----	0,84**
	$r_F$	----	0,71**

(\*\*) Valores significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Notam-se altos coeficientes de correlação genética ao nível de plantas e fenotípica ao nível e média de famílias entre Itapetininga e as duas outras localidades, enquanto as correlações entre Paraguaçu Paulista e Manduri mostraram-se bem mais baixas, apesar de condições geográficas

e climáticas mais semelhantes entre estas duas localidades.

As estimativas de progresso genético através de seleção entre e dentro de famílias efetuadas no local da predição e através das respostas correlacionadas das seleções efetuadas em um dos outros locais são apresentadas na TABELA 9.

TABELA 9 - Ganhos genéticos entre progênies, dentro de progênies e total para o local  $x$ , por seleção no local  $y$ .

LOCAL DA RESPOSTA (x)	GANHOS GENÉTICOS*	LOCAL DA SELEÇÃO (y)			ANÁLISE CONJUNTA
		PP	MD	IP	
Paraguaçu Paulista	$G_e(x y)$	7,55	4,42	6,97	
	$G_d(x y)$	12,70	6,83	12,08	
	$G(x y)$	20,25	11,25	19,05	
Manduri	$G_e(x y)$	4,43	8,18	6,84	
	$G_d(x y)$	7,45	12,65	11,85	
	$G(x y)$	11,87	20,83	18,68	
Itapetininga	$G_e(x y)$	4,39	4,30	5,15	
	$G_d(x y)$	7,38	6,65	8,92	
	$G(x y)$	11,77	10,94	14,07	
	$G_e(x y)$				6,65
	$G_d(x y)$				9,68
	$G(x y)$				16,33

(\*)  $G_e(x|y)$  - ganho genético entre progênies;  $G_d(x|y)$  - ganho genético dentro de progênies e  $G(x|y)$  - ganho genético total, para o local  $x$ , por seleção no local  $y$ .

Comparando os ganhos genéticos entre e dentro de progênies antes da multiplicação pelos valores de intensidade de seleção (i) percebe-se que a seleção mais intensa deve ocorrer entre indivíduos dentro das famílias, optando-se por seleção de 30% das famílias (8 famílias) com

$i = 1,08$ , e 20% dentro das famílias (1 planta) com  $i = 1,16$ .

A TABELA 10 apresenta os mesmos parâmetros relacionados na TABELA 9, neste caso, em termos de porcentagem da média do local resposta do ganho referido.

TABELA 10 - Ganhos genéticos entre progênies, dentro de progênies e total para o local  $\underline{x}$ , por seleção no local  $\underline{y}$ , em termos de porcentagem da média (x).

LOCAL DA RESPOSTA (x)	GANHOS GENÉTICOS %*	LOCAL DA SELEÇÃO (y)			ANÁLISE CONJUNTA
		PP	MD	IP	
Paraguaçu Paulista	$G_e(x y)$	19,53	11,43	18,04	
	$G_d(x y)$	32,84	17,67	31,24	
	$G(x y)$	52,37	29,10	49,27	
Manduri	$G_e(x y)$	8,79	16,24	13,57	
	$G_d(x y)$	14,78	25,11	23,51	
	$G(x y)$	23,56	41,35	37,08	
Itapetininga	$G_e(x y)$	17,55	17,17	20,58	
	$G_d(x y)$	29,51	26,56	35,65	
	$G(x y)$	47,06	43,74	56,24	
	$G_e(x y)$				17,49
	$G_d(x y)$				25,46
	$G(x y)$				42,95

(\*)  $G_e(x|y)$  - ganho genético entre progênies;  $G_d(x|y)$  - ganho genético dentro de progênies e  $G(x|y)$  - ganho genético total, para o local  $\underline{x}$ , por seleção no local  $\underline{y}$ .

As TABELAS 9 e 10 mostram que os maiores ganhos entre e dentro de progênies e total para os três locais foram obtidos através de seleção no próprio local, embora a seleção efetuada em Itapetininga tenha proporcionado respostas correlacionadas bastante próximas aos ganhos genéticos tanto para Paraguaçu Paulista quanto para Manduri, com perdas de 3,10% e 4,27%, respectivamente.

