

Variabilidade do Crescimento e da Forma de Proveniências de *Pinus pinaster* Aiton aos 8 Anos, na Mata Nacional do Escaroupim

Isabel Correia*, Helena Almeida e Alexandre Aguiar*****

* Bolseira de Investigação

*** Investigador Auxiliar

Estação Florestal Nacional. Departamento de Ecofisiologia e Melhoramento Florestal,
Quinta do Marquês, Av. da República, 2780-159 OEIRAS

** Professor Associado

Instituto Superior de Agronomia. Departamento de Engenharia Florestal, Tapada da
Ajuda, 1349-018 LISBOA

Sumário. Foi efectuado um estudo num ensaio de 30 proveniências de Pinheiro bravo aos 8 anos, na Mata Nacional do Escaroupim, com o objectivo de avaliar a variabilidade existente, o comportamento das proveniências em relação a características de adaptação, de crescimento e de forma, e estimar parâmetros genéticos.

Encontraram-se diferenças significativas de comportamento entre as 30 proveniências, podendo ser esperados aos 8 anos incrementos até 10% em crescimento se forem utilizadas as melhores proveniências em condições semelhantes às do Escaroupim. As proveniências de altitude apresentam melhores características de forma mas crescimento menor.

Os resultados deste estudo permitirão seleccionar proveniências para plantações em condições ambientais semelhantes às do Escaroupim e vir a seleccionar génotipos nas proveniências com maior potencial adaptativo para fins específicos de melhoramento.

Palavras-chave: pinheiro bravo; proveniências; valores de utilização

Variability of Growth and Form of 8 Years Provenances of *Pinus pinaster* in Mata Nacional do Escaroupim

Abstract. Maritime pine provenances were evaluated at age 8, in Mata Nacional do Escaroupim. The objective was to evaluate provenance variation, their performance related to adaptative characteristics, to growth and form, and estimation of genetic parameters.

Significant performance differences were observed between the 30 provenances. At age 8, increments up to 10% in growth can be expected, when the best provenances are selected for plantations in sites similar to Escaroupim. Highland provenances show better form but smaller growth.

Results will allow the selection of provenances for plantations under environmental conditions similar to Escaroupim and further selection of genotypes for improvement in well adapted provenances.

Key words: maritime pine; provenances; value of utilisation

Variabilité de la Croissance et de la Forme de Provenances de *Pinus pinaster* Aiton à 8 ans, dans la Mata Nacional do Escaroupim

Résumé. Un essai de 30 provenances de Pin maritime de 8 ans a été étudié dans la «Mata Nacional do Escaroupim», avec l'objectif d'évaluer la variabilité existante, le comportement des provenances par rapport à des caractéristiques d'adaptation, de vigueur et de forme, et d'estimer des paramètres génétiques.

Des différences significatives de comportement entre les 30 provenances ont été détectées. L'utilisation des meilleures provenances en conditions semblables à Escaroupim pourra permettre, à 8 ans, des accroissements en vigueur jusqu'à 10%. Les provenances d'altitude présentent des caractéristiques de forme supérieures mais de vigueur inférieure.

Les résultats de cette étude permettront la sélection de provenances pour des plantations en conditions semblables à celles de Escaroupim et la sélection de génotypes dans les provenances de potentiel adaptatif supérieur pour des buts spécifiques d'amélioration.

Mots clés: pin maritime; provenances; valeur d'utilisation

Introdução

O grande interesse económico do Pinheiro bravo no nosso País, responsável por exportações no valor de cerca de 306 milhões de euros ou 11% do valor total de exportações de produtos florestais em 2000 (DGF, comunicação pessoal), e a extensa área ocupada de um milhão e cinquenta mil hectares (DGF-IFN 2000), têm sido factores de promoção de acções de melhoramento genético para esta espécie. Com efeito, em 1970-1978 efectuou-se a instalação de dois pomares clonais no Escaroupim (ALPUIM, 1971) a partir de material seleccionado na década anterior em Leiria, os quais precederam a implementação de um Programa de Melhoramento do Pinheiro bravo em Portugal no final da década de 80 (ROULUND *et al.*, 1988). A *Pinus pinaster* Aiton manifesta uma grande diversidade (ALÍA *et al.*, 1995; HARFOUCHE e KREMER, 2000), pelo que a selecção de proveniências constitui um passo de grande importância no referido plano.

Em Portugal, a semente utilizada para as arborizações foi, durante muito tempo, colhida em árvores sem qualquer critério de selecção. Sabe-se também que,

no decurso do século passado até à década de 80, era prática corrente a mistura de lotes de semente oriundos de todo o País, a qual era posteriormente distribuída para as sementeiras e plantações a efectuar em todo o território. Na primeira metade do século XX a arborização das serras era efectuada por sementeira a lanço utilizando grandes quantidades de semente por unidade de área (3-4 kg/ha). Na década de 60 iniciou-se a instalação do pinhal bravo por plantação em muitos locais, embora o recurso à sementeira fosse ainda comum. Hoje é reconhecida a importância da origem e qualidade genética do material de reprodução, cuja certificação é obrigatória por lei. A legislação actualmente em vigor no nosso País obriga à delimitação de *regiões de proveniência* para o Pinheiro bravo e à *certificação* de materiais florestais de reprodução, integrando sempre que possível informação sobre a superioridade genética do material vegetal. O prosseguimento dos estudos de avaliação da variabilidade genética nas proveniências portuguesas, integrando a informação obtida através de ensaios de proveniências e de diversos tipos de marcadores genéticos que vão estando

disponíveis, permitirá maximizar a adaptabilidade, com aplicações práticas directas na silvicultura, melhoramento e conservação dos recursos genéticos.

Com efeito, a caracterização das proveniências permite conhecer o seu valor de utilização em determinadas condições silvícolas e seleccionar genótipos para objectivos específicos de melhoramento nas proveniências melhor adaptadas (WRIGHT, 1976; ZOBEL *et al.*, 1984; SHUTYAEV *et al.*, 1997; ISIK *et al.*, 2000; HARFOUCHE, 2000). Por outro lado, a delimitação de regiões de proveniência permitirá um melhor controlo da circulação e utilização do material florestal de reprodução, assegurando a conservação dos recursos genéticos florestais. Estas regiões servirão de suporte à selecção de povoamentos produtores de semente e respectiva certificação. Num trabalho publicado por CARNEIRO *et al.* (2000) foram efectuados estudos de base para a delimitação de regiões de proveniência de Pinheiro bravo no nosso País recorrendo a informação de base sobre o clima, a ecologia, os solos e a distribuição desta espécie. Conjugando esta informação com o conhecimento das características fenológicas do Pinheiro bravo através do território nacional, foram delimitadas e descritas sumariamente nove regiões de proveniência e duas de área restrita. Recentemente a Direcção Geral dos Recursos Florestais demarcou novas regiões de proveniência para o Pinheiro bravo (Despacho nº 21 419/2003, de 6 de Novembro), num estudo que está em aberto, em que a delimitação final e número de regiões virão a beneficiar dos resultados a obter no ensaio de proveniências.

A variação intraspecífica do Pinheiro bravo tem sido estudada quer através de

características quantitativas, recorrendo a ensaios de proveniências estabelecidos em vários países (HARFOUCHE e KREMER, 2000), quer através de marcadores bioquímicos e moleculares. Estudos de proveniências de Pinheiro bravo conduzidos em França (BOUVAREL, 1960; ILLY, 1966; GUYON e KREMER, 1982; KREMER e ROUSSEL, 1986), Espanha (ALÍA *et al.*, 1995), Marrocos (DESTREMEAU *et al.*, 1976), Grécia (MATZIRIS, 1982), Turquia (SIMSEK *et al.*, 1985) e Austrália (HOPKINS e BUTCHER, 1993) revelaram uma variação significativa de características morfológicas e adaptativas à escala da área da espécie. A proveniência Leiria destacou-se em geral pelo seu superior crescimento e forma, apresentando contudo menor sobrevivência em condições edafoclimáticas mais extremas, sugerindo uma menor tolerância à geada ou à secura. Um estudo efectuado aos 4 anos de idade no ensaio de proveniências de Pinheiro bravo em Portugal permitiu detectar algumas tendências de comportamento destas relativamente ao conjunto dos locais, destacando-se os bons resultados (altura e sobrevivência) de algumas proveniências constituídas por semente colhida em povoamentos produtores de semente de Monção, e a resposta superior de material oriundo de pomares produtores de semente (semente qualificada ou testada), cuja base genética inclui genótipos seleccionados em Portugal (AGUIAR *et al.*, 1995; AGUIAR *et al.*, 1999). RIBEIRO (2001) estudou a estrutura genética de algumas populações portuguesas de Pinheiro bravo utilizando microsatélites cloroplastidiais e AFLP, tendo encontrado reduzidos níveis de diferenciação entre populações.

O ensaio de proveniências de Pinheiro bravo foi instalado no nosso

País em 1993, em 6 locais de características ecológicas diferentes. O presente estudo pretende determinar a variabilidade genética disponível através da avaliação do comportamento das proveniências na Mata Nacional do Escaroupim e estimativa de parâmetros genéticos. A comparação do comportamento das proveniências é efectuada com base em características de adaptação, de crescimento e de forma. O estudo da variabilidade interproveniências por característica recorre à avaliação das diferenças existentes entre:

- todas as proveniências em ensaio
- as proveniências nacionais em ensaio
- populações geograficamente próximas mas de diferentes altitudes e exposições
- pomares de semente e restantes populações
- populações de diferentes regiões de proveniência esboçadas em CARNEIRO *et al.* (2000)
- populações nacionais de diferentes classes de altitude.

É avaliado somente o nível de variabilidade fenotípica intraproveniências, uma vez que o ensaio não integra descendências para avaliar a variabilidade genética dentro de cada proveniência.

Materiais e métodos

Material vegetal

As trinta proveniências de Pinheiro bravo do ensaio incluem material nacional e exótico, não pretendendo ser

uma representação exaustiva da área de distribuição da espécie. Em Portugal procurou-se obter uma boa amostragem da área ocupada pelo Pinheiro bravo nas suas regiões mais representativas, incluindo variação em altitude (10 a 900 m), em latitude, em exposição e longitude. Da restante área de distribuição da espécie encontram-se incluídas proveniências de Espanha (Galiza, Cuenca) e França (Landes, Corsega). A dificuldade na obtenção de semente à data da instalação não permitiu a representação de proveniências do Norte de África (Quadro 1).

Neste ensaio encontra-se material vegetal de 5 pomares clonais, que serão referidos como proveniências: LANDPS62 (Landes), PCSE0102 (Escaroupim); e três australianas: SN7901 (Mullaloo), SN5063 e D1097 (Joondalup) (HOPKINS e BUTCHER, 1994). A sua inclusão no ensaio permitiu comparar o comportamento de material melhorado com o de material não melhorado. LANDPS62 representa um pomar de 2ª geração. PCSE0102 representa um pomar clonal situado na Mata Nacional do Escaroupim, constituído por clones que reproduzem árvores fenotipicamente superiores seleccionadas na década de 60 na Mata Nacional de Leiria. SN7901, SN5063 e D1097 incluem na sua base genética genótipos seleccionados em Leiria mas também material resultante de selecções realizadas em proveniências e povoamentos seleccionados da Austrália, Nova Zelândia e África do Sul. D1097 e LANDPS62 representam semente testada, PCSE0102, SN5063 e SN7901 representam semente qualificada.

