

The background of the cover is a black and white photograph of a pine forest. In the lower-left portion, a building with a corrugated metal roof is visible, partially obscured by the trees. The text is overlaid on this image.

Universidade Técnica de Lisboa

Instituto Superior de Agronomia

Melhoramento genético do pinheiro bravo

(*Pinus pinaster* Ait.)

Relatório do Trabalho de Fim de Curso de
Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais

João Pedro Reis da Silva

Orientadora: Maria Helena Reis de Noronha Ribeiro de Almeida

Orientadora Externa: Maria Isabel Carrasquinho de Freitas

Lisboa
2004

Universidade Técnica de Lisboa



Melhoramento genético do pinheiro bravo
(*Pinus pinaster* Ait.)

Relatório do Trabalho de Fim de Curso de
Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais

João Pedro Reis da Silva

Orientadora: Maria Helena Reis de Noronha Ribeiro de Almeida
Orientadora Externa: Maria Isabel Carrasquinho de Freitas

Lisboa
2004

O Instituto Superior de Agronomia não se responsabiliza
pelas doutrinas expressas neste relatório.

Agradecimentos

Ao *PRODEP III* – Programa de Desenvolvimento Educativo para Portugal, Acção 3.2 - Programa de estágios no Ensino Superior.

Ao *Projecto 447 do Programa AGRO*, Medida 8 - Desenvolvimento Tecnológico e Demonstração, Acção 8.1 – Desenvolvimento Experimental e Demonstração (DE&D). 2º Concurso Público 2003. Desenvolvimento do programa de melhoramento de pinheiro bravo e sua contribuição para a maximização do potencial produtivo desta espécie.

Ao *Pessoa*, à *Graça* e à *Fátima* que constituíram comigo a equipa de campo, sempre dispostos a ajudar em tudo o que fosse necessário.

À *Eng.ª Isabel Carrasquinho* pelas críticas, sugestões, pela disponibilidade e paciência.

À *Prof.ª Helena Almeida*, pelas recomendações e pela compreensão.

Aos bolsеiros da Estação Florestal Nacional que me auxiliaram, na medida do possível, numa das partes mais difíceis deste trabalho, a análise estatística dos dados.

E a todos aqueles que, directa ou indirectamente, contribuíram para a realização deste relatório e principalmente para a realização de todo o curso, nomeadamente:

- Professores, investigadores e diversos oradores;
- Colegas de turma (que foram bastantes ao longo destes anos);
- *AEISA*, Associação dos Estudantes do Instituto Superior de Agronomia;
- *APEF*, Associação Portuguesa de Estudantes Florestais;
- *AgriculTUNA*, Tuna Masculina do Instituto Superior de Agronomia;
- Companheiros de casa e infinitos visitantes;
- Amigos em geral, portugueses ou não;
- Família, por todo o seu apoio, colaboração e incentivo, especialmente a Cidália, o José Manuel e a Ana, embora muitos outros sejam de salientar...

O meu sincero obrigado a tudo e todos que fizeram destes anos, sem qualquer dúvida, os melhores de toda a minha vida!

Para terminar, deixo para reflexão um excerto de uma carta, escrita no longínquo mas actualizado dia 17 de Março de 1912, por Daniel Neiva d'Oliveira Maciel, citado em Neiva (2000), o qual passo a transcrever:

“Saímos ordenados 2 a 2 com instrumentos para a plantação, enxadas, alviões, pás de ferro, serrotes e tesouras (...) Em seguida plantamos as árvores e a tuna sempre tocando; terminado o acto fomos comer uma arroba de figos, pão e vinho...”

Resumo

Pretendeu-se com este trabalho avaliar as 46 árvores "plus" de pinheiro bravo, seleccionadas durante os anos 60, na Mata Nacional de Leiria, com base no comportamento da sua descendência e estimar a heritabilidade, de forma a avançar no programa de melhoramento da *Pinus pinaster* Ait.

De forma a atingir os objectivos propostos foram avaliadas, aos 17 anos de idade, as características altura, diâmetro à altura do peito, volume, forma do fuste e hábitos de ramificação das descendências, em dois tipos de produção diferentes: plantas de "Raiz nua" ou em "Saco".

As estimativas de heritabilidade variaram consideravelmente, entre os dois tipos de produção. Na "Raiz nua", as famílias apresentaram diferenças significativas para todas as variáveis, permitindo obter valores de heritabilidade favoráveis para a selecção dos progenitores. As mesmas famílias, no "Saco", apenas evidenciaram diferenças significativas para a forma do fuste, o que originou baixos valores de heritabilidade para as outras características.

Palavras chave: Melhoramento genético florestal, ensaio de descendências, pinheiro bravo, *Pinus pinaster* Ait., heritabilidade.

E-mail autor: joadelagos@iol.pt

Fotografia capa: Pormenor da Mata Nacional do Escaroupim

Fonte: Original

Abstract

A *Pinus pinaster* Ait. progeny trial involving 46 open pollinated families was established at two locations in Portugal (Leiria and Escaroupim). Height, diameter, volume, stem straightness and branch conformation were assessed at age 17 in Escaroupim.

This study carried out the genetic evaluation of 46 "plus" tree of maritime pine selected in the sixty decade in Mata Nacional de Leiria, according to the offspring's characteristics, and the heritability estimation, whit the aim to proceed the improvement program of *Pinus pinaster* Ait.

Estimates varied considerably between the two types of seedlings utilized, "Bareroot" and "Plug". In "Bareroot" the families exhibit significance difference for all the variables, allowing to get heritability values favorable to the parent selection. The same families, in "Plug", only make clear difference in the stem straightness, who create low values of heritability for the other characteristics.

Key words: Forestry genetic improvement, progeny trial, maritime pine, *Pinus pinaster* Ait., heritability.

E-mail author: joadelagos@iol.pt

Cover photography: Detail of Mata Nacional do Escaroupim

Source: Original

Índice geral

Agradecimentos	I
Resumo	II
Abstract	III
Índice geral	IV
Índice de figuras	V
Índice de tabelas	VI
Índice de anexos	VII
Abreviaturas	VII
1 - Introdução	1
1.1 - Importância do pinheiro bravo em Portugal	1
1.2 - Programa de melhoramento genético do pinheiro bravo	4
1.3 - Objectivos	7
2 - Material e Métodos	8
2.1 - Material utilizado	8
2.1.1 - Origem do material vegetal	8
2.1.2 - Campo experimental	9
2.1.3 - Delineamento experimental	12
2.2 - Metodologias aplicadas	12
2.2.1 - Recolha dos dados	12
2.2.2 - Validação dos dados	14
2.2.3 - Análises estatísticas	15
3 - Resultados e Discussão	18
3.1 - Comparação do comportamento das famílias	18
3.1.1 - Altura	19
3.1.2 - Diâmetro à altura do peito (DAP)	20
3.1.3 - Volume	21
3.1.4 - Forma do fuste	22
3.1.5 - Hábitos de ramificação	24
3.2 - Variabilidade genética	26
4 - Conclusões e perspectivas futuras	28
5 - Referências Bibliográficas	29
Anexos	

Índice de figuras

Figura	Descrição	Página
1.1	Mapa da distribuição natural do pinheiro bravo (<i>Pinus pinaster</i> Aiton)	1
1.2	Mapa da distribuição actual do pinheiro bravo em Portugal continental	3
2.1	Mapa geral da Mata Nacional do Escaroupim	9
2.2	Diagrama ombrotérmico da Estação Meteorológica de Salvaterra de Magos (dados de 1951-1980)	10
2.3	Mapa da disposição do ensaio de descendências maternas de pinheiro bravo instalados no talhão 5 da M. N. Escaroupim	11
2.4	Equação para o cálculo do volume total com casca para o pinheiro bravo, utilizada no IFN de Portugal continental (DGF, 2001)	14
2.5	Procedimentos utilizados no <i>software</i> SAS ® para a validação dos dados para a "Raiz nua"	15
2.6	Modelo linear misto (não equilibrado) aplicado na análise estatística dos dados	15
2.7	Procedimentos utilizados no <i>software</i> SAS ® para o cálculo das médias ajustadas ("LSMeans") e respectivos erros padrão para a variável altura da "Raiz nua".	17
2.8	Procedimentos utilizados no <i>software</i> SAS ® para o cálculo das componentes da variância para a variável altura da "Raiz nua"	17
2.9	Equação para o cálculo da heritabilidade individual, em sentido restrito, para famílias de meios-irmãos, segundo ZOBEL e TALBERT (1984)	17

Índice de tabelas

Tabela	Descrição	Página
1.1	Valores de heritabilidade individual, em sentido restrito, estimados por AGUIAR <i>et al</i> (2003).	6
1.2	Valores de heritabilidade individual, em sentido restrito, estimados por DANJON (1995).	7
3.1	Significância das famílias nos dois tipos de produção para cada variável	18
3.2	Médias ajustadas (<i>LSMeans</i>) por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável altura para cada família para a "Raiz nua"	19
3.3	Médias ajustadas (<i>LSMeans</i>) por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável DAP para cada família para a "Raiz nua"	20
3.4	Médias ajustadas (<i>LSMeans</i>) por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável volume para cada família para a "Raiz nua"	21
3.5	Médias ajustadas (<i>LSMeans</i>) por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável forma do fuste para cada família para a "Raiz nua"	22
3.6	Médias ajustadas (<i>LSMeans</i>) por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável forma do fuste para cada família para o "Saco"	23
3.7	Médias ajustadas (<i>LSMeans</i>) por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável hábitos de ramificação para cada família para a "Raiz nua"	24
3.8	Lista das dez melhores e piores famílias, segundo a variável e o tipo de produção correspondentes	25
3.9	Valores das variâncias e da heritabilidade individual, em sentido restrito, das variáveis para o tipo de produção de raiz nua	27
3.1	Valores das variâncias e da heritabilidade individual, em sentido restrito, das variáveis para o tipo de produção de saco	27

Índice de anexos

Anexo Descrição

- 1 Mapa da disposição das famílias, dos blocos e das árvores vivas e mortas no tipo de produção de raiz nua
- 2 Mapa da disposição das famílias, dos blocos e das árvores vivas e mortas no tipo de produção de sacco
- 3 Ficha modelo do inventário
- 4 Procedimentos utilizados no *software SAS*® para o cálculo do coeficiente de correlação entre o tipo de produção para a variável forma do fuste