Observa-se que os ganhos genéticos absolutos foram maiores em Paraguaçu Paulista e Manduri com relação a Itapetininga, mas quando se consideram os ganhos relativos o maior progresso se deu em Itapetininga (56,24%), seguido de Paraguaçu Paulista (52,37%) e com Manduri em último lugar (41,35%). Dada a alta produção obtida em Manduri a variabilidade ocorrida, embora alta, foi relativamente menos expressiva que nos outros locais. As respostas correlacionadas das TABELAS 9 e 10 concordam com as estimativas de correlação apresentadas à TABELA 8.

A efetividade da seleção em cada local, dada pela relação entre o ganho genético em cada um

dos locais e o ganho estimado na análise conjunta, foi de 121,93% para Paraguaçu Paulista, 96,27% para Manduri e 130,94% para Itapetininga, enquanto o progresso genético médio entre os três locais, com relação ao ganho genético esperado via análise conjunta, foi da ordem de 116,46%. Em média, a perda no ganho genético, ao se efetuar a seleção baseada nos resultados da análise conjunta, seria de 7,04%, mas considerando-se o progresso em cada local as perdas seriam de 9,42% e 13,29% em Paraguaçu Paulista e Itapetininga, respectivamente. Com respeito ao ganho genético previsto para Manduri, haveria um acréscimo de 1,6% por seleção através da análise conjunta.

Diante dos resultados, algumas considerações podem ser colocadas: GODDARD (1977) e KAGEYAMA (1986) propõem a separação das progênies em sub-populações, quando da presença de interação significativa, o que, no entanto, acarretaria perdas na base genética para a continuidade do programa através de sub-populações. Por outro lado, conforme o valor alcançado pela razão

$\hat{\sigma}_{pl}^2 / \hat{\sigma}_p^2$  (0,19), bem abaixo do valor crítico de Shelbourne (1972) citado por MATHESON & RAYMOND (1984), é indicada a seleção em um dos locais.

Se as seleções forem efetuadas em Itapetininga as perdas em progresso genético serão relativamente pequenas e se poderá trabalhar com um programa único de melhoramento.

Um programa único para seleções também na primeira geração de melhoramento poderia ser levado a efeito em Itapetininga, sem grandes perdas no progresso genético.

Os ensaios devem ser ainda avaliados em idades futuras objetivando observar a evolução da interação genótipos por locais, conforme preconiza KAGEYAMA (1986).

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste artigo permitem as seguintes conclusões com relação à produção de resina:

- as progênies selecionadas inicialmente através de seleção massal devem constituir uma única população com testes de progênies instalados em diversos locais do Estado de São Paulo;
- a diferença significativa entre as progênies nos três locais estudados, juntamente com valores expressivos obtidos para as estimativas dos coeficientes de herdabilidade e de variação genética, indicam a possibilidade de ganhos genéticos através da seleção;
- aos dois anos de idade foi constatada a existência de interação significativa entre progênies e locais que, no entanto, não é problemática dada a alta correlação genética média através dos ambientes, 0,76;
- a seleção com base na média dos três locais não contribui para aumentar o ganho genético, e
- a seleção baseada em um local (Itapetininga) permite a obtenção de material melhorado, para os três locais, sem perda significativa de ganho genético.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, N. F. de. 1986. A interação genótipo-solo em espécies florestais. In: REUNIÃO SOBRE INTERAÇÃO DO GENÓTIPO COM CLIMA E SOLO, Piracicaba, out. 23-24, 1986. Piracicaba, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. p. 11-13.

COCHRAN, W. & COX, G. M. 1981. *Diseños experimentales*. 7. ed. México, Editorial Trillas S. A. 661p.

FERRAZ, E. E. B. 1986. Clima e produtividade primária. In: REUNIÃO SOBRE INTERAÇÃO DO GENÓTIPO COM CLIMA E SOLO, Piracicaba, out. 23-24, 1986. Piracicaba, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. p. 14-15.