Quadro 1 - Proveniências de *Pinus pinaster* representadas no ensaio

| Referência | Proveniência | Altitude (m) | Latitude | Longitude | Idade (anos) |
|------------|---|--------------|----------|-----------|--------------|
| CORSEGA | Porto Vecchio/Córsega | 700-900 | 41-42° N | 9° 10'E | - |
| CUENCA | Boniches/Cuenca | 800 | 39° 58' | 1° 38'W | - |
| D1097 | Austrália- Mullaloo (sem. testada) | - | - | - | - |
| GA82 | Galiza | - | - | - | - |
| LANDES | Lavercantière/Landes | - | - | - | - |
| LANDPS62 | CEMAGREF/Landes (sem. testada) | 300 | 44° 37'N | 1° 19'W | - |
| PA18 | Maceda T13/Aveiro | 80 | 40° 39'N | 8° 36'W | 8 |
| PAS54 | M. da Moita/Alcácer do Sal | 20 | 37° 52'N | 8° 30'W | - |
| PB42 | Albagueiras/Bragança | 800 | 41° 52'N | 6° 32'W | 19 |
| PCSE0102 | M. N. Escaroupim (sem. qualificada) | 10 | 39° 04'N | 8° 44'W | 12 |
| PPF03 | P. Foja T11c/Figueira da Foz | 50 | 40° 18'N | 8° 44'W | 14 |
| PPF06 | P. Urso T145/Figueira da Foz | 20 | 40° 13'N | 8° 53'W | 15 |
| PL20 | Carvalho/Lousã | 430 | 40° 07'N | 8° 01'W | 25 |
| PL24 | Braçal/Lousã | 250 | 40° 09'N | 8° 11'W | 21 |
| PL26 | S. Pedro Dias/Lousã | 410 | 40° 07'N | 8° 08'W | 14 |
| PM33 | Anta T14/Monção | 310 | 42° 04'N | 8° 23'W | 40 |
| PM34 | Anta T45/Monção | 370 | 42° 04'N | 8° 23'W | 32 |
| PM36 | Anta T23/Monção | 500 | 42° 04'N | 8° 24'W | 36 |
| PMA29 | Verdelhos/Manteigas | 750 | 40° 26'N | 7° 30'W | 21 |
| PMA30 | More/Manteigas | 630 | 40° 24'N | 7° 26'W | 65 |
| PMB39 | Arjuiz/Mondim de Basto | 480 | 41° 25'N | 7° 55'W | 27 |
| PMC43 | Chacim/M. de Cavaleiros | 680 | 41° 28'N | 6° 54'W | 25 |
| PMG12 | T54a/M. N. Leiria | 20 | 39° 46'N | 8° 57'W | 28 |
| PMG46 | T199/M. N. Leiria | 20 | 39° 46'N | 8° 57'W | 42 |
| PMG52 | T164/M. N. Leiria | 55 | 39° 46'N | 8° 58'W | 34 |
| PMT40 | C. Pondres/Montalegre | 690 | 41° 49'N | 7° 56'W | 25 |
| PS45 | Monserate/Sintra | 250 | 38° 46'N | 9° 24'W | 20 |
| PSP02 | Covelinho/S. Pedro do Sul | 700 | 40° 37'N | 8° 12'W | 28 |
| SN5063 | Austrália-Joondalup (sem. seleccionada) | - | - | - | - |
| SN7901 | Austrália-Mullaloo (sem. seleccionada) | - | - | - | - |

Fonte: Aguiar *et al.*, 1995

Entre as proveniências nacionais foram incluídas algumas populações geograficamente muito próximas, nomeadamente duas populações de Figueira da Foz (PFF03, PFF06), três da Lousã (PL20, PL24, PL26), três de Monção (PM33, PM34, PM36), duas de Manteigas (PMA29, PMA30) e três da Marinha Grande (PMG12, PMG46, PMG52), tendo como objectivo a comparação do comportamento de populações geograficamente próximas mas de diferentes altitudes e exposições. Algumas populações em estudo são oriundas de algumas das regiões de proveniência para o Pinheiro bravo em Portugal esboçadas num estudo de CARNEIRO *et al.* (2000) recorrendo a critérios geográficos, ecológicos, climáticos, e a diferenças entre características fenotípicas entre povoamentos de Pinheiro bravo.

Em 1987 foi efectuada uma selecção de 54 povoamentos produtores de semente em três zonas distintas na área de distribuição natural do Pinheiro bravo no nosso País, delimitadas em função da altitude, a qual se considerou determinante na pluviosidade e na temperatura para uma dada região (ROULUND *et al.*, 1988; AGUIAR *et al.*, 1995). As proveniências nacionais incluídas no ensaio são oriundas de alguns destes povoamentos designados como povoamentos produtores de semente, tendo sido seleccionadas tomando em consideração especialmente a latitude e a altitude.

Perante a ausência de registos sobre a origem destes povoamentos, recorreu-se a comunicações pessoais que permitiram em alguns casos determinar essa mesma origem. PA18 e PFF03 foram instalados por sementeira utilizando semente local; PFF06, PL20, PSP02 foram semeados com semente de origem desconhecida; PS45

resulta de regeneração natural posterior a um incêndio; PM33, PMA30 e PMG46 teriam origem nas campanhas de arborização por sementeira a lanço durante o século XX; sobre as restantes proveniências não existe informação, sabendo-se que, de uma forma geral, os povoamentos teriam sido instalados por sementeira ou plantação. Após a colheita de semente de acordo com a amostragem referida, as plantas produzidas segundo a metodologia referida em AGUIAR *et al.*, (1995) foram transplantadas para os 6 locais de ensaio em 1993.

No Quadro 2 são apresentados alguns elementos climatológicos dos locais onde foi colhida a semente das proveniências nacionais em ensaio. Algumas Estações Meteorológicas estão situadas a uma distância apreciável desses locais, tendo sido seleccionadas as que apresentam condições mais semelhantes às dos locais de colheita (dados de 1951 a 1980), e tendo-se recorrido quando possível a dados de precipitação de Estações Udométricas mais próximas. Apesar disso, em especial relativamente às temperaturas, poderão ocorrer diferenças apreciáveis, por exemplo entre Figueira da Foz/Coimbra, Macedo de Cavaleiros/Miranda do Douro e Manteigas/Guarda.

Verifica-se a existência de grandes diferenças entre as temperaturas médias anuais nos vários locais (9,6°C em Montalegre e 16,3°C em Alcácer do Sal), encontrando-se em Alcácer do Sal a maior amplitude de variação anual (12,7°C) e em Sintra a menor (6,0°C). Os valores da precipitação total anual em Manteigas (1668,8mm) são cerca de três vezes superiores aos de Alcácer do Sal (574,5mm), apresentando Manteigas a máxima amplitude de variação

(243,2mm) e o Escaroupim a menor de precipitação total. O número médio (76,8mm). Alcácer do Sal apresenta assim anual de dias de geada é também muito o máximo valor médio anual de variável de local para local, apresentando temperatura, com a maior amplitude de o seu máximo em Montalegre (88,8 variação anual, e o mínimo valor anual dias) e mínimo em Sintra (1,7 dias).

Quadro 2 - Dados climáticos dos locais de colheita da semente das proveniências nacionais (médias anuais)

| Proveniências | Estação meteorológica | Temp. média (°C) | Média das máximas (°C) | Média das mínimas (°C) | Prec total (mm) | Prec max (mm) | Prec min (mm) | Nº dias geada |
|------------------------------|-----------------------|------------------|------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|-------------------|
| PA18 Aveiro | S.Jacinto | 14,2 | 18,0 | 10,5 | 960,6 | 144,5 Dez | 8,8 Jun | 33,3 ^a |
| PAS54 Alcacer do Sal | Alcácer do Sal | 16,3 | 23,0 | 10,3 | 574,5 | 88,2 Dez | 2,8 Ago | 29,4 |
| PB42 Bragança | Bragança | 11,9 | 17,2 | 6,6 | 741,1 | 105,4 Jan | 14,4 Ago | 63,2 |
| PCSE0102 | Salvaterra de Magos | 15,4 | 21,2 | 9,5 | 594,4 | 80,0 Jan | 3,2 Jul | 45,7 |
| PFF03, PFF06 Figueira da Foz | Coimbra/Bencanta | 14,9 | 20,8 | 9,0 | 979,0 | 136,4 Jan | 10,2 Jul | 24,4 |
| PL20, PL24, PL26 Lousã | Lousã/Boavista | 13,4 | 18,2 | 8,5 | 1221,2 | 181,3 Fev | 21,2 Ago | 20,6 |
| PM33, PM34, PM36 Monção | Monção/Valinha | 14,4 | 19,5 | 9,2 | 1235,4 | 209,8 Jan | 17,9 Ago | 12,7 |
| PMA29, PMA30 Manteigas | Guarda | 10,4 | 14,2 | 6,8 | 1668,1 ^b | 256,0 ^b Dez | 12,8 ^b Ago | 48,9 |
| PMB39 Mondim de Basto | Vila Real | 13,4 | 18,6 | 8,1 | 1390,5 ^b | 210,0 ^b Fev | 24,2 ^b Ago | 32,4 |
| PMC43 Macedo de Cavaleiros | Miranda do Douro | 12,0 | 17,4 | 6,6 | 655,5 ^b | 97,5 ^b Nov | 7,2 ^b Jul | 41,0 |
| PMG12, PMG46, PMG52 Marinha | Marinha Grande | 14,2 | 19,9 | 8,6 | 909,4 | 133,4 Jan | 6,3 Jul | 29,9 |
| PMT40 Montalegre | Montalegre | 9,6 | 14,1 | 5,1 | 1531,1 | 224,4 Jan | 19,2 Jul | 88,8 |
| PS45 Sintra | Sintra/Pena | 13,1 | 16,1 | 10,1 | 1103,5 | 182,8 Jan | 5,3 Jul | 1,7 |
| PSP02 S.Pedro do Sul | Viseu | 13,0 | 19,0 | 7,0 | 1229,3 | 176,7 Fev | 13,9 Jul | 53,0 |

^a Valor obtido na Estação Meteorológica de Dunas de Mira

^b Valores de Estações Udométricas mais próximas do local de colheita de semente da proveniência

As proveniências nacionais em ensaio representam, como se pode verificar, um conjunto bastante variável de condições climáticas.

Campos experimentais

Dispositivo experimental

Os campos experimentais estão situados dentro da área de distribuição natural da espécie, tendo sido seleccionados em função de parâmetros geográficos e edafo-climáticos (AGUIAR *et al.*, 1995). Um desses locais, situado em Monção, foi destruído por um incêndio em 1997. Os restantes 5 locais de ensaio – Malcata, Montalegre, Viseu, Marinha Grande e Escaroupim - cobrem uma área geográfica que se estende desde a latitude 39°05'N a 41°40'N, e longitude 6°50'W a 8°55'W (AGUIAR *et al.*, 1999), variando a altitude entre 10 m a 1000 m acima do nível do mar, e encontrando-se todas as proveniências representadas em todos os locais.

Em todos os campos experimentais foi utilizado um delineamento estatístico de blocos casualizados completos com seis a oito blocos dependendo das condições locais (AGUIAR *et al.*, 1999). A unidade experimental incluiu 30 plantas por proveniência, plantadas em rectângulo (5 x 6 árvores) ao compasso de 2 m na linha e 3 m entre linhas (a área ocupada por cada unidade experimental é de 162 m²). Em cada bloco foram plantadas 900 árvores, não tendo sido efectuadas adubações ou retanchas.