Abreviaturas

cm	Centímetros (1cm = 0,01m)
DAP	Diâmetro à altura do peito
DGF	Direcção-Geral das Florestas (Actual Direcção-Geral dos Recursos Florestais)
dm ³	Decímetros cúbicos (1dm ³ =0.001m ³)
EFN	Estação Florestal Nacional
fam	Família
fuste	Forma do fuste (só aquando da utilização do <i>software SAS</i> ®)
h	Altura
ha	Hectares (unidade de área 1ha=10.000m ²)
IFN	Inventário Florestal Nacional
"LSMeans"	"Least Square Means" - Médias ajustadas
m	Metros (unidade de medida de comprimento ou distância)
M. N. Escaroupim	Mata Nacional do Escaroupim
M. N. Leiria	Mata Nacional de Leiria
mm	Milímetros (1mm=0.001m)
pb	pinheiro bravo
"Raiz nua"	Tipo de produção de plantas de raiz nua
ram	Hábitos de ramificação
"Sacco"	Tipo de produção de plantas de sacco
vol	Volume

1 - Introdução

1.1 - Importância do pinheiro bravo em Portugal

A presença do pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Aiton) em Portugal está confirmada através de inúmeros vestígios, nomeadamente carvões, desde há pelo menos 33.000 anos (Figueiral, 1995 citado em OLIVEIRA *et al*, 2000), o que indica claramente que este é autóctone. Esta espécie está à tanto tempo no território português, que as suas populações evoluíram geneticamente, diferenciando-se de populações que ocorrem noutras regiões. ALVES (1982) refere que se admite a existência três ecótipos diferentes relativamente à subespécie *atlantica*, a que mais directamente nos diz respeito, correspondentes às seguintes zonas: Região Francesa das Landes, Região Espanhola Galaico-Astúrica e Região Atlântica de Portugal. Na figura 1.1 encontra-se um mapa que reflecte a área de distribuição natural desta espécie.

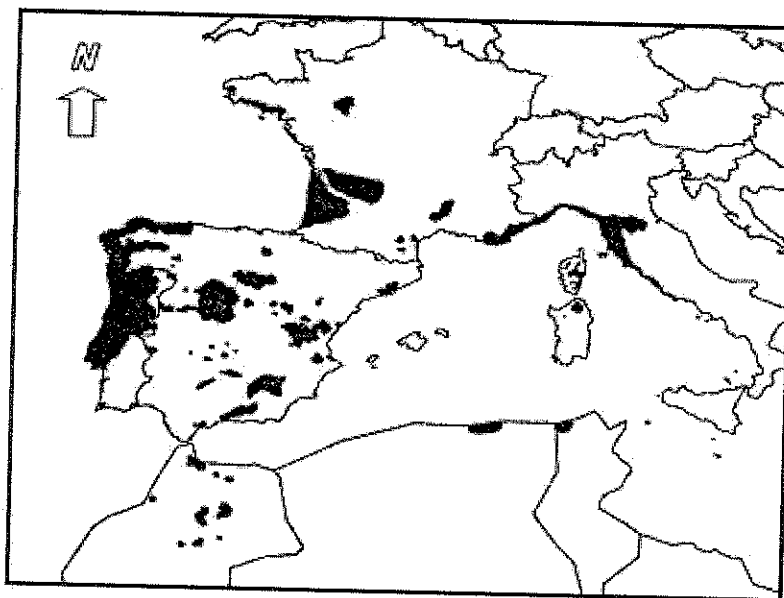


Figura 1.1 - Mapa da distribuição natural do pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Aiton)

Fonte: Baradat e Marpeau (1988) citados por ESTEVES (2002)

O pinheiro bravo é uma espécie pioneira de crescimento relativamente rápido que suporta solos pobres em matéria orgânica e nutrientes, temperatura média anual entre 11-15°C, precipitação média anual entre 550-1200mm e altitude até 900m (SILVICONSULTORES, sem data). Possui fácil regeneração e desramação natural e boa resistência aos défices hídricos estivais na área de influência Atlântica, o que evidencia a excepcional adaptação às condições ecológicas existentes em toda a faixa litoral Oeste de Portugal continental.

A *Pinus pinaster* Ait. é explorada em regime de alto fuste, em revoluções que variam, em média, dos 40 aos 70 anos. MORAIS (2002) através de uma estimativa efectuada em 1998 menciona que as fontes de material lenhoso em Portugal são o pinheiro bravo (51%) e o eucalipto (44%), sendo o restante repartido por diversas espécies com pequenos contributos individuais. O material lenhoso de pinho explorado destina-se principalmente à serração (79%) e à trituração (17%), constituindo o restante madeira para combustível e outros usos.

Os subprodutos não lenhosos mais valorizados do pinheiro bravo são a casca, utilizada como material de pavimentação de jardins, combustível ou depois de compostada, como substrato em viveiros, as pinhas, frequentemente utilizadas em lareiras, e a resina, que embora a sua expressão actual não alcance 20% dos níveis da década de 80 (MORAIS, 2002) possui ainda um peso tradicional na nossa actividade florestal. O potencial tecnológico da resina justifica um esforço na manutenção desta fileira que representa, em conjunto com os outros subprodutos, um factor adicional para a valorização dos povoamentos de pinheiro bravo.

OLIVEIRA *et al* (2000) descreve que dado o elevado interesse económico da *Pinus pinaster* Aiton, esta possui actualmente uma distribuição fortemente influenciada pelas actividades humanas, apresentando as populações actuais portuguesas fraca diferenciação genética entre si, não permitindo distinguir qualquer padrão geográfico-genético, apesar da grande variabilidade genética intra-populacional encontrada através de marcadores nucleares e citoplásmicos por Ribeiro *et al* (2001) citado em ESTEVES (2002). Esta grande variabilidade genética intra-populacional poderá permitir explorar o ganho genético através da selecção dos melhores indivíduos. RADICH e ALVES (2000) relatam que a ampla distribuição desta espécie no nosso território resultou principalmente da política de reflorestação efectuada pelo Estado no século passado, que determinou a sua expansão para o interior e em altitude. As características da espécie aliadas a este incentivo conduziram à sua actual distribuição em Portugal continental (Figura 1.2).

Apesar de, nos últimos anos, o pinheiro bravo ter perdido alguma da sua representatividade em termos de área ocupada em Portugal, verifica-se que é ainda a espécie mais importante, ocupando segundo dados da DGF (2001), 31% da área da floresta existente no território continental português (976 069 ha), sem contabilizar os povoamentos onde está dominado, ou seja, onde existe no povoamento florestal mas representa apenas a segunda maior percentagem de coberto. A presença frequente de incêndios florestais, a selecção negativa efectuada através do abate das melhores árvores e a mistura de semente utilizada na

arborização constituem algumas causas da diminuição da qualidade média dos povoamentos de pinheiro bravo existentes em Portugal.

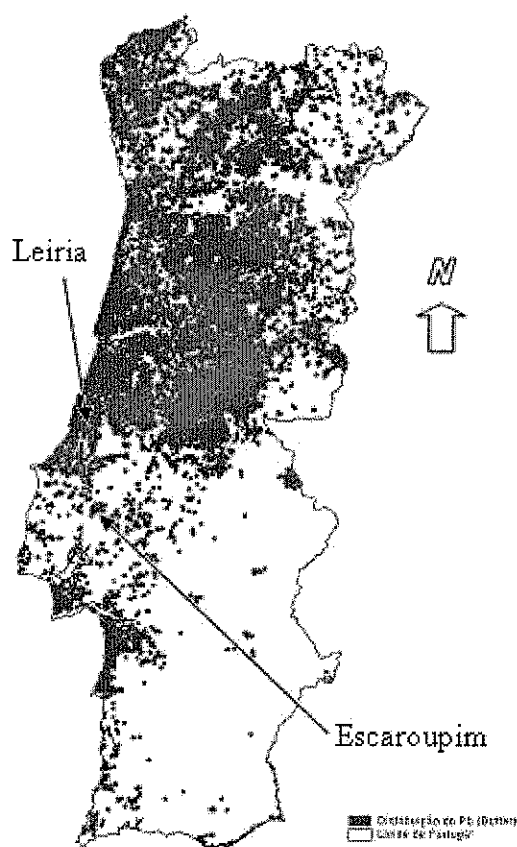


Figura 1.2 - Mapa da distribuição actual da *Pinus pinaster* Ait. em Portugal continental

Fonte: Direcção-Geral das Florestas (DGF - 2001)

ESTEVES (2002) menciona que toros de diâmetros superiores a 35cm destinam-se a desenrolamento ou corte plano, com aplicações em carpintaria e marcenaria, sendo valorizados para este fim fustes de altura superior, bem conformados e com poucos nós, enquanto toros de diâmetro mais reduzido destinam-se a tabuado para vários fins, trituração, lenha, produção de aglomerados e pasta de papel. A disponibilidade de madeira de pinheiro bravo de qualidade superior tem diminuído drasticamente porque a opção dos produtores tem recaído com bastante frequência nas madeiras com menores diâmetros. Em povoamentos puros de pinheiro bravo a percentagem de árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) superior a 37,5cm é de apenas 4% (DGF, 2001), sugerindo que não se tem levado a cabo as práticas culturais conducentes à valorização da floresta de *Pinus pinaster* Ait., chegando Portugal a uma situação em que sendo um país com uma extraordinária aptidão florestal é obrigado a importar matéria-prima de outros países.

1.2 - Programa de melhoramento genético do pinheiro bravo

O programa de melhoramento genético florestal do pinheiro bravo em Portugal remonta à década de 1950, quando Domingos Pereira Machado efectuou os primeiros estudos. O principal objectivo deste programa foi e continua a ser o de contribuir para o aumento do potencial produtivo da *Pinus pinaster* Ait., permitindo no curto/médio prazo a produção de semente seleccionada, e, no longo prazo, maximizar a produção e a qualidade do material lenhoso.

O melhoramento florestal é um processo cíclico que inclui selecções, cruzamentos e avaliações, no qual os ganhos são obtidos pela selecção das melhores árvores na população de melhoramento, para a propagação por via seminal ou vegetativa dos indivíduos superiores.