FERREIRA, M. 1986. Interação genótipo por ambiente e sua importância na seleção de espécies/procedências. In: REUNIÃO SOBRE INTERAÇÃO DO GENÓTIPO COM CLIMA E SOLO, Piracicaba, out. 23-24, 1986. Piracicaba, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. p. 16-17.

GODDARD, R. E. 1977. Genotype by environment interaction in slash pine. In: THIRD WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, 4, Canberra, March 21-26, 1977. *Anais...* Gainesville, FAO/IUFRO. 8p.

GOLFARI, L. 1967. Coníferas aptas para repoblaciones forestales en el Estado de São Paulo. *Silvic. S. Paulo*, São Paulo, 6:7-57.

GURGEL GARRIDO, L. M. do A. & KAGEYAMA, P. Y. 1986/1988. Teste de progênies precoce de meios-irmãos de *Pinus elliottii* var. *elliottii* de árvores superiores para produção de resina. *Silvic. S. Paulo*, São Paulo, 20/22:31-39.

JOHNSON, G. R. & BURDON, R. D. 1990. Family-site interaction in *Pinus radiata*: implications for progeny testing strategy and regionalised breeding in New Zealand. *Silvae Genetica*, Reinbek, 39(2):55-62.

KAGEYAMA, P. Y. 1986. Interação de genótipos por ambientes. In: REUNIÃO SOBRE INTERAÇÃO DO GENÓTIPO COM CLIMA E SOLO, Piracicaba, out. 23-24, 1986. Piracicaba, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. p. 18-20.

MATHESON, A. C. & RAYMOND, C. A. 1984. Effects of thinning in progeny tests on estimates of genetic parameters in *Pinus radiata*. *Silvae Genetica*, Reinbek, 33(4-5):125-128.

MIRANDA FILHO, J. B. 1987. Princípios de experimentação e análise estatística. In: PATERNIANI, E. & VIÉGAS, G. P. *Melhoramento e produção do milho*. Campinas, Fundação Cargill. v. 2. p. 765-795.

- MORI, E. S. & DE LELLO, L. R. B. 1986. Interação genótipo por clima e solo. In: REUNIÃO SOBRE INTERAÇÃO DO GENÓTIPO COM CLIMA E SOLO, Piracicaba, out. 23-24, 1986. Piracicaba, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. p. 1-7.
- PEDERICK, L. A. 1990. Family x site interactions in *Pinus radiata* in Victoria, Australia, and implications for breeding strategy. *Silvae Genetica*, Reinbek, 39(3-4):134-140.
- SECRETARIA DA AGRICULTURA. 1986. *Classificação dos solos do Estado de São Paulo*. Campinas, CECOR - DEXTRU/CATI. 4p.
- TAUER, C. G. & McNEW, R. W. 1985. Inheritance and correlation of growth of shortleaf pine in two environments. *Silvae Genetica*, Reinbek, 34(1):5-11.
- VAN BUIJTENEN, J. P. 1978. Response of "lost pines" seed sources to site quality. In: FIFTH NORTH AMERICAN FOREST BIOLOGY WORKSHOP, 5, Gainesville, March 13-15, 1978. *Anais...* Gainesville, Texas Forest Service. 7p.
- VAN HAVERBEKE, D. F. 1986. *Genetic variation in ponderosa pine: a 15-year test of provenances in the great plains*. Fort Collins, USDA, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 16p. (Research Paper RM, 265)
- VEIGA, A. de A. 1975. *Balanços hídricos das dependências da Divisão de Florestas e Estações Experimentais*. São Paulo, Instituto Florestal. 33p. (apostila)
- VENCOVSKY, R. & BARRIGA, P. 1992. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Genética. 496p.
- WOOLASTON, R. R.; KANOWSKI, P. J. & NIKLES, D. G. 1991. Genotype-environment interactions in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Queensland, Australia. I. Population x site interactions. *Silvae Genetica*, Reinbek, 40(5-6):224-228.