Campo experimental do Escaroupim

O campo experimental do Escaroupim inclui-se na rede de locais em que foi

estabelecido o ensaio de proveniências no nosso País, encontrando-se localizado a 39°05'N e 8°45'W, à altitude de 10 m. O solo é bastante profundo, composto por areias quartzosas (regossolos êutricos) com teor muito baixo de matéria orgânica e pH neutro (5,5). Toda a área é plana, abrigada de ventos, geralmente oriundos do quadrante NW e de pouca intensidade. A vegetação arbustiva é abundante, sendo constituída na sua maioria por plantas dos géneros *Lavandula*, *Cistus* e *Rumex* (AGUIAR, 1989). Neste local verifica-se em média uma precipitação total anual de 594,4 mm com uma amplitude de variação anual de 76,8 mm, sendo a temperatura média anual de 15,4°C com uma amplitude de variação anual de 11,7°C, ocorrendo em média 46 dias de geada por ano e um período quente e seco entre os meses de Maio e Setembro.

O campo experimental do Escaroupim tem sido regularmente sujeito a limpezas de matos. O bloco V é uma zona de drenagem difícil, dando origem a zonas de encharcamento onde ocorre uma maior mortalidade das árvores, consequência da reduzida tolerância do Pinheiro bravo ao encharcamento prolongado. Este campo experimental apresenta evidência de fortes ataques de vários parasitas primários, entre os quais a processionária *Thaumetopea pytiocampa* Schiff., a torcedoura *Rhyacionia buoliana* Schiff. e a resineira *Rhyacionia resinella* L., tal como já tinha acontecido no ensaio de descendências de Pinheiro bravo no mesmo local (AGUIAR, 1990), no qual se revelou 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. Observações directas efectuadas durante a colheita dos dados para este estudo revelaram uma grande incidência de ataques tanto no interior como na orla do local, parecendo também afectar indiscriminadamente as diferentes proveniências. As clareiras originadas por mortalidade neste ensaio poderão ter contribuído para a situação encontrada.

Entre Outubro de 2001 e Fevereiro de 2002 foi observada uma grande mobilidade de colónias de processionária, para a qual são factores determinantes a disponibilidade de alimento e as condições ambientais (EL HASSANI *et al.*, 1994). No campo experimental do Escaroupim, devido ao regime de temperaturas, pareceu quase não ocorrer a típica paragem de crescimento vegetativo durante o período em que decorreu este estudo, podendo este regime de temperaturas ter contribuído para a constante actividade do parasita que foi observada. A taxa de crescimento dos pinheiros nesta fase da sua vida é sem dúvida afectada pela grande actividade desta praga, sabendo-se porém que o impacto se torna menor com o aumento de idade das árvores. De maior gravidade é a acção da resineira e torcedoura, as quais danificam definitivamente a árvore originando várias alterações que afectam a forma do fuste, depreciando a madeira.

Este local de ensaio ocupa na sua totalidade uma área de 3,9 ha. Os 8 blocos são de forma aproximadamente quadrada com 72 m x 67,5 m (exceptua-se o bloco VII com forma rectangular de 120 m x 40,5 m) e medem cada um cerca de 0,49 ha, possuindo uma dimensão considerável. Foi seguido aproximadamente o critério de BURLEY (1976), que recomenda a instalação de unidades

experimentais de 5 x 5 árvores e 1-2 linhas de protecção, resultando em unidades experimentais com 49 ou 81 árvores. O objectivo é a redução dos efeitos de bordadura entre proveniências, os quais poderão ocorrer se se verificarem grandes diferenças na taxa de crescimento das mesmas, e a diminuição dos riscos de perda de unidades experimentais por mortalidade ou desbaste. Porém, originam-se assim blocos de grandes dimensões que implicam uma maior variação residual dentro dos blocos.

A Figura 1 representa o local de ensaio, assinalando a ocorrência de áreas de influência de pinheiros mansos e eucaliptos já existentes e que à data da plantação não foi possível retirar. Estes elementos que se desenvolveram nos locais assinalados na Figura 1, influenciaram de uma forma geral a resposta das árvores do ensaio mais próximas, no que diz respeito à sobrevivência e às restantes características de crescimento e de forma.

Tendo sido verificado que em 11 unidades experimentais as médias das características observadas eram afectadas pela competição com outra espécie, essas unidades foram eliminadas da análise de dados. Por outro lado, por falta de plantas, a proveniência LANDPS62 não foi plantada nos blocos VII e VIII. Todas as unidades referidas foram tratadas como valores em falta (*missing values*) na análise estatística.

Alguns autores (ISIK *et al.*, 2000) recorrem ao coeficiente de variação fenotípico de cada característica num local (percentagem que o desvio padrão representa no valor médio da característica, com base na variância entre unidades experimentais nesse local), e comparam-no com os valores

obtidos nos outros locais, referindo que estes coeficientes poderão ser indicadores da precisão do ensaio. Valores muito superiores a 50% indicam locais muito heterogêneos, que são geralmente omitidos da análise geral por não serem

considerados aceitáveis para a estimativa de parâmetros genéticos. No Quadro 3 apresentam-se os valores obtidos para o campo experimental do Escaroupim, os quais se encontram dentro de limites aceitáveis.

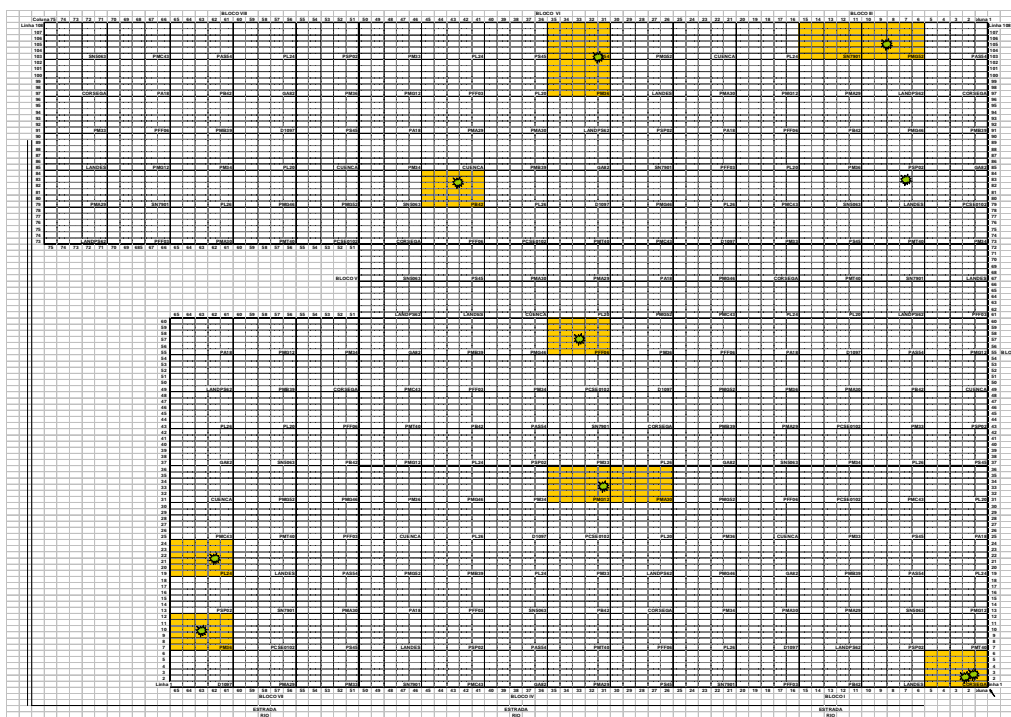


Figura 1 - Campo experimental do Escaroupim. Desenho experimental e localização das unidades experimentais influenciadas por elementos estranhos ao ensaio

Quadro 3 - Coeficiente de variação fenotípico das variáveis analisadas, com base na unidade experimental (%). M. N. Escaroupim

| Altura | Diâmetro | Rectidão do fuste | Forma da copa | Inserção dos ramos | Espessura dos ramos | Sobrevivência |
|--------|----------|-------------------|---------------|--------------------|---------------------|---------------|
| 19,09 | 21,95 | 13,24 | 12,83 | 13,05 | 11,36 | 29,30 |

Medições

MAGNUSSEN (1993) refere que a ocorrência de danos bióticos e abióticos nos ensaios genéticos de árvores tem como consequência taxas de crescimento mais reduzidas e um aumento da variância do erro experimental, inflacionando as componentes da variância e estimativas genéticas e originando grandes erros padrão. Uma das formas de abordar esta questão, referida por este autor, é descartar da análise todas as árvores com um dano visível afectando o crescimento, e referir o impacto dos danos ao apresentar os resultados. Neste estudo as medições foram efectuadas sempre que possível em 8 árvores no centro das unidades experimentais, evitando a influência de bordadura e efeitos de competição entre proveniências, sendo a escolha das árvores aleatória.

Foram efectuadas observações da altura total em m ($\pm 0,1$ m) e do diâmetro à altura do peito (DAP, correspondendo a 1,30 m de altura) em cm ($\pm 0,5$ cm). A avaliação das características de forma: rectidão do fuste, forma da copa, ângulo de inserção dos ramos e espessura dos mesmos, foi efectuada recorrendo a uma escala de notação de 1 a 6, sendo 6 a pontuação máxima. A sobrevivência foi avaliada como a proporção do número de indivíduos sobreviventes em cada unidade experimental. Todas as árvores observadas foram devidamente localizadas em mapa através dum código de linha/coluna de forma a possibilitar posteriores avaliações do mesmo grupo de indivíduos.

No que se refere às características de forma, os critérios de selecção privilegiavam geralmente árvores de fuste recto, forma da copa de aspecto regular com

dominância apical, ângulo de inserção dos ramos aproximando-se dos 90° de afastamento da vertical, e ramos finos. COTERILL e DEAN (1990) recomendam a utilização de uma escala de 6 pontos 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 ensaio, devendo a escala ser aplicada para cada local de ensaio tendo em conta as condições médias do mesmo. Seguindo este critério, neste estudo foram aplicadas escalas subjectivas com valores de 1 a 6, devidamente adaptadas às condições médias observadas, para avaliar as características de forma, tendo sido considerado para a rectidão de fuste 1 = fuste muito tortuoso, 6 = fuste muito direito; para a forma da copa 1 = copa muito irregular, 6 = copa muito regular; para o ângulo de inserção dos ramos 1 = ramos formando ângulos muito agudos com o fuste, 6 = ramos praticamente perpendiculares ao fuste; para a espessura dos ramos 1 = ramos muito espessos, 6 = ramos muito finos.

Análise de dados

Comparação do comportamento das proveniências

Variabilidade interproveniências por característica

Cada proveniência foi caracterizada pela estimativa do seu valor médio para as diferentes características, e o seu posicionamento em relação à média geral.

A existência de diferenças significativas entre proveniências, agrupadas de modos diferentes, foi avaliada para um nível de significância de 5% e para cada uma das características estudadas,

procurando responder às seguintes questões:

1) *Existem diferenças significativas entre as 30 proveniências em ensaio?*

2) *Existem diferenças significativas entre as 22 proveniências portuguesas em ensaio?*

3) *Existem diferenças significativas entre uma amostragem equilibrada de 14 das 22 proveniências portuguesas?* Como foi anteriormente referido, este ensaio inclui populações geograficamente muito próximas, diferindo nas altitudes e exposições. Foi efectuada uma selecção com base no melhor comportamento geral determinado através dum índice desenvolvido neste trabalho. Assim, foram incluídas apenas uma das proveniências da Figueira da Foz, uma da Lousã, uma de Monção, uma de Manteigas, e uma da Marinha Grande. Foi também incluído PCSE0102 (pomar de semente nacional).

4) *Existem diferenças significativas entre proveniências portuguesas geograficamente muito próximas, com distintas altitudes e exposições?*

5) *Existem diferenças significativas entre as proveniências com origem em pomares de semente e as restantes proveniências?*

6) *Existem diferenças significativas entre as proveniências com origem nas regiões de proveniência esboçadas?* Foi possível associar 11 das proveniências do ensaio, a 4 das regiões de proveniência (RP) esboçadas para o Pinheiro bravo em Portugal (CARNEIRO *et al.*, 2001), não tendo sido consideradas regiões representadas apenas por uma proveniência, como a RP 3 (PMB39) e a RP 4 (PSP02) (Figura 2):

- RP 1 – PM33, PM34, PM36
- RP 6 – PL20, PL24, PL26
- RP 7 – PMG12, PMG46, PMG52
- RP 10 – PMA 29, PMA30.