O arranque deste programa de melhoramento surgiu nos anos 60 quando o técnico australiano D. H. Perry se deslocou a Portugal para efectuar a selecção de algumas árvores. A primeira selecção de árvores "plus" na Mata Nacional de Leiria (M. N. Leiria), organizada pela *Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* em colaboração com a Ex-Estação de Experimentação Florestal da Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, na qual se escolheram 85 indivíduos, realizou-se entre 1963 e 1965. As características de selecção foram: altura, DAP, forma do tronco, fio espiralado, vigor e forma da copa. Os 11 testes de proveniências instalados entre 1964-1974 na Austrália com o fim de testar material oriundo de Leiria, Espanha, Landes, Córsega, Itália e Tunísia revelaram que as populações de Leiria eram as mais vigorosas, exibindo altura e diâmetro superiores, além de evidenciarem boa resistência à secura (ESTEVES, 2002). A avaliação da superioridade genética das árvores "plus" está a decorrer em ensaios de descendências estabelecidos pela Estação Florestal Nacional, em diferentes campos experimentais.

A partir desse arranque iniciaram-se diversas acções, financiadas por projectos nacionais e internacionais, que contribuíram para a instalação de vários pomares seminais, a execução de ensaios de proveniências e de descendências e permitiram ainda aumentar a base genética da população de melhoramento, através da selecção de novas árvores "plus" (AGUIAR, 2003).

Uma das acções deste programa de melhoramento é o estabelecimento de pomares de sementes a partir das árvores "plus", nos quais se pretende assegurar a manutenção do material genético seleccionado, possibilitando a multiplicação dos génotipos e a execução de polinizações controladas em larga escala. Torna-se desta forma exequível utilizar estas famílias seleccionadas para o fornecimento abundante e regular de material reprodutivo de elevada qualidade genética, que será usado no estabelecimento das gerações futuras de pinheiro bravo. Embora também incluída na categoria de seleccionada, a semente proveniente dos pomares não testados tem um valor genético muito superior à proveniente dos povoamentos seleccionados, especialmente se não ocorrer contaminação polínica nos pomares, pois baseia-se numa maior intensidade de selecção (cruzamento entre indivíduos supostamente superiores).

Associados aos pomares de sementes efectua-se ensaios de descendência que têm como objectivos: 1) avaliar os progenitores com base no comportamento da sua descendência permitindo seleccionar os melhores indivíduos nas descendências, 2) estimar as heritabilidades familiar e individual, assim como dos ganhos genéticos e 3) determinar a interacção genótipo-ambiente ao nível das famílias, no caso de estarem estabelecidos em vários locais (ERIKSSON e EKBERG, 2001). Após a seriação genética e selecção dos novos indivíduos (novas árvores-mãe), é possível avançar no programa de melhoramento para a geração seguinte. Pode-se propagar vegetativamente esses novos indivíduos, ou os que lhes deram origem, procedendo à instalação de novos pomares clonais, obtendo desta forma, os pomares de segunda geração ou de geração e meia, respectivamente.

A variabilidade verificada em populações de árvores pode ser atribuída a dois factores fundamentais, ao conjunto de genes das mesmas e à diferente manifestação das características não genéticas, normalmente designadas por efeito ambiental, que engloba a interacção entre genótipo e ambiente. A variabilidade genética pode ser decomposta em variância aditiva e variância não aditiva. Ao propagar os indivíduos seleccionados por polinização livre, apenas os efeitos aditivos são transmissíveis à descendência. A obtenção de ganhos sustentáveis em melhoramento passa pela garantia de níveis adequados de variabilidade genética, requerendo, neste caso, a existência de considerável variância aditiva na população de melhoramento.

A heritabilidade expressa a fracção de variação na população que é atribuída a diferenças genéticas entre indivíduos, ou a proporção em que os progenitores passam as suas características à descendência (ZOBEL e TALBERT, 1984). A heritabilidade em sentido lato aplica-se quando toda a variância aditiva e não aditiva pode ser utilizada, por exemplo

quando se recorre à propagação vegetativa. A heritabilidade em sentido restrito aplica-se apenas quando a variação aditiva pode ser utilizada, como se verifica no caso da polinização livre. A heritabilidade é um parâmetro genético específico de cada carácter, de cada população, do período de tempo e do ambiente em que se desenvolve.

Na tabela 1.1 apresentam-se os valores de heritabilidade estimados por AGUIAR *et al* (2003), neste mesmo ensaio de descendências maternas de pinheiro bravo. Num outro ensaio idêntico instalado na Galiza (Espanha), VEGA-ALONSO *et al* (1997) estimou, aos seis anos de idade, heritabilidades para a altura de 0.14 em Brión e 0.17 em Rois. KREMER (1981) estimou valores de heritabilidade, também para o *Pinus pinaster* Ait. de 0.10 em Saint-Alban (medições efectuadas entre os 7 e os 12 anos), e de 0.20 em Soustons (medições efectuadas entre os 9 aos 12 anos), para a altura.

Tabela 1.1 - Valores de heritabilidade individual, em sentido restrito, estimados por AGUIAR *et al* (2003).

Campo experimental	Variável e unidades	Idade	Média	h^2
Escaroupim "Saco"	h (m)	2	1,40	0,067
		5	5,48	0,053
		12	9,33	0,060
	DAP (cm)	5	7,3	0,049
		12	12,7	0,056
	Volume (dm ³)	12	42,2	0,057
	Fuste (1 a 6)		3,11	0,194
Ramificação (1 a 6)	3,11		0,057	
Leiria "Saco"	h (m)	2	0,45	0,228
		5	1,64	0,170
		12	6,59	0,327
	DAP (cm)	12	9,2	0,180
	Volume (dm ³)		16,9	0,116
	Fuste (1 a 6)		2,82	0,098
	Ramificação (1 a 6)		3,12	0,209

Na tabela 1.2 apresentam-se os valores obtidos por DANJON (1995) num ensaio de descendências maternas de *Pinus pinaster* Ait., obtido através de polinização livre. Os campos experimentais apresentaram valores distintos de heritabilidades devido ao facto de estarem instalados em diferentes condições edafo-climáticas. O campo experimental B situa-se numa charneca semi-húmida, em que o nível do lençol freático durante o Verão é bastante profundo, enquanto que o campo experimental C se situa numa duna antiga, a apenas a 2km do oceano, numa região denominada "Maresin".

Tabela 1.2 - Valores de heritabilidade individual, em sentido restrito, estimados por DANJON (1995).

Campo experimental	Variável e unidades	Idade	Média	h^2
B	h (m)	5	2,9	0,30
		10	7,9	0,52
		15	11,7	0,67
		20	15,1	0,65
		22	16,2	0,66
	DAP (cm)	22	24	0,38
	Vol (dm ³)		300	0,34
C	h (m)	5	1,3	0,09
		10	4,4	0,13
		15	8,6	0,20
		20	12,1	0,16
		27	16,2	0,00
	DAP (cm)		20	0,15
	Vol (dm ³)	27	250	0,00
	Fuste (1 a 20)		13,9	0,45

As heritabilidades e correlações genéticas permitem prever os ganhos genéticos após selecção, calculados como o produto da heritabilidade pelo diferencial de selecção. Este último representa a diferença entre o valor médio da população seleccionada e o valor médio de toda a população, sendo geralmente estimado pelo produto da intensidade de selecção pelo desvio padrão fenotípico (ESTEVES, 2002).

1.3 - Objectivos

O presente trabalho teve como objectivo avaliar as 46 árvores "plus" de *Pinus pinaster* Ait., seleccionadas durante os anos 60, na Mata Nacional de Leiria, através do comportamento das suas descendências, instaladas no campo experimental do Escaroupim. Neste local, as descendências foram estabelecidas em duas condições diferentes, segundo o tipo de produção: plantas de raiz nua e de saco.

Efectuou-se a medição das variáveis altura, DAP, forma do fuste e hábitos de ramificação com a finalidade de realizar a avaliação das 46 famílias, com base no valor médio ajustado das respectivas descendências relativamente às características de crescimento e forma, e estimar as variâncias genéticas para cálculo da heritabilidade individual, no ensaio com 17 anos de idade.

2 - Material e Métodos

2.1 - Material utilizado

2.1.1 - Origem do material vegetal

O material vegetal usado neste estudo corresponde às 46 famílias de pinheiro bravo em teste no ensaio de descendências de meios-irmãos, localizado no campo experimental do Escaroupim, mais 4 testemunhas (semente geral proveniente da M. N. Leiria). O material genético utilizado teve origem nos pomares clonais de sementes instalados na Mata Nacional do Escaroupim (M. N. Escaroupim).

Das 85 árvores “*plus*” seleccionadas na M. N. de Leiria entre 1963 e 1965, 60 foram clonadas dando origem ao primeiro pomar clonal, cuja instalação ocorreu entre 1970 e 1975 no talhão 17 da M. N. Escaroupim. Nos cinco anos seguintes (75 a 80) foi instalado no mesmo talhão o pomar II, ficando aqui representados 49 dos 60 clones do pomar clonal I. Em 1986 e 1987, ao abrigo do projecto PIDDAC nº238 “*Testes de descendência aos clones de pinheiro bravo (Pinus pinaster Ait.) do pomar de sementes*”, foi instalado um ensaio de descendências de meios-irmãos a 46 clones dos representados nos pomares da M. N. Escaroupim mais 4 testemunhas, nos talhões 24 e 152 da M. N. Leiria e 5 da M. N. Escaroupim (AGUIAR, 2003).

Apesar de se ter optado por recolher as sementes num ano de safra (1985), que permitiu tirar proveito de um grande número de pinhas e do maior número possível de combinações génicas, com o conseqüente aumento da variabilidade genética, a que está normalmente associada uma maior capacidade germinativa, nem todos os clones produziram a quantidade mínima exigida de pinhas (neste caso 30), e só aqueles que atingiram este valor estão representados no ensaio de descendências. A este material foram adicionados quatro lotes de semente comercial obtidos na M. N. Leiria com o objectivo de servirem como testemunhas destinadas a avaliar o ganho genético relativamente à selecção massal das árvores “*plus*” (AGUIAR, 1989). A escolha dos métodos utilizados no tratamento das sementes antes, durante e depois da germinação das plantas, procurou que todo o material vegetal fosse sujeito às mesmas condições. Para mais detalhes sobre estes métodos aconselha-se a consulta de AGUIAR (1989).

