

Estrutura e Caracterização Anatômica da Madeira de Carvalho-Português (*Quercus faginea* Lam.)

Vicelina B. Sousa, Sofia Cardoso e Helena Pereira

UTL. Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Tapada da Ajuda 1349-017
LISBOA

Resumo. Apresenta-se um estudo sobre a madeira de carvalho-português (*Quercus faginea* Lam.), uma das mais importantes espécies de carvalho autóctones do nosso território. Este trabalho está integrado num projecto de investigação cujo principal objectivo é identificar novos usos de qualidade para a madeira de carvalho-português. Seleccionaram-se e abateram-se 10 árvores, com idades entre 34 e 60 anos, no Nordeste Transmontano, e recolheram-se rodela a 1,30 m de altura. Estudou-se para cinco árvores a variação radial na árvore e entre árvores das dimensões das fibras, raios e vasos.

A madeira apresenta porosidade em anel, normalmente com camadas de crescimento bem distintas e vasos solitários orientados radialmente. O padrão de variação radial das fibras caracterizou-se por um aumento de comprimento da medula para a periferia, variando em média de 995 a 1195 µm, enquanto a espessura se manteve relativamente constante. Os diâmetros dos vasos aumentaram da medula para a periferia, em média de 170 a 208 µm. O parênquima radial inclui raios unisseriados, em média com 10 células em média, e raios multisseriados, com máximos de 21 mm de comprimento e 0,8 mm de largura.

Palavras-chave: *Quercus faginea*, carvalho-português, madeira, estrutura, variabilidade radial

Introdução

O carvalho-português ou carvalho-cerquinho é uma das espécies mais importantes no panorama histórico-florestal português (OLIVEIRA *et al.*, 2001; PAIVA, 2007). A sua madeira já foi valorizada no passado, nomeadamente na época dos Descobrimentos Portugueses (PAIVA, 2007), mas nos tempos correntes a sua utilização é mínima ou inexistente (KNAPIČ, 2007). Deste modo será necessário aumentar o conhecimento sobre a sua estrutura e propriedades anatómicas, permitindo assim reavaliar as suas características tecnológicas para utilizações mais nobres.

Os carvalhos mais competitivos em termos de mercado actual são o carvalho roble (*Q. robur* L.) e o sessil (*Q. petraea* Liebl.). Mas será que a madeira de carvalho-português, não poderá ter um nicho próprio no mercado se satisfizer os requisitos de transformação industrial e qualidade de produto? Neste contexto iniciou-se um projecto de investigação para estudar as propriedades da madeira de carvalho-português e a sua variabilidade na árvore e entre árvores com vista à sua utilização para produtos de madeira de elevado valor acrescentado, contribuindo também para aumentar as áreas de carvalho-português no território nacional. Nesta comunicação apresentam-se os resultados preliminares obtidos para cinco árvores.

Materiais e Métodos

As amostras de madeira de carvalho-português foram recolhidas em árvores adultas, com idades compreendidas entre 34 e 60 anos, na região Nordeste Transmontana, no concelho de Macedo de Cavaleiros, distrito de Bragança (41°30'41" - 41°32'10" N, 6°46'25" - 7°01'06" O, 554 m altitude média). As características das árvores apresentam-se no Quadro 1.

As árvores foram abatidas em 2007 e delas retiradas rodela no tronco a 1,30 m do solo (DAP). De cada rodela foram retirados 3 blocos em 3 posições radiais, respectivamente próximo da medula, meio e periferia. Prepararam-se cortes histológicos das secções transversal, radial e tangencial (15 a 20 µm de espessura), para cada posição radial. O diâmetro dos vasos de lenho inicial foi medido, em secção transversal, em 25 elementos por posição radial. Mediu-se, em secção tangencial, a altura de 50 raios unisseriados por posição radial. A proporção de tecidos foi estudada, em secção transversal, utilizando uma grelha de 28 pontos em áreas sucessivas ao longo de camadas de crescimento para cada posição radial.

O estudo das fibras foi efectuado em 2 tiras por rodela, da medula à periferia, retirando-se pequenas amostras (estilhas) de 5 em 5 anos. Procedeu-se à dissociação das amostras numa solução 1:1 de peróxido de hidrogénio a 30% e ácido acético glacial durante 48 horas a 60°C. Mediram-se 40 fibras (comprimento, largura e espessura de parede) por intervalo radial e de 25 vasos (comprimento) por cada árvore.

A medição dos raios macroscópicos (altura e largura) foi feita em 2 raios por rodela, da medula para a periferia, de 5 anos em 5 anos após polimento das secções tangenciais e respectiva digitalização (1200 dpi).

As medições foram efectuadas usando um sistema de análise de imagem semi-automático (Leitz ASM-68K) ou automático (Leica QWin Standard) acoplado a microscópios de luz transmitida.

Quadro 1 - Características das 5 árvores amostradas de *Quercus faginea*

Árvore (n°)	Altura (m)	DAP* (cm)	Idade (aproximada)
1	9,5	29,0	60
2	10,1	24,1	34
3	11,7	24,5	34
4	10,4	20,5	43
5	10,0	15,5	36

* Diâmetro com casca

Resultados e Discussão

Descrição geral

A medula é geralmente estrelar e pequena. O cerne e borne são geralmente bem distintos, embora por vezes o contorno seja ligeiramente indefinido. As camadas de crescimento estão bem marcadas por poros grandes e apresentam contornos excêntricos a flexuosos (Figura 1). Salienta-se também a cor espelhada da madeira proporcionada pelo seccionamento dos raios largos. A descrição realizada por CARVALHO (1997) refere já estes aspectos estruturais da madeira.