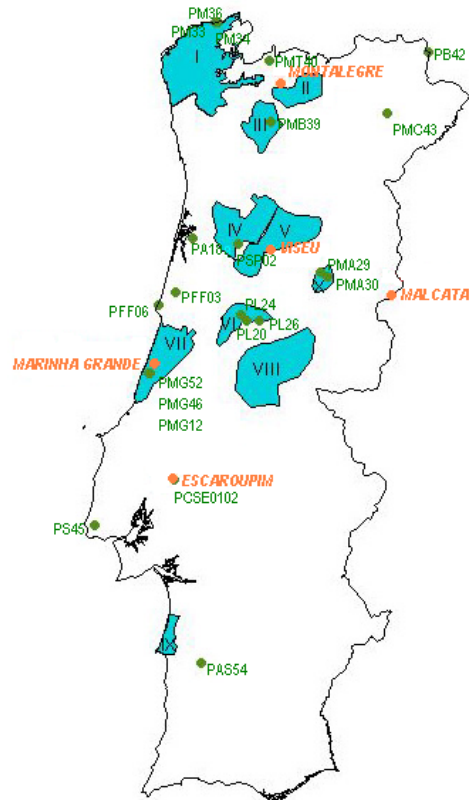


Figura 2 - Localização das proveniências em ensaio, e das regiões de proveniência (digitalização por SIG cedida por Lobo P, e Carneiro M)

7) *Existem diferenças significativas entre as proveniências nacionais com origem em classes de altitude diferentes?* É conhecida a variação do comportamento do Pinheiro bravo com a altitude, aceitando-se geralmente que apresenta um comportamento regular até aos 400 m, e que altera o seu comportamento a cotas muito superiores, principalmente a partir dos 700 m. As proveniências nacionais foram contudo agrupadas em classes de altitude estabelecidas de outro modo, de forma a garantir uma representação mais equilibrada das proveniências em ensaio

em cada classe:

A (0-200m) - PA18, PAS54, PCSE0102, PFF03, PFF06, PMG12, PMG46, PMG52

B (201-400m) - PL24, PM33, PM34, PS45

C (401-600m) - PL20, PL26, PM36, PMB39

D (>600m) - PB42, PMA29, PMA30, PMC43, PMT40, PSP02

Variabilidade intraproveniências por característica

A variabilidade existente dentro de cada proveniência foi avaliada por meio do coeficiente de variação (CV) dos valores observados. Este coeficiente de variação fenotípica é uma medida de variação relativa. Pode ser tomado como o grau de variabilidade (incluindo causas genéticas e ambientais) revelado por cada proveniência num dado local, sendo indicativo do nível de variabilidade da proveniência. O CV assume uma grande importância em actividades de selecção e melhoramento, pois da sua magnitude depende em parte o progresso genético que pode ser obtido. A avaliação do CV foi efectuada com base em todos os genótipos observados (8 árvores por proveniência e por bloco), com o fim de permitir uma melhor apreciação da variabilidade entre genótipos da mesma proveniência, recorrendo à expressão:

$$CV = \frac{\sqrt{\sigma^2}}{\bar{x}} \quad \text{em que:}$$

$$\sqrt{\sigma^2} = \text{desvio padrão da característica}$$

$$\bar{x} = \text{valor médio da característica.}$$

Modelo utilizado

A análise estatística foi realizada com base nas médias das 8 observações efectuadas em cada unidade experimental, critério geralmente adoptado em

análises de populações, tendo sido aplicado aos dados um modelo de análise de variância. Como foi referido anteriormente, a obtenção dos coeficientes de variação recorreu excepcionalmente às 8 observações efectuadas por unidade experimental.

Para a inferência estatística (estimação e testes) as proveniências foram consideradas factores de efeitos fixos e os blocos de efeitos aleatórios, tendo sido utilizado um modelo linear misto, não equilibrado (com 13 valores em falta). A escolha dum modelo linear misto pressupõe uma distribuição multivariada normal. O modelo tradicional de componentes da variância escolhido requer homogeneidade da variância das variáveis aleatórias e ausência de correlação entre essas variáveis, tendo sido efectuado um estudo prévio da sua distribuição. A altura e o diâmetro a 1,30 m seguem uma distribuição aproximadamente normal. As características observadas por notação de 1 a 6 seguem também uma distribuição aproximadamente normal, devido a terem sido utilizadas as médias de 8 observações. A sobrevivência, avaliada em percentagem, foi aproximada por uma normal, tendo sido aplicada a transformação angular $y = \arcsen \sqrt{p/100}$ para determinar as componentes da variância (MONTGOMERY, 1997). Os gráficos dos resíduos *vs.* valores predictos das variáveis constituem um método diagnóstico que aponta para a existência de homogeneidade da variância para as diferentes variáveis.

O ajustamento do modelo aos dados foi efectuado com abordagens baseadas em métodos de máxima verosimilhança. Esta é a técnica mais comum de estimação em estatística, partindo duma distribuição pressuposta das observações (neste caso a função normal) e cons-

truindo 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. Foi utilizado o procedimento PROC MIXED do software SAS® V8 (SAS Institute Inc., 1999), que efectua estas operações recorrendo ao algoritmo de Newton-Raphson. As estimativas das componentes da variância produzidas pelos métodos de máxima verosimilhança restrita (*Restricted Maximum Likelihood* ou *Residual Maximum Likelihood*) ou *REML*, e de máxima verosimilhança (*Maximum Likelihood*) ou *ML*, são tidas como preferíveis às produzidas pelo método dos momentos (McCULLOCH e SEARLE, 2001) e mais apropriadas na análise de modelos não equilibrados (MILLIKEN e JOHNSON 1992). Para estimar os parâmetros de covariância foi utilizado o método *REML*, que providencia uma correcção para o enviesamento encontrado com métodos de máxima verosimilhança.

O modelo misto utilizado foi o seguinte:

$$y = X\beta + Z\gamma + \varepsilon \quad \text{em que}$$

y = vector de observações

X = matriz de delineamento dos parâmetros associados às proveniências (indica a quais observações se deve associar cada uma das proveniências)

β = vector desconhecido dos parâmetros de efeitos fixos (média geral e efeitos das proveniências) com matriz conhecida X

Z = matriz de delineamento dos parâmetros associados aos blocos (indica a quais observações se deve associar cada um dos blocos)

γ = vector desconhecido dos parâmetros de efeitos aleatórios (efeitos dos blocos) com matriz conhecida Z

ε = vector desconhecido dos erros aleatórios

Admite-se que ε e γ têm distribuição normal, com

$$E(\varepsilon) = 0, \quad Cov(\varepsilon) = R$$

$$E(\gamma) = 0, \quad Cov(\gamma) = G$$

$$Cov(\varepsilon, \gamma) = 0.$$

Para G e R foi seleccionada a seguinte estrutura: G é uma matriz diagonal das componentes da variância igual a $\sigma^2_{\text{bloco}} I$, e R , também diagonal, é igual a $\sigma^2 I$, sendo I uma matriz identidade, σ^2 a variância do erro, e σ^2_{bloco} a variância dos blocos, que se considera homogênea.

Os estimadores dos parâmetros fixos $\hat{\beta}$ (média geral e efeitos das proveniências) são obtidos pela resolução das equações do modelo misto. Estes estimadores $\hat{\beta}$ são os melhores estimadores lineares empíricos não enviesados (*Empirical Best Linear Unbiased Estimator*) ou *EBLUE*. São "empíricos" porque se trata duma aproximação, uma vez que as variâncias de R e G não são conhecidas à partida. E "melhores" no sentido de apresentarem mínimos quadrados do erro. Os estimadores dos parâmetros aleatórios $\hat{\gamma}$ (efeitos dos blocos) são obtidos pelo mesmo processo. Estes estimadores $\hat{\gamma}$ são as melhores predições lineares empíricas não enviesadas (*Empirical Best Linear Unbiased Prediction*) ou *EBLUP*.

Para o cálculo das estimativas dos valores médios das proveniências para as várias características, a variável sobrevivência foi novamente transformada nas suas unidades originais (%). A declaração *Estimate* permitiu obter estimativas

EBLUE da grande média geral e dos valores médios das proveniências para cada característica.

A elaboração dos testes de hipóteses para testar várias combinações lineares dos valores médios das proveniências foi efectuada por meio de contrastes (declaração *Contrast*) com o modelo misto anteriormente descrito, recorrendo à variável sobrevivência transformada. A análise deste modelo misto incorpora automaticamente o termo do erro correcto nos testes estatísticos. Os contrastes para efeitos fixos elaboram a seguinte estatística F geral e aproximam a sua distribuição com uma distribuição F:

$$F = \frac{\begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma} \end{bmatrix}' L' (L' \hat{C} L)^{-1} L \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{\gamma} \end{bmatrix}}{\text{característica } (L)}$$

em que

$\hat{\beta}$ = vector das estimativas dos parâmetros fixos

$\hat{\gamma}$ = vector das estimativas dos parâmetros aleatórios

L = matriz dos coeficientes dos contrastes.

L' = matriz transposta dos coeficientes dos contrastes

\hat{C} = estimativa do inverso generalizado da matriz dos coeficientes nas equações do modelo misto.

Esta estatística F tem uma distribuição F aproximada com característica (L) graus de liberdade para o numerador. Os graus de liberdade para o denominador foram aproximados pelo método de Satterthwaite, por ser considerada mais rigorosa esta aproximação (McCULLOCH e SEARLE, 2001).

Na matriz L , que é da forma geral

$L \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}$ os γ são substituídos por zeros,

uma vez que não foram especificados efeitos aleatórios. Neste caso o espaço de inferência é alargado, isto é, as inferências são efectuadas através do conjunto dos blocos. A matriz C é uma matriz de covariância de $(\hat{\beta} - \beta, \hat{\gamma} - \gamma)$.

As inferências estatísticas são obtidas testando as hipóteses da forma geral:

$$H_0: L \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix} = 0 \text{ versus } H_1: L \begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix} \neq 0 \text{ em que}$$

os valores de γ são substituídos por zeros pelas razões acima referidas. Para responder às questões anteriormente apresentadas, algumas das hipóteses nulas foram testadas recorrendo a contrastes simultâneos.

Relação entre as características e variáveis geográficas e climáticas

Com o objectivo de conhecer o comportamento das proveniências portuguesas em relação às variáveis geográficas e climáticas de origem das proveniências, foram calculadas as correlações fenotípicas entre as variáveis de crescimento, forma e sobrevivência, e a altitude, latitude, longitude, temperatura média anual, precipitação total e número de dias de geada por ano. Para efeitos de cálculo as latitudes e longitudes foram convertidas a minutos. As estimativas foram obtidas por meio dos coeficientes de correlação de Pearson (ρ), segundo a expressão $\rho = \frac{COV(X,Y)}{\sqrt{VAR(X)VAR(Y)}}$

em que VAR e COV designam respectivamente variância e covariância de duas características X e Y , tendo sido utilizado o procedimento PROC CORR do SAS®.