ESTEVEES (2002) refere que neste local se verifica em média uma precipitação total anual de 594,4mm com uma amplitude de variação anual de 76,8mm (precipitação máxima 80,0mm verificada em Janeiro e mínima de 3,2mm em Julho), sendo a temperatura média anual de 15,4°C com uma amplitude de variação anual de 11,7°C (média das temperaturas máximas 21,2°C e das mínimas 9,5°C), ocorrendo em média 46 dias de geada por ano (dados de 1951-1980 da Estação Meteorológica de Salvaterra de Magos). AGUIAR (1989) menciona ainda que o número médio de dias com temperaturas máximas acima de 25°C é de 108.9 e segundo o esboço das regiões climáticas de Portugal de Daveau (1985) a região onde se inclui o Escaroupim é do tipo continental atenuado. AGUIAR *et al* (1999) indica que o coeficiente de Emberger modificado toma o valor 86,6 indicando que se trata de um clima sub-húmido. Na figura 2.2 apresenta-se o diagrama ombrotérmico da Estação Meteorológica de Salvaterra de Magos, que caracteriza as condições desta zona, evidenciando a ocorrência dum período quente e seco entre os meses de Maio e Setembro.

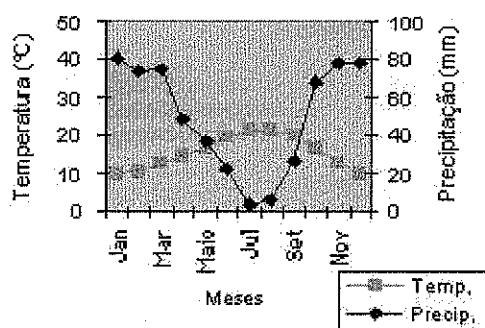


Figura 2.2 - Diagrama ombrotérmico da Estação Meteorológica de Salvaterra de Magos (dados de 1951-1980)

Fonte: Esteves (2002)

Toda a área é plana, abrigada de ventos, geralmente oriundos do quadrante NW e de pouca intensidade. O solo é composto por areias quartzosas (regossolos êutricos) com teor muito baixo de matéria orgânica e pH neutro (5,5), apresenta grande profundidade e não oferece resistência ao desenvolvimento radicular das plantas. A flora espontânea dominante no talhão 5 desta mesma Mata é *Lavandula pendunculata ssp. sampaiana*, *Cistus salvifolius* e *Rumex bucephalophorus* AGUIAR (1989).

AGUIAR (1989) descreve que tendo-se colhido e etiquetado com o respectivo código da árvore-mãe as pinhas resultantes de polinização livre, em Fevereiro de 1985, e semeado em Maio do ano seguinte, nove meses depois (Fevereiro de 87) as plantas foram instaladas em local definitivo, apresentando vigor e ausência de doenças. O local de plantação foi gradado e ripado, não tendo sido aplicado qualquer fertilizante.

O ensaio de descendências maternas foi instalado em três locais diferentes, dois deles na M. N. Leiria e um na M. N. Escaroupim (Figura 2.3), utilizando plantas em saco, tendo no último local também sido utilizado um delineamento para a "Raiz nua". No primeiro e segundo ano após a plantação efectuaram-se as retanchas, com plantas provenientes dos mesmos lotes de semente utilizados anteriormente. AGUIAR (1989) verificou que, no campo experimental do Escaroupim, no primeiro ano, nas plantas de saco, foram retanchadas apenas 34 plantas num total de 3200, que corresponde a uma sobrevivência média de 99%. Para este efeito terá contribuído a ausência de competição com a vegetação espontânea durante este período. A mortalidade no segundo ano de crescimento atingiu números semelhantes, o que é excelente no meio florestal.

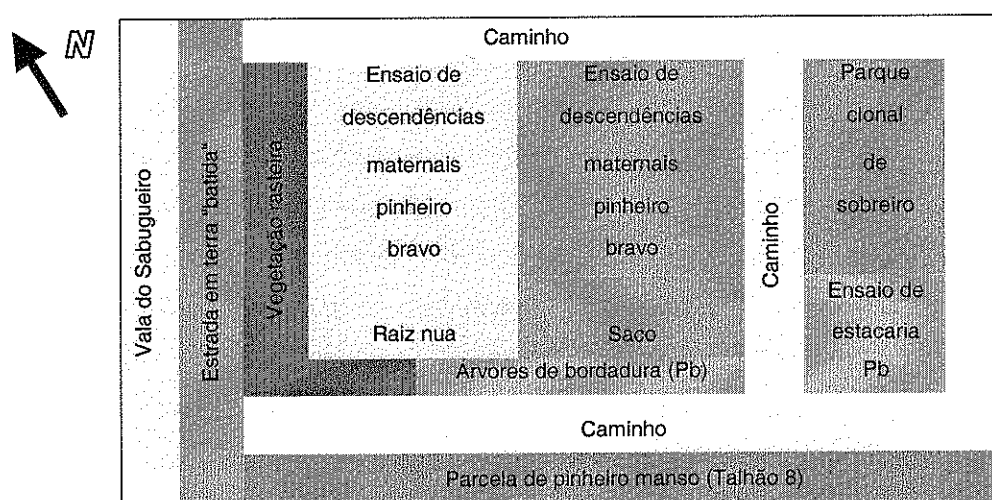


Figura 2.3 - Mapa da disposição do ensaio de descendências maternas de pinheiro bravo instalados no talhão 5 da M. N. Escaroupim.

Nos primeiros anos após a plantação em local definitivo, as árvores foram atacadas por torcedoura (*Rhyacionia buoliana* Schiff.), por resineira (*Rhyacionia resinella* L.) e por processionária (*Thaumetopoea pytiocampa* Schiff.). AGUIAR (1990) refere que se revelou a existência de um padrão espacial de incidência destas pragas mais intenso na orla do campo experimental, não tendo sido encontrados efeitos significativos ligados às famílias de pinheiro bravo para nenhum dos parasitas. A torcedoura alimentou-se dos tecidos meristemáticos (gomos, rebentos e raminhos) das plantas hospedeiras, danificando-as definitivamente, provocando a existência de deformações, que depreciaram consideravelmente a madeira quando a actividade desta praga se localizou no fuste. De igual gravidade foi a acção da resineira. Ao longo dos anos tem-se verificado uma presença constante da processionária, insecto desfolhador que diminui a taxa de crescimento dos pinheiros mas que até ao momento não causou prejuízos significativos, sabendo-se que o seu impacto se torna menor com o aumento de idade das árvores.

Aos 7 anos efectuou-se um desbaste pelo baixo em ambos os tipos de produção, eliminando os indivíduos que apresentavam piores características, entre os quais aqueles que foram retanchados, por apresentarem menor crescimento. Nas plantas de saco esse desbaste foi regular, deixando em pé, normalmente quatro das oito árvores existentes de cada família de clones ou testemunha em cada repetição, regra que não foi aplicada em termos gerais nas plantas de raiz nua, existindo famílias que possuem as oito árvores vivas numa determinada repetição e outras que não possuem nenhuma.

2.1.3 - Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado constou de oito (2x4) blocos casualizados completos (anexos 1 e 2), ou seja, a disposição de cada família ou testemunha dentro de cada bloco foi sorteada aleatoriamente. No total foram utilizadas 46 famílias e 4 testemunhas. Cada família e cada testemunha está representada uma única vez por bloco, através de oito árvores que constituem a unidade experimental, cujo arranjo consistiu numa pequena parcela de 2x4 árvores, 2 colunas e 4 linhas respectivamente, dado que todas as árvores foram devidamente localizadas através dum código linha/coluna de forma a possibilitar posteriores avaliações dos mesmos indivíduos e respectivas comparações. O número de árvores, por família e por testemunha, estabelecidos em cada tipo de produção foi de 64, totalizando 6400 árvores plantadas nos dois tipos, entre as quais 5888 descendências. O compasso de instalação foi de 2x2m, ocupando cada um dos tipos de produção cerca de 2 ha.

2.2 - Metodologias aplicadas

2.2.1 - Recolha dos dados

Efectuaram-se algumas deslocações ao local com vista ao estabelecimento do protocolo de campo mais adequado para o trabalho em questão, executando-se previamente a ficha modelo do inventário (anexo 3). Em Fevereiro e Março de 2004, 17 anos após a instalação do ensaio, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura total, DAP, forma do fuste e hábitos de ramificação. A avaliação incidiu sobre todas as árvores existentes no ensaio de descendências maternas de pinheiro bravo, instalado no campo experimental do Escaroupim, quer na área correspondente à produção de saco quer na de raiz nua.

A razão porque se optou por medir estas variáveis foi por as considerar mais relevantes para a caracterização da principal matéria-prima do pinheiro bravo, o lenho, cujo destino industrial mais importante são as serrações que valorizam fustes rectos de grande volume, sem a presença de muitos nós, resultantes da inserção dos ramos no fuste. De facto, confirma-se que a produção (aferida pelo volume, que foi calculado indirectamente por regressão através da altura e do DAP) é a variável de maior peso económico num programa de melhoramento, embora as características do tronco e da copa também o sejam.

A altura total foi medida através de um hipsómetro electrónico, Vertex Forester, aparelho que estima as alturas das árvores com base no princípio trigonométrico de resolução de triângulos rectângulos. O valor final resultou da média aritmética das três medições possíveis com este aparelho, cujo rigor é de 0,1 m.

O DAP foi medido com o auxílio de uma suta metálica, com um rigor de 0,5 cm. Nos casos em que a inserção dos ramos no fuste se localizava a esta altura efectuaram-se duas medições a igual distância desse nível, uma acima e uma abaixo dessa inserção, cujo valor médio era então anotado.

A forma do fuste e os hábitos de ramificação de cada árvore foram avaliados segundo uma escala de 1 a 6, sendo 1 o valor mais penalizante e 6 o mais valorizado. COTTERILL e DEAN (1990) mencionam que esta é a escala mais aconselhável para estudos deste género, de forma a não reduzir a variabilidade da característica. A não existência dum ponto médio obriga à decisão de pontuar a árvore abaixo ou acima da média do povoamento, sendo apenas adequada uma comparação entre indivíduos pertencentes ao mesmo povoamento. O recurso a esta escala tem sido frequente ao longo dos diversos ensaios realizados no programa de melhoramento genético da *Pinus pinaster* Ait. em Portugal. Para a atribuição dos valores às características qualitativas, procurou-se um consenso entre os elementos da equipa de campo, tendo sido verificado que houve concordância nos valores atribuídos quando foram repetidas algumas avaliações.

Na avaliação da forma do fuste tomou-se em consideração a existência de curvaturas, de bifurcações ou ataques de torcedoura no eixo principal, caso estes ocorressem a uma altura inferior a 6m, por se considerar que esta é a parte do tronco mais importante para as indústrias de serração. A ocorrência destes factos contribui para uma pior conformação, dependendo da severidade com que se verificaram.

Nos hábitos de ramificação foram valorizados ramos com ângulos de inserção no tronco o mais próximo possível de 90°, dado que assim a ocorrência de nós no mesmo é menos evidente, permitindo que a madeira possua melhores características de resistência, de tracção e de aspecto. Foram também consideradas a dimensão dos ramos assim como a capacidade de desramação natural das árvores. Ramos de menores dimensões e maior capacidade de desramação natural contribuíram para uma melhor avaliação.

Uma vez que o rigor das observações efectuadas determina em parte a precisão dos resultados da análise estatística, procurou-se minimizar o erro experimental das observações, divulgando verbalmente todas as medições entre a equipa de campo. Em caso de dúvida sobre os atributos avaliados, toda a equipa contribuía para determinar o valor da variável em questão.

O volume foi determinado através da equação utilizada no último Inventário Florestal Nacional de Portugal continental para a cubagem de árvores de pinheiro bravo (equação 1 - Figura 2.4). Trata-se de uma equação geral, em que o volume é estimado a partir dos valores da altura total e do DAP.

$\text{Vol} = 3,68984 + 0,115293 \cdot (\text{DAP})^2 + 0,028677 \cdot h \cdot (\text{DAP})^2$ <p>em que Vol = volume (dm³) h = altura (m) DAP = diâmetro à altura do peito, medido com casca (cm)</p>	equação 1
---	-----------

Figura 2.4 - Equação para o cálculo do volume total com casca para o pinheiro bravo, utilizada no Inventário Florestal Nacional de Portugal continental (DGF, 2001).

2.2.2 - Validação dos dados

Os dados foram validados através da observação dos valores médios e extremos de todas as variáveis analisadas, de tabelas de frequência e também através de testes de normalidade, para que os pressupostos dos modelos utilizados fossem satisfeitos, usando para tal o software *The SAS System for Windows V8® (Release 8.2)*, SAS Institute Inc., 1999, (Figura 2.5). Os valores médios, máximos e mínimos das variáveis foram posteriormente verificados no software *Microsoft Excel®*. Para o “Saco” os procedimentos foram os mesmos.

```

options nonumber linesize=75 pagesize=500;

data raiz_todos;
infile 'C:\JPedro\raiztodos.prn';
input bloco fam cod h dap vol ram fuste;

proc print;

proc freq; tables bloco fam/nopercent;

proc freq; tables fam/nopercent; by bloco;

data; set; if h=. then delete;

proc freq; tables bloco fam/nopercent;

proc freq; tables fam/nopercent; by bloco;

proc univariate plot normal; var h dap vol ram fuste;

run;

```

Figura 2.5 - Procedimentos utilizados no software SAS ® para a validação dos dados para a "Raiz nua".

2.2.3 - Análises estatísticas

A análise estatística dos dados foi realizada aplicando um modelo linear misto, não equilibrado (Equação 2 - Figura 2.6).

$$y = X\beta + Z\gamma + \varepsilon \quad \text{equação 2}$$

em que

- y = vector das observações
- X = matriz de incidência dos efeitos fixos
- β = vector dos parâmetros dos efeitos fixos
- Z = matriz de incidência dos efeitos aleatórios
- γ = vector dos parâmetros dos efeitos aleatórios
- ε = vector dos erros aleatórios

Admite-se que os factores aleatórios γ e ε têm distribuição normal, com:

$$E(\gamma) = 0, \quad E(\varepsilon) = 0, \quad \text{Var}(\gamma) = G, \quad \text{Var}(\varepsilon) = R \quad \text{e} \quad \text{Cov}(\varepsilon, \gamma) = 0$$

em que

- R = matriz que representa a variabilidade residual
- $G = A\delta_a^2$
- A = matriz de parentescos entre os indivíduos
- δ_a^2 = variância genética aditiva

Figura 2.6 - Modelo linear misto (não equilibrado) aplicado na análise estatística dos dados.

O modelo utilizado pressupõe uma distribuição multivariada normal das variáveis analisadas, sendo que, o número total de observações, para cada uma das variáveis (altura, DAP, volume, forma do fuste e hábitos de ramificação) foi bastante elevado (1528 na "Raiz nua" e 1487 no "Saco"), admitiu-se a normalidade das distribuições.

O cálculo das médias ajustadas ("*Least Square Means*") e das componentes da variância para as variáveis estudadas foi efectuado através do método de máxima verosimilhança restrita ("*restricted maximum likelihood*", "*residual maximum likelihood*" ou REML), ambos usando o procedimento "*Proc Mixed*" do software SAS®, que efectua estas operações recorrendo ao algoritmo de Newton-Raphson. O método de máxima verosimilhança parte duma distribuição pressuposta das observações (neste caso a função normal) e constrói uma função de verosimilhança, que é função dos parâmetros do modelo. Os estimadores de máxima verosimilhança são os valores dos parâmetros que maximizam o valor da função de verosimilhança no espaço dos parâmetros. Este foi o método de análise mais adequado estatisticamente para o estudo deste tipo de dados, uma vez que os indivíduos de cada família se encontravam relacionados entre si (árvore-mãe comum) e o número de indivíduos por família era variável, ou seja, os dados não eram equilibrados.

As médias ajustadas ("*LSMeans*") das variáveis e respectivos erros padrão por família, foram estimadas considerando os blocos e a interacção entre os blocos e as famílias como factores de efeitos aleatórios, enquanto as famílias foram consideradas como factores de efeitos fixos. A figura 2.7 exemplifica os procedimentos utilizados no software SAS® para o cálculo das médias ajustadas e respectivos erros padrão para a variável altura da "Raiz nua". Quando as famílias de ambos os tipos de produção se apresentaram significativas para a mesma variável, foi calculado o coeficiente de correlação entre os tipos de produção para essa variável (Anexo 4).

As componentes da variância foram calculadas considerando as famílias e a interacção entre os blocos e as famílias como factores de efeitos aleatórios, enquanto os blocos foram considerados como um factor de efeitos fixos. Neste caso apenas foram utilizados os dados das famílias, dado que não se pretendiam efectuar análises sobre as testemunhas. A figura 2.8 exemplifica os procedimentos utilizados no software SAS® para o cálculo das componentes da variância para a variável altura da "Raiz nua".

A heritabilidade individual, em sentido restrito, para famílias de meios-irmãos foi calculada, através da equação 3 - Figura 2.9 (ZOBEL e TALBERT, 1984).

```

options nonumber linesize=75 pagesize=500;

data raiz_todos;
infile 'C:\JPedro\raiztodos.prn';
input bloco fam cod h dap vol ram fuste;

proc sort; by fam bloco;

proc mixed method=reml covtest;
class bloco fam;
model h=fam / ddfm=satterth;
random bloco bloco*fam;
lsmeans fam / diff;

run;

```

Figura 2.7 - Procedimentos utilizados no software SAS® para o cálculo das médias ajustadas ("LSMeans") e respectivos erros padrão para a variável altura da "Raiz nua".

```

options nonumber linesize=75 pagesize=500;

data raiz_fam;
infile 'C:\JPedro\raizfam.prn';
input bloco fam cod h dap vol ram fuste;

proc sort; by fam bloco;

proc mixed method=reml covtest;
class bloco fam;
model h=bloco / ddfm=satterth;
random fam bloco*fam;

run;

```

Figura 2.8 - Procedimentos utilizados no software SAS® para o cálculo das componentes da variância para a variável altura da "Raiz nua".

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2} = \frac{4\sigma_f^2}{\sigma_e^2 + \sigma_{fb}^2 + \sigma_f^2} \quad \text{equação 3}$$

em que h^2 = heritabilidade individual em sentido restrito

σ_a^2 = variância genética aditiva

σ_p^2 = variância fenotípica

σ_f^2 = variância das famílias

σ_{fb}^2 = variância da interação entre as famílias e os blocos

σ_e^2 = variância do erro experimental (representa toda a variação não explicada pelas famílias e pela interação entre as famílias e os blocos)

Figura 2.9 - Equação para o cálculo da heritabilidade individual, em sentido restrito, para famílias de meios-irmãos, segundo ZOBEL e TALBERT (1984).

3 - Resultados e Discussão

3.1 - Comparação do comportamento das famílias

A tabela 3.1 apresenta os resultados da análise de variância das famílias para as diferentes variáveis em estudo (altura, DAP, volume, forma do fuste e hábitos de ramificação) na "Raiz nua" e no "Saco". Para a "Raiz nua", as famílias revelaram diferenças significativas em todas as variáveis, enquanto que no "Saco", as famílias apenas apresentaram diferenças significativas na variável forma do fuste.

Tabela 3.1 – Significância das famílias nos dois tipos de produção para cada variável. Uma "prob. > F" menor que o nível de significância considerado (0.05), indica que existem diferenças significativas entre as famílias.

Tipo de produção	Variável	Graus de liberdade	Estatística F	Probabilidade > F
Raiz nua	Altura	49	1.94	0.0004
	DAP	49	1.69	0.0046
	Volume	49	1.66	0.0066
	Fuste	49	1.74	0.0029
	Ramificação	49	1.47	0.0275
Saco	Altura	49	1.11	0.2934
	DAP	49	1.30	0.0948
	Volume	49	1.23	0.1495
	Fuste	49	2.07	0.0001
	Ramificação	49	1.16	0.2243

As tabelas seguintes dizem respeito às médias ajustadas ("LSMeans") e respectivos erros padrão das variáveis para cada família, quando o efeito desta se revelou significativo.

3.1.1 - Altura

Tabela 3.2 - Médias ajustadas ("LSMeans") por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável altura para cada família para a "Raiz nua". As famílias representadas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a um nível de significância de 0.05.