Controlo genético das características

Determinação das componentes da variância

As componentes da variância utilizadas nos cálculos apresentados foram obtidas através dum modelo linear generalizado de efeitos aleatórios, o qual é um caso especial do modelo misto anteriormente descrito, distinguindo-se deste por não existirem factores fixos com excepção da média geral μ (McCULLOCH e SEARLE, 2001). No modelo de efeitos aleatórios a matriz X é elaborada incluindo apenas uma coluna de "1" para modelar a constante aditiva, que representa a média geral. Neste modelo há a considerar os mesmos pressupostos anteriores para os efeitos aleatórios, com o pressuposto adicional de independência entre os factores proveniências e blocos, com variância homogénea dos blocos σ^2_{bloco} e variância homogénea das proveniências $\sigma^2_{proveniência}$. G será agora uma matriz diagonal das componentes da variância σ^2_{bloco} e $\sigma^2_{proveniência}$.

Foi utilizado o procedimento PROC VARCOMP do SAS® que permite obter directamente as estimativas das componentes de variância, bem como as variâncias e covariâncias associadas a estas estimativas.

Heritabilidades em sentido lato

Como já foi referido anteriormente, a heritabilidade em sentido lato exprime, segundo NANSON (1970), a parte da variabilidade total que é reproductível desde que cada elemento genético permaneça idêntico a si próprio. FALCONER (1989, p.145) refere, para grupos geneticamente uniformes, o grau de determinação genética (V_G/V_E) que traduz a proporção de variância genética, aditiva

e não aditiva, em relação à variância total. Salvaguardado o significado que este parâmetro genético assume no caso das proveniências, e de acordo com a metodologia seguida por ALMEIDA (1993), foi determinada a heritabilidade em sentido lato H^2 para as várias características consideradas:

$$H^2 = \frac{\sigma^2_{Pr}}{\sigma^2_{Pr} + \frac{\sigma^2_b}{b} + \frac{\sigma^2_e}{bn}} \quad \text{em que:}$$

σ^2_{Pr} = Componente da variância relativa à proveniência

σ^2_b = Componente da variância relativa ao bloco

σ^2_e = Componente da variância relativa ao erro residual

b = Número de blocos (8)

n = Número de observações de cada proveniência em cada bloco (8).

Na expressão apresentada, a razão $\frac{\sigma^2_b}{b}$ estima a variância média dos blocos, e $\frac{\sigma^2_e}{bn}$ estima a variância média do erro, para as médias das proveniências. Foi determinado o erro padrão aproximado das heritabilidades estimadas recorrendo ao método proposto por GORDON *et al.* (1972) e LYNCH e WALSH (1997), devidamente adaptado à expressão utilizada.

Valor de utilização das proveniências

O valor transmitido por cada uma das proveniências em relação ao conjunto das proveniências em ensaio, que representa o valor de utilização de cada proveniência, foi determinado recorrendo à expressão:

$$\left(\frac{\bar{X}_{Pr} - \bar{X}_{geral}}{\bar{X}_{geral}} \cdot 100 \right) H^2 \quad \text{em que:}$$

\bar{X}_{Pr} = Valor médio estimado da característica na proveniência

\bar{x}_{geral} = Valor médio estimado da característica no conjunto das proveniências

H^2 = Heritabilidade em sentido lato da característica.

Relações entre as características

Com o objectivo de conhecer o tipo e grau de associação entre as características estudadas, foram estimadas as correlações entre os valores medidos das características, com base nas médias das 8 observações efectuadas em cada unidade experimental. Estes valores representam as correlações fenotípicas da árvore média entre unidades experimentais, correspondendo esta árvore média a um ideotipo que reúne as características médias das 8 árvores observadas. A determinação de correlações genéticas não se justifica neste ensaio, por se tratar de proveniências sem representação de famílias, ocorrendo uma elevada variação de origem ambiental e de origem genética que não é possível separar. As estimativas foram obtidas através dos coeficientes de correlação de Pearson, utilizando o procedimento PROC CORR do SAS®.

Resultados

Comparação do comportamento das proveniências

Variabilidade interproveniências por característica

No Quadro 4 estão representadas as estimativas das médias das proveniências, por ordem decrescente, para cada característica. Os resultados apresentados no Quadro 5 referem-se aos resultados dos testes de hipóteses efectuados

através de contrastes com as proveniências agrupadas de diferentes modos como foi exposto e para um nível de confiança de 5%.

O valor médio estimado da sobrevivência das proveniências neste local foi de 68%, variando entre 50% e 81%. Não houve diferenças significativas entre as proveniências para a sobrevivência para nenhum dos conjuntos estudados.

A proveniência com melhor altura média (D1097, semente testada australiana com origem em Leiria) era 13,9% mais alta que a média geral e 77,2% mais alta que a de crescimento mais lento (CUENCA), e a proveniência de maior diâmetro (PM36, Monção) era superior em 14,4% à média geral. As que ocupam os 4 primeiros lugares são originárias de pomares de semente australianos (D1097, SN7901), Monção (PM33, PM36) e Marinha Grande (PMG52). A proveniência de menor vigor foi CUENCA, e entre as portuguesas foi PMC43 (Macedo de Cavaleiros). As proveniências foram significativamente diferentes para a altura no conjunto geral (30) e no das portuguesas (22), mas para o diâmetro apenas no conjunto geral. Contudo, ao retirar CORSEGA e CUENCA da análise das 30 proveniências, deixaram de ser observadas diferenças significativas para o diâmetro (dados não apresentados).

CORSEGA foi a proveniência com melhor comportamento para as 4 características de forma, correspondendo ao que tem sido observado noutros estudos (DANJON, 1994; ALÍA *et al.*, 2001; HOPKINS e BUTCHER, 1993). CUENCA, que em vigor ocupava os últimos lugares, encontra-se agora entre as melhores proveniências. Os últimos lugares foram ocupados por LANDES, PL26, PL24 (Lousã), e PS45 (Sintra).

As proveniências foram significativamente diferentes para *rectidão do fuste*, *forma da copa*, *ângulo de inserção dos ramos* e *espessura dos ramos* no conjunto geral, mas não para o ângulo de inserção dos ramos e espessura dos ramos no conjunto das 22 portuguesas. O teste efectuado com uma amostra equilibrada de 14 proveniências portuguesas também evidenciou as diferenças significativas para a *altura*, *rectidão do fuste* e *forma da copa* que o conjunto das 22 proveniências portuguesas tinha revelado.

Num ensaio de proveniências de Pinheiro bravo no sudeste francês integrando proveniências de Leiria, Espanha, Landes, Sudeste francês, Córsega e Marrocos, foram encontradas diferenças significativas à escala *regional* para as características de vigor (HARFOUCHE *et al.*, 1995), mas reduzida diferenciação para as características de forma, em desacordo com os resultados deste estudo. Contudo evidenciou-se uma variabilidade muito significativa para o conjunto de todas as características estudadas à escala da *área da espécie*, concordando com os resultados agora apresentados, excepto no que diz respeito à sobrevivência.

Um ensaio de proveniências instalado em 5 locais da Espanha central e ocidental integrando proveniências espanholas, das Landes, de Leiria, Itália, Córsega e Marrocos, revelou igualmente uma elevada variação entre proveniências (ALÍA *et al.*, 1991; ALÍA *et al.*, 1995; ALÍA e MORO 1996; ALÍA *et al.*, 1997; ALÍA *et al.*, 2001), as quais apresentaram comportamentos diferentes nos vários locais para o crescimento, alterando em geral a sua ordem relativa de local para local. Assinala-se que a proveniência Leiria, incluída neste ensaio, revelou

estar entre as melhores em crescimento e forma. De um modo geral as proveniências atlânticas evidenciaram altura e diâmetro superiores e menor sobrevivência em locais com um período seco prolongado.

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 também que as populações de Leiria eram as mais vigorosas, exibindo superior resistência à secura, mas reduzida dominância apical e reduzida tolerância à geadas nas condições em que foram testadas. Esta sensibilidade à geadas foi identificada como a causa da elevada mortalidade verificada em 1956 em povoamentos com cerca de 30 anos instalados nas Landes com semente de Portugal e da Galiza (BOUVAREL 1960; RIBEIRO *et al.*, 2002).

Foram detectadas diferenças significativas entre os pomares de semente e as restantes proveniências, para todas as características excepto ângulo de inserção dos ramos, espessura dos ramos e sobrevivência (Quadro 5). As mesmas diferenças se verificaram entre as proveniências com origem em quatro regiões de proveniência (Monção, Arganil, Marinha Grande e restrita de Manteigas). As proveniências com origem nas diferentes classes de altitudes definidas anteriormente foram significativamente diferentes apenas para as características *altura*, *forma da copa* e *ângulo de inserção dos ramos*. As populações próximas oriundas de diferentes altitudes não foram significativamente diferentes para as características consideradas, à excepção das três populações de Monção, para a *rectidão do fuste* e das três populações da Lousã, para o *ângulo de inserção dos ramos*.

Variabilidade intraproveniências por característica

No Quadro 6 é apresentado o escalonamento decrescente das proveniências relativamente à variabilidade observada para cada característica, avaliada por meio do coeficiente de variação fenotípico (CV) com base em todos os genótipos observados. De um modo geral as proveniências apresentam elevados coeficientes de variação, especialmente no que diz respeito à sobrevivência e ao diâmetro. Esta variabilidade deve ser interpretada em conjunto com as estimativas das médias das proveniências para as várias características, apresentadas no Quadro 4.

No que diz respeito à sobrevivência, PL26 (Lousã) é a proveniência mais variável (56%) e PAS54 (Alcácer do Sal) a menos variável (13%). As proveniências com menor CV são PCSE0102 (pomar de semente do Escaroupim) para a altura (15%) e diâmetro (23%), revelando bom comportamento nas características de vigor; CUENCA (15%), LANDPS62 (pomar de semente, 19%) e CORSEGA (18% e 15%) para as 4 características de forma, que revelam bom comportamento neste tipo de características. Revela-se assim uma associação vantajosa de proveniências com razoável variabilidade, a qual está associada: a um bom crescimento médio na PCSE0102, a boas características de rectidão de fuste na CUENCA e de forma da copa na LANDPS62, a maiores ângulos de inserção dos ramos na CORSEGA e a menor espessura dos mesmos, também na CORSEGA.

Os resultados apresentados demonstram que esta variabilidade pode ainda ser explorada através da selecção de

genótipos dentro das proveniências referidas. Verifica-se que o material com origem em pomares clonais (PCSE0102, SN7901, SN5063, D1097 e LANDPS62), apesar de ter já sido sujeito a selecção, possui ainda variabilidade para acções de melhoramento. Por outro lado, as maiores variabilidades encontram-se associadas a proveniências com lugares não proeminentes no ordenamento dos valores estimados das médias, tornando-se menos interessantes para o melhoramento dessas características.

Relações entre as características e variáveis geográficas e climáticas

As correlações entre as características analisadas e as variáveis geográficas e climáticas de origem das proveniências portuguesas, e respectiva significância ao nível de 5% de confiança encontram-se representadas no Quadro 7. Todas as correlações se revelaram muito fracas, e em geral não significativas. As correlações significativas observaram-se para: a altura, que apresenta uma correlação positiva e fraca com a longitude; a rectidão do fuste, que revela uma correlação negativa e fraca com a precipitação total anual; a forma da copa, que apresenta uma correlação negativa com a longitude e positiva com o número de dias de geada por ano, ambas fracas; o ângulo de inserção dos ramos, que revela uma correlação com a longitude negativa e fraca. Foram detectadas correlações positivas fortes entre longitude e altura, e longitude e diâmetro numa análise de correlações semelhante que incluiu CORSEGA, CUENCA e LANDPS62 além das proveniências portuguesas (dados não apresentados).