Tipo de produção de raiz nua			
Família	Altura (m)	Erro padrão	Semelhanças
82	13.7	0.38	a
46	13.6	0.37	ab
19	13.6	0.38	abc
25	13.5	0.39	abcd
15	13.4	0.38	abcde
53	13.4	0.39	abcde
8	13.3	0.37	abcdef
T1	13.2	0.38	abcdefg
30	13.2	0.39	abcdefg
31	13.2	0.40	abcdefgh
49	13.1	0.38	abcdefghi
10	13.0	0.38	abcdefghij
80	13.0	0.39	abcdefghijk
59	13.0	0.39	abcdefghijk
9	12.9	0.39	abcdefghijkl
68	12.9	0.40	abcdefghijkl
48	12.8	0.38	abcdefghijkl
51	12.7	0.37	abcdefghijklm
39	12.7	0.41	bcdefghijklm
54	12.7	0.38	bcdefghijklm
14	12.7	0.38	bcdefghijklm
61	12.7	0.38	bcdefghijklm
12	12.7	0.37	cdefghijklm
13	12.6	0.39	defghijklm
34	12.6	0.37	defghijklm
11	12.6	0.39	defghijklm
32	12.6	0.38	defghijklm
81	12.5	0.39	defghijklm
T4	12.5	0.39	efghijklm
76	12.5	0.39	efghijklm
29	12.5	0.36	efghijklm
T3	12.4	0.42	efghijklm
5	12.4	0.40	fghijklm
16	12.4	0.37	ghijklm
45	12.3	0.38	ghijklm
17	12.3	0.39	ghijklm
23	12.3	0.38	ghijklm
56	12.3	0.40	ghijklm
24	12.3	0.40	ghijklm
T2	12.3	0.39	hijklm
79	12.3	0.37	hijklm
50	12.2	0.37	ijklm
41	12.2	0.40	ijklm
20	12.2	0.38	ijklm
78	12.1	0.37	klm
18	12.1	0.37	klm
22	12.1	0.38	klm
73	12.0	0.38	lm
58	12.0	0.39	lm
7	11.8	0.43	m

A amplitude de variação da altura na "Raiz nua" foi de 1.9m. A família 82 (F82) foi a que atingiu um valor mais elevado com 13.7m de altura, sendo 16,1% mais alta que a F7, a que apresentou o crescimento mais baixo (11.8m). Do conjunto global sobressai o excelente comportamento da testemunha T1. Entre as melhores 17 famílias e T1 não se encontraram diferenças significativas, a um nível de significância de 0.05. A F51 não apresenta diferenças significativas entre qualquer uma das outras famílias. Entre as 30 piores famílias e as restantes testemunhas não se encontraram diferenças significativas.

3.1.2 - Diâmetro à altura do peito (DAP)

Tabela 3.3 - Médias ajustadas ("LSMeans") por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável DAP para cada família para a "Raiz nua". As famílias representadas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a um nível de significância de 0.05.

Tipo de produção de raiz nua			
Família	DAP (cm)	Erro padrão	Semelhanças
82	18.3	0.89	a
30	17.9	0.93	ab
19	17.2	0.91	abc
25	16.9	0.94	abcd
46	16.9	0.87	abcd
68	16.9	0.96	abcd
5	16.7	0.95	abcde
9	16.7	0.95	abcde
8	16.6	0.87	abcde
T1	16.6	0.90	abcde
10	16.6	0.91	abcde
31	16.5	0.98	abcdef
15	16.4	0.92	abcdef
53	16.3	0.92	abcdefg
61	15.9	0.91	abcdefgh
59	15.9	0.93	abcdefgh
11	15.9	0.93	abcdefgh
76	15.9	0.92	abcdefgh
80	15.8	0.93	bcdefgh
49	15.8	0.89	bcdefgh
12	15.7	0.86	bcdefgh
39	15.5	0.98	bcdefgh
54	15.3	0.89	cdefgh
48	15.3	0.90	cdefgh
14	15.3	0.90	cdefgh
78	15.3	0.87	cdefgh
45	15.3	0.89	cdefgh
32	15.2	0.90	cdefgh
34	14.9	0.86	cdefgh
81	14.8	0.93	cdefgh
17	14.8	0.95	cdefgh
T3	14.8	1.01	cdefgh
13	14.7	0.92	defgh
79	14.7	0.88	defgh
T4	14.6	0.93	defgh
29	14.6	0.84	defgh
73	14.5	0.92	defgh
16	14.4	0.88	efgh
22	14.4	0.91	efgh
23	14.3	0.89	efgh
41	14.3	0.97	efgh
18	14.2	0.88	fgh
51	14.1	0.87	fgh
56	14.1	0.95	fgh
T2	14.1	0.92	fgh
24	14.0	0.97	fgh
7	14.0	1.06	fgh
58	14.0	0.94	fgh
20	14.0	0.91	gh
50	13.8	0.88	h

A amplitude de variação do DAP na "Raiz nua" foi de 4.5cm. A F82 foi a que atingiu um valor mais elevado com 18.3cm de DAP, sendo 32,6% superior à F50, a que apresentou o crescimento mais baixo (13.8cm). Do conjunto global, continua a sobressair o excelente comportamento da T1. Entre as melhores 17 famílias e T1 não se encontraram diferenças significativas, a um nível de significância de 0.05. Entre as piores 33 famílias e as restantes testemunhas não se encontraram diferenças significativas.

3.1.3 - Volume

Tabela 3.4 - Médias ajustadas ("LSMeans") por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável volume para cada família para a "Raiz nua". As famílias representadas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a um nível de significância de 0.05.

Tipo de produção de raiz nua			
Família	Vol (dm ³)	Erro padrão	Semelhanças
82	202.6	19.10	a
30	185.9	19.81	ab
19	172.3	19.42	abc
46	162.3	18.80	abcd
5	161.5	20.21	abcde
8	161.4	18.74	abcde
25	161.2	19.93	abcde
10	155.8	19.35	abcdef
T1	155.1	19.29	abcdefg
68	152.2	20.33	abcdefgh
15	150.2	19.52	bcdefgh
9	148.2	20.10	bcdefgh
31	146.2	20.69	bcdefgh
59	143.3	19.71	bcdefgh
53	141.6	19.67	bcdefgh
80	139.2	19.75	bcdefgh
61	138.4	19.50	bcdefgh
12	135.5	18.53	cdefgh
49	134.7	19.09	cdefgh
54	134.6	19.03	cdefgh
76	132.2	19.71	cdefgh
11	131.8	19.82	cdefgh
39	130.7	20.75	cdefgh
T3	124.5	21.28	cdefgh
48	123.8	19.20	cdefgh
14	123.6	19.29	cdefgh
34	123.5	18.57	cdefgh
32	121.1	19.15	defgh
45	121.0	19.09	defgh
78	120.9	18.67	defgh
81	118.3	19.77	defgh
16	115.8	18.98	defgh
T4	115.3	19.75	defgh
13	113.2	19.65	defgh
20	113.1	19.40	defgh
29	112.6	18.11	efgh
79	112.5	18.84	efgh
17	112.1	20.10	efgh
41	111.4	20.63	efgh
23	109.1	19.07	fgh
22	108.6	19.50	fgh
50	107.2	18.85	fgh
56	106.9	20.20	fgh
73	106.4	19.55	fgh
51	106.2	18.77	gh
7	104.4	22.29	gh
18	104.2	18.84	h
24	103.3	20.50	h
58	103.2	19.91	h
T2	102.9	19.62	h

A amplitude de variação do volume na "Raiz nua" foi de 99.7dm³. A F82 foi a que atingiu um valor mais elevado com 202.6dm³, sendo 96,9% superior à F58, a que possui o volume mais baixo (103.2dm³). As famílias 19, 30, 46 e 82 estão entre as melhores em altura e DAP, por isso é normal que apareçam nos primeiros lugares. As famílias 5 e 68 possuem DAPs elevados, embora alturas médias, mas como a equação utilizada para o cálculo do volume (equação 1 - Figura 2.4) baseia-se principalmente nos valores do DAP, não é de estranhar que apareçam entre as melhores famílias na variável volume, ainda que associadas a erros padrão mais elevados. Entre as melhores 9 famílias e T1 não se encontraram diferenças significativas, a um nível de significância de 0.05. Entre as 38 piores famílias e as restantes testemunhas não se encontraram diferenças significativas.

3.1.4 - Forma do fuste

Tabela 3.5 - Médias ajustadas ("LSMeans") por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável forma do fuste para cada família para a "Raiz nua". As famílias representadas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a um nível de significância de 0.05.

Tipo de produção de raiz nua			
Família	Fuste (1 a 6)	Erro padrão	Semelhanças
24	4.4	0.27	a
61	4.3	0.25	ab
34	4.3	0.24	ab
15	4.2	0.25	abc
17	4.2	0.26	abc
8	4.2	0.24	abc
78	4.2	0.24	abc
19	4.2	0.25	abc
29	4.1	0.23	abc
76	4.1	0.26	abcd
54	4.1	0.25	abcd
50	4.1	0.24	abcd
10	4.1	0.25	abcd
12	4.1	0.24	abcd
23	4.1	0.25	abcd
46	4.1	0.24	abcd
32	4.0	0.25	abcde
51	4.0	0.24	abcde
80	3.9	0.26	abcde
48	3.9	0.25	abcde
16	3.9	0.24	abcde
82	3.9	0.25	abcde
18	3.9	0.24	abcde
13	3.8	0.26	abcdef
49	3.8	0.25	abcdef
30	3.7	0.26	abcdefg
31	3.7	0.27	abcdefg
58	3.7	0.26	abcdefg
20	3.7	0.25	abcdefg
73	3.7	0.25	abcdefg
59	3.7	0.26	abcdefg
25	3.7	0.26	bcdefg
81	3.7	0.26	bcdefg
41	3.7	0.27	bcdefg
56	3.7	0.26	bcdefg
39	3.7	0.27	bcdefg
14	3.6	0.25	bcdefg
T1	3.6	0.25	bcdefg
7	3.6	0.29	bcdefg
11	3.5	0.26	cdefg
5	3.5	0.26	cdefg
T4	3.5	0.26	defg
T2	3.5	0.25	defg
T3	3.4	0.28	defg
79	3.4	0.24	efg
53	3.4	0.26	efg
45	3.4	0.25	efg
9	3.2	0.26	fg
22	3.1	0.25	fg
68	3.1	0.27	g

A amplitude de variação da forma do fuste na "Raiz nua" foi de 1.3 unidades. A F24 foi a que atingiu um valor mais elevado com 4.4 unidades, sendo 41,9% superior à F68, a que possui o valor mais baixo (3.1 unidades). Entre as melhores 31 famílias não se encontraram diferenças significativas, a um nível de significância de 0.05. Entre as piores 21 famílias e as 4 testemunhas não se encontraram diferenças significativas.

Tabela 3.6 - Médias ajustadas ("LSMeans") por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável forma do fuste para cada família para o "Saco". As famílias representadas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a um nível de significância de 0.05.

Tipo de produção de saco			
Família	Fuste (1 a 6)	Erro padrão	Semelhanças
12	3.8	0.23	a
50	3.6	0.23	ab
10	3.6	0.23	ab
24	3.6	0.24	ab
59	3.5	0.24	abc
19	3.5	0.24	abc
18	3.4	0.23	abcd
8	3.4	0.24	abcde
34	3.3	0.23	abcde
15	3.3	0.24	abcde
45	3.3	0.23	abcde
76	3.3	0.24	abcde
73	3.3	0.24	abcde
79	3.3	0.24	abcde
5	3.3	0.24	abcde
49	3.3	0.24	abcde
16	3.3	0.24	abcde
51	3.3	0.23	abcde
46	3.3	0.24	abcde
58	3.2	0.24	bcdef
41	3.2	0.24	bcdef
78	3.2	0.24	bcdef
25	3.2	0.23	bcdef
31	3.2	0.23	bcdef
53	3.1	0.24	bcdef
61	3.1	0.24	bcdef
82	3.1	0.23	bcdef
29	3.1	0.24	bcdef
11	3.1	0.24	bcdefg
81	3.1	0.24	bcdefg
22	3.0	0.23	bcdefgh
39	3.0	0.24	bcdefgh
17	2.9	0.24	cdefghi
20	2.9	0.24	cdefghi
80	2.9	0.24	cdefghi
T3	2.9	0.24	cdefghi
68	2.9	0.24	cdefghi
54	2.9	0.23	defghi
T1	2.9	0.24	defghi
48	2.8	0.24	defghi
14	2.8	0.24	defghi
13	2.8	0.24	defghi
9	2.8	0.24	defghi
23	2.8	0.24	efghi
56	2.8	0.24	efghi
32	2.8	0.24	efghi
7	2.6	0.23	fghi
T4	2.5	0.23	ghi
T2	2.4	0.25	hi
30	2.4	0.23	i

A amplitude de variação da forma do fuste no "Saco" foi de 1.4 unidades. A F12 foi a que atingiu um valor mais elevado com 3.8 unidades, sendo 58,3% superior à F30, a que possui o valor mais baixo (2.4 unidades). Entre as melhores 19 famílias não se encontraram diferenças significativas, a um nível de significância de 0.05. Entre as piores 14 famílias e as 4 testemunhas não se encontraram diferenças significativas.

O coeficiente de correlação encontrado entre os valores obtidos para a "Raiz nua" e para o "Saco", foi de 0.41 e apresentou-se significativo ($p \leq 0.0031$). O efeito das famílias nesta variável é, desta forma, responsável por 41% da sua variação.

3.1.5 - Hábitos de ramificação

Tabela 3.7 - Médias ajustadas ("LSMeans") por ordem decrescente e respectivos erros padrão da variável hábitos de ramificação para cada família para a "Raiz nua". As famílias representadas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a um nível de significância de 0.05.

Tipo de produção de raiz nua			
Família	Ramif. (1 a 6)	Erro padrão	Semelhanças
22	4.3	0.18	a
16	4.2	0.17	ab
17	4.0	0.19	abc
48	4.0	0.18	abc
68	4.0	0.19	abc
12	4.0	0.17	abc
13	4.0	0.18	abcd
7	3.9	0.21	abcde
49	3.9	0.18	abcde
20	3.9	0.18	abcde
59	3.9	0.18	abcde
78	3.9	0.17	abcde
82	3.8	0.18	abcde
31	3.8	0.19	abcde
19	3.8	0.18	abcde
58	3.8	0.18	abcde
10	3.8	0.18	abcde
8	3.8	0.17	abcde
T2	3.8	0.18	abcde
11	3.8	0.18	abcdef
25	3.8	0.18	abcdef
9	3.7	0.19	bcdef
76	3.7	0.18	bcdef
T1	3.7	0.18	bcdef
15	3.7	0.18	bcdef
41	3.7	0.19	bcdef
80	3.7	0.18	bcdef
29	3.7	0.16	bcdef
79	3.7	0.17	cdef
T3	3.7	0.20	cdef
T4	3.7	0.18	cdef
54	3.7	0.17	cdef
14	3.6	0.18	cdef
18	3.6	0.17	cdef
81	3.6	0.18	cdef
30	3.6	0.18	cdef
24	3.5	0.19	cdef
53	3.5	0.18	cdef
32	3.5	0.18	cdef
50	3.5	0.17	def
51	3.5	0.17	ef
5	3.5	0.19	ef
34	3.5	0.17	ef
45	3.4	0.18	ef
61	3.4	0.18	ef
23	3.4	0.18	ef
73	3.4	0.18	ef
46	3.4	0.17	ef
56	3.4	0.19	ef
39	3.3	0.19	f

A amplitude de variação dos hábitos de ramificação na "Raiz nua" foi de 1.0 unidades. A F22 foi a que atingiu um valor mais elevado com 4.3 unidades, sendo 30,3% superior à F68, a que possui o valor mais baixo (3.3 unidades). Entre as melhores 20 famílias e T2 não se encontraram diferenças significativas, a um nível de significância de 0.05. Entre as piores 28 famílias e as 3 testemunhas restantes não se encontraram diferenças significativas.

A tabela 3.8 fornece uma informação geral do comportamento das melhores e piores famílias, segundo as variáveis estudadas, evidenciando algumas relações positivas e negativas entre as variáveis para algumas famílias. A F5 situa-se entre as melhores, para as variáveis DAP e volume, e entre as piores, para os hábitos de ramificação e forma do fuste. A F7 situa-se sempre entre as piores, excepto para os hábitos de ramificação, onde é uma das melhores. A F8 e F19 apenas nos hábitos de ramificação não se encontram entre as melhores, demonstrando ser das melhores famílias neste estudo, possuindo um conjunto global de características de boa qualidade.

Tabela 3.8 - Lista das dez melhores e piores famílias, segundo a variável e o tipo de produção correspondentes. A lista encontra-se ordenada de forma sequencial, não reflectindo os valores das médias ajustadas ("LSMeans") anteriormente calculadas.

Tipo de produção	Variável	10 melhores famílias	10 piores famílias
Raiz nua	Altura	8, 15, 19, 25, 30, 31, 46, 49, 53, 82	7, 18, 20, 22, 41, 50, 58, 73, 78, 79
	DAP	5, 8, 9, 10, 19, 25, 30, 46, 68, 82	7, 18, 20, 23, 24, 41, 50, 51, 56, 58
	Volume	5, 8, 10, 15, 19, 25, 30, 46, 68, 82	7, 18, 22, 23, 24, 50, 51, 56, 58, 73
	Ramificação	7, 12, 13, 16, 17, 20, 22, 48, 49, 68	5, 23, 34, 39, 45, 46, 51, 56, 61, 73
	Fuste	8, 15, 17, 19, 24, 29, 34, 61, 76, 78	5, 7, 9, 11, 14, 22, 45, 53, 68, 79
Saco	Fuste	8, 10, 12, 15, 18, 19, 24, 34, 50, 59	7, 9, 13, 14, 23, 30, 32, 48, 54, 56

Este tipo de relação, entre as variáveis de uma mesma família, são de extrema importância num programa de melhoramento, dado que ao efectuar a selecção em função de uma determinada característica, podemos estar a seleccionar negativamente para outra. Caso a selecção apenas incidisse nas características de crescimento (altura, DAP e volume) e a F5 fosse uma das famílias preferidas, então estaríamos a seleccionar negativamente para as características de forma (fuste e ramificação).

Os quatro lotes de semente comercial obtidos na M. N. Leiria, que serviram de testemunhas destinadas a avaliar o ganho genético relativamente à selecção massal das árvores "plus", evidenciaram um bom desenvolvimento, por vezes até superior ao de algumas famílias, especialmente em altura, DAP e volume, resultado da notável selecção de árvores que ocorreu ao longo dos anos nesta Mata, que tem sido sujeita a planos de ordenamento específicos, baseados em estudos dendrométricos, estando nela representados importantes e valiosos exemplares de pinheiro bravo.

A densidade de instalação inicial do ensaio (2x2m) foi demasiado elevada, tomando em consideração os valores normalmente referidos nos modelos de silvicultura para esta espécie, tais como os estabelecidos em SILVICONSULTORES (sem data). Estes referem que o compasso utilizado nunca deverá ser inferior a 3m, nas entrelinhas, para facilitar as restantes etapas ao longo da vida do povoamento. No entanto, naquela época as plantações estabelecidas na M. N. Leiria, pela Direcção-Geral das Florestas (actual Direcção-Geral dos Recursos Florestais) obedeciam a este compasso, regra que condicionou também os restantes campos experimentais. Durante a colheita de dados, verificou-se que as árvores de maiores dimensões, em ambos os tipos de produção, estavam localizadas junto à bordadura do povoamento, evidenciando que o seu crescimento esteve sujeito a um menor índice de competição. Numa das partes laterais do ensaio localizado na M. N. Escaroupim foram instaladas algumas árvores de bordadura, o que de certo modo pode ter contribuído para um certo equilíbrio em termos de crescimento (Figura 2.3).

Os desbastes, efectuados aos 7 anos de idade, originaram uma distribuição irregular dos pinheiros bravos no campo experimental do Escaroupim. Os mapas da disposição das famílias, dos blocos e das árvores vivas e mortas nos dois tipos de produção, raiz nua e saco, estão representados, respectivamente, nos anexos 1 e 2. Em termos espaciais, aos 17 anos de idade, foi possível verificar que no "Saco", as plantas se encontravam distribuídas de uma forma aproximadamente regular, enquanto na "Raiz nua", a forma era muito mais irregular, sendo facilmente identificáveis zonas de maior ou menor densidade. Este facto parece ter influenciado o desenvolvimento das famílias, determinando um comportamento global distinto dos dois tipos de produção.