Quadro 7 - Coeficientes de correlação de Pearson e respectiva significância a 5% entre parênteses, entre as características analisadas e as variáveis geográficas e climáticas de origem das proveniências portuguesas

| Coeficientes de correlação de Pearson | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|
| | Altitude | Latitude | Longitude | Temperatura média anual | Precipitação total anual | Nº dias geada/ano |
| Altura | -0,15 (0,0546) | -0,03 (0,7310) | 0,18 (0,0184) | 0,15 (0,056) | 0,00 (0,9921) | -0,11 (0,1571) |
| Diâmetro | -0,05 (0,5237) | 0,02 (0,7925) | 0,11 (0,1745) | 0,08 (0,3164) | 0,00 (0,9566) | -0,07 (0,3952) |
| Rectidão do fuste | -0,08 (0,3228) | 0,06 (0,4109) | -0,04 (0,6400) | 0,07 (0,3743) | -0,17 (0,0255) | 0,09 (0,2564) |
| Forma da copa | 0,12 (0,1238) | 0,12 (0,1347) | -0,22 (0,0042) | -0,09 (0,2483) | -0,14 (0,064) | 0,21 (0,0063) |
| Inserção dos ramos | 0,13 (0,0953) | 0,09 (0,2589) | -0,19 (0,014) | -0,10 (0,1834) | -0,03 (0,684) | 0,13 (0,0820) |
| Espessura dos ramos | -0,06 (0,4632) | -0,03 (0,7050) | -0,03 (0,6858) | -0,01 (0,9435) | -0,06 (0,4587) | 0,09 (0,2387) |
| Sobrevivência | 0,02 (0,7759) | -0,06 (0,4492) | -0,07 (0,3385) | -0,04 (0,6510) | 0,01 (0,8704) | 0,08 (0,2892) |

Controlo genético das características

Heritabilidades em sentido lato

As componentes da variância da proveniência, do bloco e do erro, desvios padrão fenotípicos e heritabilidades em sentido lato foram determinadas para cada uma das características, apresentando-se os seus valores no Quadro 8. Os erros padrão estimados para as componentes da variância e heritabilidades encontram-se entre parênteses. Os dados apresentados para a sobrevivência referem-se à variável sujeita à transformação angular.

Assinala-se, para as várias características, a ocorrência de elevados erros padrão na determinação da componente da variância relativa à proveniência (30% a 60% do valor estimado) e da componente da variância relativa ao bloco (55% a 75% do valor estimado). Os erros

padrão para as estimativas do erro residual oscilam à volta de 10% do valor destas estimativas. Os valores da heritabilidade em sentido lato são elevados para a altura, forma da copa, rectidão do fuste, diâmetro e ângulo de inserção dos ramos. O valor é moderado para a espessura dos ramos, e muito fraco para a sobrevivência. ALÍA e MORO (1996) verificaram, no ensaio já referido de proveniências em Espanha, que as heritabilidades em sentido lato eram superiores a 0,50 para a altura total, diâmetro e sobrevivência, estando de acordo com os resultados apresentados neste estudo no que diz respeito às duas primeiras características mas não à sobrevivência. A reduzida estimativa obtida para esta última característica poderá estar associada a condições específicas deste campo experimental, as quais serão discutidas mais adiante.

Quadro 8 - Componentes da variância da proveniência, do bloco e do erro, desvios padrão fenotípicos e heritabilidades em sentido lato para as diferentes características, com a variável sobrevivência sujeita à transformação angular (erros padrão entre parênteses)

| Característica | Componentes da variância | | | Desvio padrão fenotípico (σ_F) | Heritabilidade em sentido lato (H^2) |
|---------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|---|--|
| | Proveniência | Bloco | Erro | | |
| Altura | 0,35 (0,106) | 0,40 (0,222) | 0,41 (0,042) | 0,670 | 0,78 (0,072) |
| Diâmetro | 0,87 (0,298) | 1,82 (1,009) | 1,98 (0,203) | 1,158 | 0,65 (0,101) |
| Rectidão do fuste | 0,06 (0,021) | 0,03 (0,018) | 0,17 (0,017) | 0,285 | 0,70 (0,082) |
| Forma da copa | 0,05 (0,017) | 0,02 (0,015) | 0,11 (0,012) | 0,262 | 0,75 (0,070) |
| Inserção dos ramos | 0,03 (0,013) | 0,04 (0,025) | 0,13 (0,014) | 0,228 | 0,58 (0,115) |
| Espessura dos ramos | 0,01 (0,006) | 0,05 (0,027) | 0,09 (0,010) | 0,164 | 0,35 (0,156) |
| Sobrevivência | 0,00 (0,002) | 0,01 (0,006) | 0,04 (0,005) | 0,087 | 0,10 (0,229) |

Os erros padrão associados às estimativas das heritabilidades revelaram-se elevados para as heritabilidades da espessura dos ramos (50% da estimativa) e particularmente da sobrevivência (229% desta estimativa). Para as restantes heritabilidades variam entre valores aceitáveis de 10% e 20% do valor das estimativas. A magnitude dos erros padrão associados às estimativas das heritabilidades da espessura dos ramos e principalmente da sobrevivência, revelam um elevado grau de incerteza na inferência destes parâmetros. Por esta razão estas duas características não foram consideradas para a determinação do valor de utilização das proveniências.

O elevado grau de incerteza afectando as estimativas destas duas últimas heritabilidades leva a crer que estes parâmetros não podem ser estimados com rigor com o critério de avaliação utilizado ou com as presentes condições experimentais do local, onde as estimativas das componentes da

variância para estas duas características se revelaram praticamente nulas.

Valor de utilização das proveniências

O valor percentual transmitido por cada uma das proveniências para cada característica, em relação ao conjunto das proveniências em ensaio, encontra-se expresso no Quadro 9. Verifica-se que a selecção de D1097 (pomar de semente australiano) pode conduzir a um aumento de cerca de 10% em altura, a selecção de PM36 (Monção) a um aumento de 9% em diâmetro, e a selecção de CORSEGA a um aumento entre 11 a 13% nas características de forma.

Relações entre as características

As correlações entre as características analisadas (correlações fenotípicas da árvore média entre unidades experimentais) encontram-se representadas no Quadro 10 com a respectiva significância

ao nível de 5% de confiança. Destaca-se uma correlação positiva muito forte entre altura e diâmetro. Torna-se evidente uma correlação forte entre inserção e espessura dos ramos, descendo para correlações mais fracas entre rectidão de fuste e espessura dos ramos, inserção dos ramos ou forma da copa. As quatro variáveis de forma correlacionam-se positivamente. Ocorrem correlações negativas geralmente médias a fracas

entre as características de crescimento (altura, diâmetro) e as de forma, sendo a correlação entre a altura e a rectidão do fuste muito fraca, e não significativa. Alturas e diâmetros superiores apresentaram uma tendência razoável para se associarem a copas menos regulares, ramos mais oblíquos e mais grossos. As relações entre a sobrevivência e a altura, rectidão do fuste e a espessura dos ramos revelam-se positivas e fracas.

Quadro 9 - Valores de utilização (Val ut) de cada proveniência (Proven) para cada característica (% em relação ao valor fenotípico médio geral das proveniências)

| Altura | | Diâmetro | | Rectidão do fuste | | Forma da copa | | Inserção dos ramos | |
|----------|--------|----------|--------|-------------------|--------|---------------|--------|--------------------|--------|
| Proven | Val ut | Proven | Val ut | Proven | Val ut | Proven | Val ut | Proven | Val ut |
| D1097 | 10,15 | PM36 | 9,35 | CORSEGA | 11,00 | CORSEGA | 12,69 | CORSEGA | 12,34 |
| PM36 | 9,47 | D1097 | 7,54 | PCSE0102 | 9,34 | CUENCA | 10,48 | PMC43 | 5,97 |
| SN7901 | 8,61 | SN7901 | 7,54 | CUENCA | 7,00 | PMC43 | 9,44 | CUENCA | 4,14 |
| PMG52 | 7,99 | PM33 | 6,92 | SN7901 | 6,70 | LANDES | 7,72 | PMA29 | 2,84 |
| PM33 | 7,24 | PM34 | 5,11 | D1097 | 6,42 | PCSE0102 | 5,99 | PM33 | 2,57 |
| PCSE0102 | 7,00 | PMG52 | 4,72 | PM33 | 6,13 | D1097 | 4,26 | PMG12 | 2,32 |
| SN5063 | 6,23 | PCSE0102 | 4,30 | PMB39 | 5,54 | LANDPS62 | 3,34 | D1097 | 2,31 |
| PMG12 | 6,07 | SN5063 | 3,67 | PMC43 | 4,67 | PB42 | 2,24 | PB42 | 2,17 |
| PM34 | 4,83 | PMG12 | 3,51 | PMG46 | 2,63 | PMA29 | 2,19 | PL20 | 1,79 |
| PL24 | 4,11 | PMT40 | 3,46 | PMG52 | 1,76 | SN7901 | 1,63 | PMA30 | 1,42 |
| PMG46 | 4,10 | PS45 | 2,94 | SN5063 | 1,46 | PM33 | 1,49 | PMG46 | 1,42 |
| PL20 | 3,15 | PL24 | 2,23 | PB42 | 1,13 | PMG46 | 1,05 | PAS54 | 1,27 |
| PS45 | 2,22 | PMG46 | 2,20 | PA18 | 1,08 | PMT40 | 0,80 | PFF06 | -0,02 |
| PMA30 | 2,09 | PSP02 | 1,68 | PMG12 | 0,98 | SN5063 | 0,80 | PMB39 | -0,04 |
| PFF06 | 1,44 | PAS54 | 1,48 | PMA29 | 0,88 | PAS54 | 0,26 | PMT40 | -0,04 |
| PAS54 | 1,20 | PMA30 | 1,48 | PFF06 | -1,21 | PMA30 | 0,15 | GA82 | -0,57 |
| PB42 | 1,17 | PL20 | 1,26 | PM36 | -1,25 | PFF03 | -0,58 | PCSE0102 | -0,57 |
| PA18 | 1,10 | PL26 | 1,16 | PFF03 | -2,04 | PM34 | -1,22 | PSP02 | -0,57 |
| PFF03 | 1,01 | PB42 | 1,13 | PMT40 | -2,04 | PM36 | -1,48 | PM36 | -1,14 |
| PMT40 | 0,59 | PFF03 | 0,00 | GA82 | -2,63 | PMB39 | -2,65 | PM34 | -1,76 |
| PSP02 | 0,20 | PFF06 | -1,06 | PAS54 | -3,54 | GA82 | -4,04 | SN7901 | -1,81 |
| PMB39 | -0,90 | PA18 | -1,52 | PL20 | -4,38 | PA18 | -4,78 | PA18 | -2,02 |
| PL26 | -1,28 | PMA29 | -2,09 | PMA30 | -4,68 | PMG12 | -4,99 | PL26 | -2,66 |
| PMA29 | -1,48 | GA82 | -2,72 | LANDPS62 | -4,97 | PSP02 | -5,07 | SN5063 | -2,66 |
| GA82 | -2,25 | PMB39 | -3,98 | PL24 | -5,20 | PMG52 | -5,40 | PMG52 | -2,71 |
| LANDPS62 | -10,03 | LANDPS62 | -4,31 | PS45 | -5,54 | PL20 | -5,76 | PFF03 | -2,92 |
| PMC43 | -10,52 | PMC43 | -5,44 | PSP02 | -5,54 | PS45 | -5,76 | LANDES | -3,97 |
| LANDES | -10,66 | LANDES | -6,80 | PM34 | -6,84 | PFF06 | -6,46 | LANDPS62 | -4,48 |
| CORSEGA | -24,64 | CORSEGA | -19,26 | PL26 | -7,00 | PL24 | -7,72 | PS45 | -4,49 |
| CUENCA | -28,03 | CUENCA | -24,40 | LANDES | -7,88 | PL26 | -11,64 | PL24 | -7,38 |

Quadro 10 - Coeficientes de correlação de Pearson (significância a 5% entre parênteses), das características analisadas recorrendo às médias das 8 observações entre unidades experimentais

| Coeficientes de correlação de Pearson | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------|
| | Altura | Diâmetro | Rectidão do fuste | Forma da copa | Inserção dos ramos | Espessura dos ramos | Sobrevivência |
| Altura | 1,00 | | | | | | |
| Diâmetro | 0,93 (<0,0001) | 1,00 | | | | | |
| Rectidão do fuste | -0,07 (0,2984) | -0,19 (0,0041) | 1,00 | | | | |
| Forma da copa | -0,32 (<0,0001) | -0,23 (0,0005) | 0,35 (<0,0001) | 1,00 | | | |
| Inserção dos ramos | -0,43 (<0,0001) | -0,48 (<0,0001) | 0,44 (<0,0001) | 0,41 (<0,0001) | 1,00 | | |
| Espessura dos ramos | -0,35 (<0,0001) | -0,46 (<0,0001) | 0,48 (<0,0001) | 0,33 (<0,0001) | 0,75 (<0,0001) | 1,00 | |
| Sobrevivência | 0,23 (0,0005) | 0,02 (0,7159) | 0,28 (<0,0001) | -0,05 (0,4109) | 0,08 (0,2308) | 0,18 (0,0076) | 1,00 |

Discussão

A ocorrência de comportamentos significativamente diferentes entre as 30 proveniências para a maior parte das características, põe em evidência a existência de variabilidade que pode ser explorada pela selecção a nível da proveniência. Os elevados coeficientes de variação fenotípica apresentados pela maior parte das proveniências para a maioria das características indicia também a possibilidade de obter progressos genéticos a partir de selecções efectuadas nas proveniências.

Os melhores comportamentos em altura e diâmetro pertencem a proveniências que representam pomares de semente (D1097, SN7901, PCSE0102, SN5063), a Monção (PM36, PM 33, PM 34) e à Marinha Grande (PMG52). Os escalonamentos obtidos confirmaram o valor do material genético melhorado, e dos genótipos oriundos de regiões

conhecidas tradicionalmente pelo bom desenvolvimento do Pinheiro bravo. Entre as melhores proveniências em características de forma encontram-se algumas de crescimento lento (CORSEGA, CUENCA) mas também algumas de rápido crescimento (PCSE0102, SN7901), demonstrando a possibilidade de associar um bom crescimento a boas características de forma. O comportamento superior das proveniências que representam semente seleccionada ou controlada foi evidenciado na diferenciação obtida para as características de crescimento, rectidão do fuste e forma da copa. É de salientar que as proveniências D1097, SN7901, PCSE0102, SN5063 integram material genético de Leiria, tendo a proveniência Leiria revelado um excelente crescimento nos ensaios de proveniências instalados na Austrália (HOPKINS e BUTCHER 1993), e estando entre as melhores em crescimento e forma nos ensaios espanhóis. Nestes dois

ensaios não foi testado material proveniente de Monção.

A explicação para o facto de não se terem revelado diferenças significativas para algumas características (diâmetro, inserção dos ramos, espessura dos ramos) entre as proveniências portuguesas, quer quando se considerou o conjunto das 22 ou das 14 proveniências, pode assentar em várias razões.

1) Em primeiro lugar, o facto de ter ocorrido no século passado uma mistura de semente de Pinheiro bravo oriunda de várias regiões de Portugal, e que foi utilizada para sementeiras e plantações através de todo o País (RADICH e ALVES 2000). Cada proveniência portuguesa em ensaio teria assim uma composição génica muito heterogénea, e por outro lado, no conjunto destas proveniências, a base genética seria bastante homogénea, o que explicaria a reduzida diferenciação entre as proveniências portuguesas. Num estudo que utilizou marcadores nucleares e citoplásmicos com o objectivo de avaliar a variabilidade genética em 11 das proveniências portuguesas deste ensaio (RIBEIRO *et al.*, 2001), os autores confirmaram a existência de uma reduzida diferenciação entre populações, e grande variação intrapopulacional. O facto foi atribuído ao extenso fluxo génico que ocorreu no século passado, e os resultados estão de acordo com o presente estudo no local do Escaroupim. Contudo, embora não tenha sido evidenciado um padrão geográfico na análise efectuada por marcadores moleculares associados a características neutras, e assumindo que possam ter ocorrido processos adaptativos desde a fase de instalação destas populações (nas populações instaladas por sementeira, as elevadas densidades utilizadas teriam provocado uma elevada competição

entre as árvores, podendo ter ocasionado alguma selecção natural), é possível que um padrão se torne visível quando for reunida informação de todos os locais de ensaio para características associadas a processos de adaptação.

2) Em segundo lugar, o ensaio é ainda bastante jovem. As árvores observadas têm apenas 8 anos de instalação (9 de idade), podendo vir a verificar-se algumas alterações nos resultados dentro de alguns anos. No entanto, ALÍA *et al.* (1991), num estudo sobre a interacção proveniência - idade efectuado em 52 proveniências de Pinheiro bravo em Espanha, verificaram que a selecção das melhores proveniências poderá fazer-se aos 5 anos, se não se reduzir demasiado o número de proveniências. Num estudo efectuado nos vários locais deste ensaio de proveniências de Pinheiro bravo aos 4 anos de instalação, destacaram-se já os bons resultados (altura e sobrevivência) das mesmas proveniências (AGUIAR *et al.*, 1995; AGUIAR *et al.*, 1999). O estudo da altura nos vários campos experimentais revelou haver algumas alterações no escalonamento das proveniências segundo os locais (CORREIA *et al.*, 2000). PMC43 (Macedo de Cavaleiros) e PMT40 (Montalegre) incluíam-se nos 5 primeiros lugares na Malcata (de altitude semelhante à da origem destas proveniências), porém em nenhum outro local. Confirma-se a necessidade de obter informação de todos os locais de ensaio para uma correcta avaliação do comportamento das proveniências e da interacção genótipo x ambiente.

3) Por outro lado, a amostragem que deve ser realizada no estudo de proveniências implica a observação de indivíduos seleccionados aleatoriamente. Estes fenótipos podem apresentar grandes diferenças entre si, recorrendo-

-se em geral a médias das observações (por se tratar do estudo de populações) para efectuar a análise estatística. Ainda assim, a variação encontrada pode ser apreciável, inflacionando o erro experimental e reduzindo a possibilidade de detectar diferenças entre proveniências. Com efeito, neste local o erro experimental representa uma grande percentagem da variação total para as diferentes características (esta percentagem é obtida recorrendo à razão entre a componente da variância relativa ao erro e a soma de todas as componentes de variância), nomeadamente para a altura 35%, para o diâmetro 42%, para a rectidão do fuste 65%, para a forma da copa 61%, para a inserção dos ramos 65%, para a espessura dos ramos 60% e para a sobrevivência 80%.

4) Por último, a grande dimensão dos blocos e a ocorrência de ataques de parasitas geram também componentes da variância do bloco e do erro residual inflacionadas, como se verificou através da informação recolhida neste local (Quadro 8), dificultando a percepção de causas genéticas na variação encontrada. Por outro lado, as condições deste local de ensaio poderão não ser as ideais para diferenciar o comportamento das proveniências portuguesas, uma vez que a altitude e o regime de temperaturas e precipitação não representam condições limite que permitam diferenciar populações adaptadas a essas condições. É por isso necessário esperar pelos resultados dos restantes locais de ensaio para se efectuar uma avaliação mais bem fundamentada.

A forma e a dimensão dos blocos e das unidades experimentais, e o número de entradas genéticas (proveniências, famílias, clones), tem sido abordada por vários autores. CORRELL *et al.* (1987)

efectuaram estudos em ensaios de *Pinus radiata* e concluíram que os blocos deveriam ser pequenos e o número de unidades experimentais por bloco deveria igualar a raiz quadrada do número de tratamentos, o que conduziria no caso deste ensaio a $\sqrt{30} = 5,5 \approx 6$ árvores. A plantação de 30 árvores por unidade experimental foi efectuada inicialmente com o objectivo de criar condições microambientais específicas para cada proveniência (BURLEY, 1976), e reduzir os efeitos de competição entre proveniências diferentes. Proveniências de crescimento mais rápido poderiam influenciar o comportamento de proveniências adjacentes, e assim a resposta destas não seria representativa do seu comportamento em plantações.

O compasso utilizado e o modelo de silvicultura aplicado para o Pinheiro bravo dependem dos objectivos pretendidos e das condições da estação. As proveniências estão representadas por árvores instaladas ao compasso de 2 m na linha e 3 m entre linhas no Escaroupim, o qual propicia uma competição forte entre as árvores. Foram já efectuadas várias limpezas de mato e a primeira desramação, segundo o modelo recomendado para a produção de lenho e um tipo de silvicultura média com esta espécie (FPFP, s.d.). MAGNUSSEN (1993) refere que a competição entre as árvores (luz, água, nutrientes) provoca interacções entre estas, pondo em causa o pressuposto de independência das observações, sugerindo como uma das formas de abordar este problema a utilização de grandes unidades experimentais que representem as condições naturais nas quais as árvores se irão desenvolver, onde a competição será um processo natural.

Os resultados da comparação entre

populações próximas não permitiram detectar se a quase ausência de diferenças significativas entre essas populações era devida a idênticos processos evolutivos de adaptação a locais de condições muito semelhantes, ou se era resultante das razões anteriormente apresentadas. Estas razões estariam também na origem duma diferenciação não muito clara (*vide* Quadro 5) entre proveniências com origem em algumas regiões de proveniência. O facto de não se encontrarem representadas todas as regiões, e de não dispormos ainda de observações nos outros locais de ensaio, não permite extrair quaisquer ilações. A altitude representa um factor de diferenciação entre as proveniências nacionais apenas para algumas características. A latitude e longitude de origem das proveniências nacionais não parecem ser factores determinantes de discriminação entre estas proveniências para a quase totalidade das características avaliadas neste local de ensaio.

As heritabilidades em sentido lato estimadas neste campo experimental permitem antever que a selecção das proveniências para cada uma das seguintes características - altura, diâmetro, rectidão do fuste, forma da copa ou ângulo de inserção dos ramos - pode permitir respostas muito favoráveis, reflectidas pelos valores de utilização das proveniências apresentados para as várias características. Contudo o elevado grau de incerteza associado às heritabilidades estimadas para a espessura dos ramos e especialmente para a sobrevivência, que poderá ser consequência dos critérios de avaliação utilizados ou das condições experimentais do local pelas razões anteriormente apresentadas, levam a crer que estes parâmetros não

podem ser estimados com rigor com a metodologia aplicada. O facto de as características primeiramente referidas apresentarem coeficientes de variação moderados indica que a selecção de génotipos dentro das proveniências poderá também vir a conduzir a ganhos apreciáveis (Quadro 6).

As correlações fenotípicas das árvores entre unidades experimentais evidenciam a existência de algumas dependências entre características através do ensaio. A forte dependência entre a altura e o diâmetro poderá permitir a aplicação de modelos nos quais a medição do diâmetro num número adequado de árvores, garanta uma estimativa, com um razoável grau de rigor, da altura total, cuja medição é mais difícil e dispendiosa.