3.2 - Variabilidade genética

A variabilidade genética das variáveis, para ambos os tipos de produção, foi avaliada em termos de heritabilidade individual, em sentido restrito, cujos valores são apresentados nas tabelas 3.9 e 3.10. Na "Raiz nua", os valores de heritabilidade, aos 17 anos, são semelhantes aos referidos na literatura (Vega-Alonso *et al*, 1997, Kremer, 1981 e Danjon, 1995), variando entre 0.12 para os hábitos de ramificação e 0.22 para a altura. Valores da mesma ordem de grandeza foram também obtidos neste mesmo ensaio de descendências, no campo experimental de Leiria, variando entre 0.10 para os hábitos de ramificação e 0.33 para a altura, aos 12 anos de idade (AGUIAR *et al*, 2003).

Tabela 3.9 – Valores das variâncias e da heritabilidade individual, em sentido restrito, das variáveis para o tipo de produção de raiz nua.

“Raiz nua”	h	DAP	Vol	Ram	Fuste
Variância das famílias	0.12010	0.55310	2.36040	0.01896	0.04022
Variância da interacção (Bloco*fam)	0.46420	2.39340	12.33810	0.12650	0.20980
Variância do erro	1.59570	12.5563	47.99120	0.49450	0.96380
Heritabilidade individual	0.220	0.143	0.151	0.119	0.133

Tabela 3.10 – Valores das variâncias e da heritabilidade individual, em sentido restrito, das variáveis para o tipo de produção de sacco.

“Saco”	h	DAP	Vol	Ram	Fuste
Variância das famílias	0.01312	0.19910	0.69630	0.01031	0.03435
Variância da interacção (Bloco*fam)	0.37700	1.87110	11.35230	0.25140	0.15420
Variância do erro	0.91220	9.03890	39.32910	0.65460	0.82930
Heritabilidade individual	0.040	0.072	0.054	0.045	0.135

No “Saco”, os valores de heritabilidade são baixos para todas as variáveis, excepto para a forma do fuste. Embora fosse de esperar um acréscimo das heritabilidades com o aumento da idade das árvores, constatou-se que, neste tipo de produção, esses valores mantiveram-se aproximadamente iguais ou chegaram mesmo a diminuir, relativamente aos estimados aos 12 anos, nomeadamente, 0.19 para a forma do fuste e 0.06 para a altura, DAP e volume (AGUIAR *et al*, 2003).

Uma heritabilidade alta indica que as características dos progenitores são facilmente transmitidas à descendência, contrariamente a uma heritabilidade baixa. Por exemplo, se fosse efectuada uma selecção tendo em conta a altura, os descendentes dos progenitores mais altos na “Raiz nua” seriam ainda os mais altos, pois essa dominância seria transmitida aos descendentes, enquanto que no “Saco”, essa dominância poderia não ter sido transmitida, em função do baixo valor de heritabilidade obtido para esta característica.

Os valores anteriormente referidos, para a “Raiz nua”, permitem concluir que é possível executar a selecção dos progenitores e dos melhores indivíduos na descendência com relativa firmeza, uma vez que são valores significativos para todas as variáveis analisadas. No “Saco”, os valores de heritabilidade são demasiados baixos para que se possam seleccionar os progenitores e a sua descendência com garantia de sucesso, excepto na forma do fuste, isto é, que essas características seleccionadas sejam transmitidas à descendência.

4 - Conclusões e perspectivas futuras

Os resultados apresentados neste estudo, que correspondem à avaliação aos 17 anos, confirmaram os resultados obtidos aos 12 anos, no campo experimental do Escaroupim, para o tipo de produção de saco, ou seja, não permitem a selecção dos indivíduos para o prosseguimento do programa de melhoramento devido aos baixos valores de heritabilidades, obtidos nas variáveis altura, DAP, volume e hábitos de ramificação, embora possa permitir na forma do fuste ou noutras variáveis não analisadas neste trabalho, como por exemplo a densidade da madeira. No entanto, no tipo de produção de raiz nua, os resultados demonstraram a existência de variabilidade entre as famílias, para todas as variáveis analisadas (altura, DAP, volume, forma do fuste e hábitos de ramificação), que pode ser explorada através da selecção dos génotipos das melhores famílias.

A selecção a efectuar deve ter em conta as relações entre as variáveis de uma mesma família, de forma a que se possa consumir a triagem dos melhores indivíduos em termos gerais e não aqueles que apresentem características acima da média, embora inversamente relacionadas com outras, também importantes. Os valores de heritabilidade das variáveis devem também ser considerados na selecção. Imprescindível é efectuar a avaliação das descendências numa fase mais avançada de desenvolvimento, de forma a acompanhar a evolução dos parâmetros genéticos ao longo do tempo.

A fase seguinte deste estudo será a divulgação dos resultados, para que os produtores florestais percebam a importância que a selecção de árvores com qualidades superiores tem na produtividade obtida pela floresta portuguesa. A instalação de novos povoamentos, a partir das famílias dos indivíduos observados, deve contudo ocorrer em condições edafo-climáticas semelhantes às que ocorrem na M. N. Escaroupim, especialmente nas zonas Norte e Centro de Portugal continental, que possuam, em parte, influência atlântica. A reduzida sobrevivência e instabilidade do comportamento de proveniências atlânticas de pinheiro bravo, em locais de clima mediterrânico, foi demonstrada por inúmeros estudos, especialmente devido à sensibilidade à geada na fase inicial de crescimento, embora outros factores como a temperatura e a precipitação também sejam importantes.

5 - Referências Bibliográficas

Aguiar, A., 1989. *Estudo da variabilidade genética de algumas características juvenis em descendências maternas de pinheiro bravo (Pinus pinaster Ait.)*. Estação Florestal Nacional, Instituto Nacional de Investigação Agrária, Lisboa. 80 pp

Aguiar, A. M., 1990. *Comportamento de famílias de Pinus pinaster Ait. (fase juvenil) relativamente ao ataque de alguns insectos parasitas primários*. Livro de comunicações do II Congresso Florestal Nacional. Porto, Novembro de 1990. Vol. 2, B10-03. pp 630 - 634

Aguiar, A., 2003. *Desenvolvimento do programa de melhoramento de pinheiro bravo e sua contribuição para a maximização do potencial produtivo desta espécie. Projecto 447 do Programa AGRO, Medida 8 - Desenvolvimento Tecnológico e Demonstração, Acção 8.1 – Desenvolvimento Experimental e Demonstração (DE&D). 2º Concurso Público 2003*.

Aguiar, A., Almeida, M. H. e Borralho, N., 2003. *Genetic control of growth, wood density, and stem characteristics of Pinus pinaster in Portugal*. Silva Lusitana, Ano XI, Vol. 11, nº 2. Estação Florestal Nacional, Oeiras. pp 131-139

Aguiar, A., Roldão, M. I., Esteves, I. e Baeta J., 1999. *Ensaio de proveniências de Pinus pinaster Ait. Resultados de quatro anos de ensaio*. Silva Lusitana, Ano VII, Vol. 7, nº 1. Estação Florestal Nacional, Oeiras. pp 39-47.

Alves, A. A. M., 1982. *Técnicas de produção florestal*. Instituto Nacional de Investigação Científica. Lisboa. 1ª edição. pp 292 e 293

Cotterill, P. P. e Dean, C. A., 1990. *Successful tree breeding whit index selection*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Austrália. pp 28-32

Danjon, F., 1995. *Observed selection effects on height growth, diameter and stem form in maritime pine*. Silvae Genetica, Vol. 44, nº 1. pp 10 -19

DGF, 2001. *Inventário florestal nacional de Portugal continental, 3ª Revisão 1995 - 1998, Relatório Final*. Direcção-Geral das Florestas (Actual Direcção-Geral dos Recursos Florestais). Lisboa. 233 pp

Eriksson, G. e Ekberg, I., 2001. *An introduction to forest genetics*. Genetic Center of the Department of Forest Genetics. Swedish University of Agricultural Sciences. 166 pp

- Esteves, M. I. C., 2002. *Avaliação do comportamento de proveniências de Pinus pinaster Aiton aos 8 anos, na Mata Nacional do Escaroupim*. Mestrado em Produção Vegetal. Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa. 105 pp
- Kremer, A., 1981. *Déterminisme génétique de la croissance en hauteur du pin maritime (Pinus pinaster Ait.). II – Comportement interannuel, interaction génotype x année*. Annales des Sciences Forestières, Vol. 38, nº 3. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris. pp 331 - 355
- Morais, C. J. E., 2002. *O Sector Florestal Português face ao desafios da Sustentabilidade*. Ingenium - Florestas, II série, nº 66, Março/Abril 2002. Ordem dos Engenheiros, Lisboa. pp 36-42
- Oliveira, A. C., Pereira, J. S. e Correia, A. V., 2000. *A silvicultura do pinheiro bravo*. Centro Pinus (Associação para a Valorização da Floresta de Pinho). Portugal. 111 pp
- Radich, M. C. e Alves, A. M., 2000. *Dois Séculos da Floresta em Portugal*. CELPA - Associação da Indústria Papeleira, Lisboa. 226 pp
- SAS Institute, 1999. *SAS/STAT User's Guide, Version 8*. SAS Institute Inc., USA.
- Silviconsultores, sem data. *O pinheiro bravo - Caderno Técnico*. Federação dos Produtores Florestais de Portugal. 71 pp
- Vega-Alonso, P., Rosales, M. G., García, C. M., e Alonso, G. V., 1997. *Primeros resultados de los ensayos de progenie del huerto semillero de Pinus pinaster Ait. en Sergude (Galicia)*. IRATI 97 - Montes del futuro: respuestas ante un mundo en cambio. Libro de actas del I Congreso Forestal Hispano Luso; II Congreso Forestal Español. Pamplona (España), 23 – 27 de Junio de 1997. Mesa 3. pp 661 - 666
- Vieira, J. N., 2000. *Da Festa da Árvore ao Dia Mundial da Floresta*. Brochura da Direcção-Geral das Florestas. Lisboa. Março 2000. 15 pp. Publicação também disponível em Naturlink internet site: <http://www.naturlink.pt/canais/Artigo.asp?iArtigo=194&iLingua=1>, acesso em Novembro de 2004. (DGF, Actual Direcção-Geral dos Recursos Florestais)
- Zobel, B. e Talbert, J., 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. John Wiley & Sons. New York. 505 pp