No escalonamento das proveniências segundo o valor de utilização evidenciam-se as proveniências D1097 (pomar de semente australiano), PM36 (Monção) e SN7901 (pomar de semente australiano), com melhor crescimento neste local, e as proveniências CORSEGA, PCSE0102 (pomar de semente do Escaroupim) e CUENCA com a melhor forma. ZOBEL e KELLISON (1978) acentuaram a enorme importância da adaptabilidade face às características de crescimento na selecção de proveniências. Embora o vigor esteja íntimamente ligado à adaptabilidade, outras características como a sobrevivência, a tolerância à secura, ou a resistência aos ataques de parasitas assumem grande relevo na determinação da adaptabilidade das proveniências. As condições do campo experimental onde decorreu este estudo, ocasionando uma grande variabilidade para a sobrevivência, e as limitações impostas pelos recursos materiais e humanos disponíveis, que

condicionaram o número de características observadas, não permitiram por enquanto uma avaliação global de características adaptativas, as quais serão no entanto da maior importância para futuras selecções.

Conclusões

Verificou-se a existência de diferenças significativas de comportamento entre o grupo geral das proveniências, podendo ser esperados, aos 8 anos, incrementos até 0,56 m na altura total se for seleccionada, através do valor de utilização, a melhor proveniência para plantações em condições semelhantes às do Escaroupim. Deve ser dada preferência a material com origem em pomares de semente (D1097, PCSE0102, SN7901) e em Monção (PM33, PM36) e tomar em consideração que estas proveniências manifestam coeficientes de variação moderados, permitindo ainda obter ganhos apreciáveis pela selecção de génotipos neste material.

O ensaio de proveniências apenas poderá cumprir plenamente os seus objectivos quando for possível dispôr de informação de todos os locais em que está instalado, a qual será determinante para avaliar a interacção genótipo x ambiente e para fornecer indicações acerca de:

- transferência de material reprodutivo entre regiões
- número adequado de regiões de proveniência
- estabilidade fenotípica, possibilitando a selecção de proveniências de comportamento médio através dos locais, e de proveniências de melhor comportamento em locais específicos.

Bibliografia

- AGUIAR, A., 1989. *Estudo da variabilidade genética de algumas características juvenis em descendências maternas de pinheiro bravo (Pinus pinaster Aiton)*. Tese, INIA - EFN, Lisboa.
- AGUIAR, A., 1990. Comportamento de famílias de *Pinus pinaster* Ait. (fase juvenil) relativamente ao ataque de alguns insectos parasitas primários. In *Actas do II Congresso Florestal Nacional*, Porto. B10-03.
- AGUIAR, A., ALPUIM, M., ROLDÃO, M.I., 1995. Ensaio de Proveniências de *Pinus pinaster* Ait. (Resultados Preliminares). *Silva Lusitana* **3**(1) : 53-63.
- AGUIAR, A., ROLDÃO, M.I., ESTEVES, I., BAETA, J., 1999. Ensaio de Proveniências de *Pinus pinaster* Ait. Resultados de quatro anos de ensaio. *Silva Lusitana* **7**(1) : 39-47.
- ALÍA, R., GIL, L., PARDOS, J.A., 1995. Performance of 43 *Pinus pinaster* Ait. Provenances on 5 Locations in Central Spain. *Silvae Genetica* **44**(2-3) : 75-81.
- ALÍA, R., GIL, L., PARDOS, J.A., CATALÁN, G., 1991. Interacción procedencia-edad en 52 procedencias de *Pinus pinaster* Ait. en España. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* **0** : 11-24.
- ALÍA, R., MORO, J., 1996. Comportamiento de procedencias de *Pinus pinaster* en el centro de España. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* **5**(1) : 57-75.
- ALÍA, R., MORO, J., DENIS, J.B., 2001. Ensayos de procedencias de *Pinus pinaster* Ait. en el centro de España: resultados a la edad de 32 años. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* **10**(2) : 333-354.
- ALÍA, R., MORO, J., DENIS, J.B., 1997. Performance of *Pinus pinaster* provenances in Spain: interpretation of the genotype by environment interaction. *Canadian Journal of Forest Research* **27**(10) : 1548-1559.
- ALMEIDA, M.H., 1993. *Estudo da Variabilidade Geográfica em Eucalyptus globulus Labill.* Tese de Doutoramento, ISA, Lisboa.
- ALPUIM, M., 1971. Algumas considerações sobre o melhoramento genético do Pinheiro bravo. *Estudos e informações DGSFA*. nº 257.

- BOUVAREL, P., 1960. Note sur la résistance au froid de quelques provenances de pin maritime. *Revue Forestière Française* **12** : 495-508.
- BURLEY, J., WOOD, P.J., 1976. *A manual on species and provenance research with particular reference to the tropics*. Tropical Forestry papers, University of Oxford, N°10.
- CARNEIRO, M., LOBO, P., SOUSA, H., CARRASQUINHO, I., CORREIA, I., AGUIAR, A., 2001. Estudos de Base para a Delimitação de Regiões de Proveniência de Pinheiro Bravo. *Silva Lusitana* **9**(1) : 35-46.
- CORREIA, I., AGUIAR, A., CARRASQUINHO, I., BAETA, J., 2001. Comparação do comportamento de proveniências de pinheiro bravo. In *Actas do 4º Congresso Florestal*, Évora.
- CORRELL, R.L., CELLIER, K.M., 1987. Effects of Plot Size, Block Size and Buffer Rows on the Precision of Forestry Trials. *Australian Forest Research* **17**(1) : 11-18.
- COTERILL, P.P., DEAN, C.A., 1990. *Successful Tree Breeding with Index Selection*. Ed. CSIRO, Australia.
- DANJON, F., 1994. Stand Features and Height Growth in a 36-Year-Old Maritime Pine (*Pinus pinaster* Ait.) Provenance Test. *Silvae Genetica* **43**(1) : 52-62.
- DESTREMEAU, D.X., JOLLY, H., THARI, T., 1976. Contribution à la connaissance des provenances de *Pinus pinaster*. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc* **16** : 101-153.
- DIRECÇÃO GERAL DAS FLORESTAS, 2000. *Distribuição das Florestas em Portugal Continental: 3ª Revisão do Inventário Florestal Nacional*. Divisão de Inventário e Estatísticas Florestais.
- EL HASSANI, A., GRAF, P., HEAOUI, M., HARRACHI, K., MESSAOUDI, J., MZIBRI, M., STIKI, A., 1994. *Ravageurs et maladies des forêts au Maroc. Guide pratique pour la protection phytosanitaire des forêts*. Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole. Direction de la Protection des Végétaux, des Contrôles Techniques et de la Répression des Fraudes. Royaume du Maroc.
- FALCONER, D.S., 1989. *Introduction to quantitative genetics*. 3rd edition. Ed. Longman Group Ltd.
- FEDERAÇÃO DOS PRODUTORES FLORESTAIS DE PORTUGAL (FPFP), (s.d.). *O Pinheiro bravo*. Caderno Técnico. ed. FPFP, Lisboa.
- GORDON, I.L., BYTH, D.E., BALAAM, L.N., 1972. Variance of heritability ratios estimated from phenotypic variance components. *Biometrics*. **28** : 401-415.
- GUYON, J.P., KREMER, A., 1982. Phenotypic stability of height growth, daily changes in sap pressure and transpiration in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Canadian Journal of Forest Research* **12** : 936-946.
- HARFOUCHE, A., BARADAT, P., DUREL, C.E., 1995. Variabilité intraspécifique chez le pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) dans le sud-est de la France. I. Variabilité des populations autochtones et des populations de l'ensemble de l'aire de l'espèce. *Annales des Sciences Forestières* **52** : 307-328.
- HARFOUCHE, A., KREMER, A., 2000. Provenance hybridization in a diallel mating scheme of maritime pine (*Pinus pinaster*). I. Means and variance components. *Canadian Journal of Forest Research* **30** : 1-9.
- HOPKINS, E.R., BUTCHER, T.B., 1993. Provenance comparisons of *Pinus pinaster* Ait. in Western Australia. *CalmScience* **1**(1) : 55-105.
- HOPKINS, E.R., BUTCHER, T.B., 1994. Improvement of *Pinus pinaster* Ait. in Western Australia. *CalmScience* **1**(2) : 159-242.
- ILLY, G., 1966. Recherches sur l'amélioration génétique du pin maritime. *Annales des Sciences Forestières* **23** : 757-948.
- ISIK, F., KESKIN, S., MCKEE, S.E., 2000. Provenance Variation and Provenance-site Interaction in *Pinus brutia* TEM.: Consequences of Defining Breeding Zones. *Silvae Genetica* **49**(4-5) : 213-222.
- KREMER, A., ROUSSEL, G., 1986. Décomposition de la croissance en hauteur du pin maritime. Variabilité géographique des composantes morphogénétiques et phéno-logiques. *Annales des Sciences Forestières* **43** : 15-34.

- LYNCH, M., WALSH, B., 1998. *Genetics and Analysis of Quantitative Traits*. Sinauer Associates, Inc., USA.
- MAGNUSSEN, S., 1993. Design and analysis of tree genetic trials. *Canadian Journal of Forest Research* **23** : 1144-1149.
- MATZIRIS, D.I., 1982. Variation in growth and quality characters in *Pinus pinaster* provenances grown at seven sites in Greece. *Silvae Genetica* **31** : 168-173.
- MCCULLOCH, C.E., SEARLE, S.R., 2001. *Generalized, Linear and Mixed Models*. Ed. John Wiley & Sons.
- MILLIKEN, G.A., JOHNSON, D.E., 1997. *Analysis of Messy Data, Volume I: Designed Experiments*. Ed. Chapman & Hall, London.
- MONTGOMERY, D.C., 1997. *Design and Analysis of Experiments*. 4^a ed., John Wiley & Sons. New York.
- NANSON, A., 1970. L'Héritabilité et le gain d'origine génétique dans quelques types d'expériences. *Silvae Genetica* 19, Heft 4.
- RADICH, M.C.E., ALVES, A.M., 2000. *Dois Séculos da Floresta em Portugal*. Celpa- Associação da Indústria Papeleira, Lisboa.
- RIBEIRO, M.M., 2001. *Genetics of Pinus pinaster Aiton with Cytoplasmic and Nuclear Markers*. PhD Thesis. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Silvestria* 177, Swedish Un. of Agr. Sciences.
- RIBEIRO, M.M., LEPROVOST, G., GERBER, S., VENDRAMIN, G.G., ANZIDEI, M., DECROOCQ, S., MARPEAU, A., MARIETTE, S., PLOMION, C., 2002. Origin identification of maritime pine stands in France using chloroplast simple-sequence repeats. *Annals of Forest Science* **59**(1) : 53-62.
- RIBEIRO, M.M., PLOMION, C., PETIT, R., VENDRAMIN, G.G., SZMIDT, A.E., 2001. Variation of chloroplast simple-sequence repeats in Portuguese maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Theoretical and Applied Genetics* **102**(1) : 97-103.
- ROULUND, H., ALPUIM, M., VARELA, M.C., AGUIAR, A., 1988. *A Tree Improvement plan for Pinus pinaster in Portugal*. EFN. Lisboa.
- SHUTYAEV, A.M., GIERTYCH, M., 1997. Height Growth Variation in a Comprehensive Eurasian Provenance Experiment of (*Pinus sylvestris* L.). *Silvae Genetica* **46**(6) : 332-349
- SIMSEK, Y., TULUKCU, M., TOPLU, F., 1985. Studies on the variation in growth and quality characteristics of *Pinus pinaster* (Ait.) provenance trials in Turkey. *Ormançilik Arastirma Enstitusu Yayinlari, Ankara, Tek. Bul. Ser. N° 149*.
- WRIGHT, J.W., 1976. *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press, Inc., New York.
- ZOBEL, B.J., KELLISON, R.C., 1978. The rate of growth syndrome. *Silvae Genetica* **27**(3-4): 123
- ZOBEL, B., TALBERT, J., 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. John Wiley & Sons. New York.

Entregue para publicação em Janeiro de 2004

Aceite para publicação em Julho de 2004