Figura 1 - Aspecto geral da madeira de *Q. faginea* em secção transversal da medula ao câmbio

Descrição macroscópica

Trata-se de uma madeira com porosidade em anel (Figura 2a). Apresenta anéis de crescimento bem distintos devido aos grandes poros característicos do lenho de zona de primavera. Os anéis mais largos apresentam maior proporção de lenho de zona de outono. A transição abrupta entre o tamanho dos poros do lenho inicial e tardio e também o arranjo dos poros em fiadas tangenciais facilitam a distinção dos limites das camadas de crescimento. Ocasionalmente, observou-se uma transição gradual no tamanho dos poros ao longo da camada de crescimento. No entanto, o número de anos em que este facto ocorreu foi muito inferior ao número total de anéis.

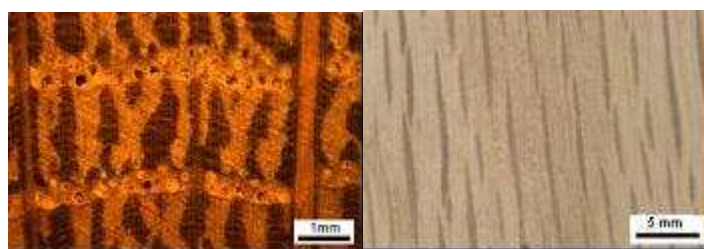


Figura 2 - Aspectos macroscópicos. a) Porosidade em anel e raios em secção transversal; c) raios em secção tangencial

ESAU (1972) refere que a distribuição dos vasos pode variar em algumas espécies de acordo com as condições ambientais ou devido a adaptações fisiológicas. É um exemplo a adaptação do xilema de sobreiro ao efeito de descortiçamento de acordo com SOUSA *et al.* (2009) ou ao efeito de secura segundo LEAL *et al.* (2007). Outros autores, como GARCIA ESTEBAN *et al.* (2003), classificam *Q. faginea* com porosidade em anel ou semi-difusa.

Os poros do lenho de primavera distribuem-se em linha até um máximo de 3 linhas, de forma redonda a oval, e são visíveis a olho nu. Os poros de lenho tardio são pequenos, isolados, dispostos em arranjos radiais que se dilatam no final da camada de crescimento. A ocorrência de tilos é frequente nos poros mais largos (Figura 2a).

O parênquima é maioritariamente apotraqueal, distribuído em linhas e visível com uma lupa simples (x10). Os poros estão rodeados por tecidos que se caracterizam por um tom mais claro, dando ao xilema um aspecto característico.

Observam-se raios muito largos e numerosos, bem visíveis e distintos a olho nu. Os raios mais estreitos requerem o uso de lupa (Figura 2). O efeito da presença dos raios reflecte-se essencialmente na resistência mecânica e anisotropia da madeira (FERREIRINHA, 1958).

As bandas radiais de vasos de lenho tardio que se dilatam no final da camada de crescimento assim como a altura máxima de 50 mm dos raios mais largos, são características bem

evidenciadas na descrição feita por CARVALHO (1997). O mesmo autor refere também que as camadas de crescimento são bem distintas no lenho do carvalho- português.

Existem aspectos anatómicos característicos de uma maior especialização tais como, pontuações alternadas, existência de vasos agrupados e perfurações simples e outros como a presença de raios unisseriados e multisseriados característicos de madeiras mais primitivas (DICKISON, 2000). Por outro lado, a existência de raios homogêneos é indicada como característica evolutiva (DICKISON, 2000).

Descrição microscópica

A estrutura geral do lenho de carvalho-português pode ser observada na Figura 3. As camadas de crescimento são distintas e no final é frequente ocorrer achatamento das paredes celulares (Figura 4a).



Figura 3 - Estrutura geral do lenho de *Q. faginea* em secção transversal, tangencial e radial. a) Arranjo dos poros na camada de crescimento; b) raios unisseriados (U) e multisseriados (M); c) fibras libriformes, parênquima axial e raios homocelulares



Figura 4 - Detalhes microscópicos. a) Zona de transição entre camadas de crescimento, vasos de lenho tardio com forma hexagonal; b) parênquima apotraqueal em linhas concêntricas, vasos isolados ou agrupados com tilos; c) raios com células marginais verticais, e cristais.

Os vasos de lenho de primavera encontram-se geralmente isolados ou em grupos de 2 ou 3 poros (Figura 4b). As perfurações dos vasos são simples e as paredes possuem inúmeras pontuações (Figura 5a). As pontuações intervasculares ou entre vasos e outros elementos prosenquimatosos (principalmente traqueídeos vasicêntricos) são pequenas e abundantes, do tipo areolado, alternadas e têm menos de 10 µm de diâmetro. As pontuações entre vasos e raios são mais largas e tem formas variadas (Figura 5a). Os vasos apresentaram apêndices geralmente numa ou nas duas terminações (Figura 5b). Ocasionalmente observaram-se vasos com espessamento espiralado (Figura 4c). Nas árvores estudadas o comprimento médio dos vasos foi de 459 µm, variando entre árvores de 214 a 696 µm, mínimo e máximo

respectivamente. O diâmetro médio dos vasos foi de 205 μm , aumentando radialmente da medula para a periferia de 185 μm a 223 μm , respectivamente (Figura 6). Os vasos de lenho tardio são mais ou menos poligonais e no final da camada de crescimento tornam-se difíceis de distinguir (Figura 4a). O diâmetro dos vasos de menor tamanho não ultrapassou, em geral, 50 μm e apresentou mínimos de 20 μm .

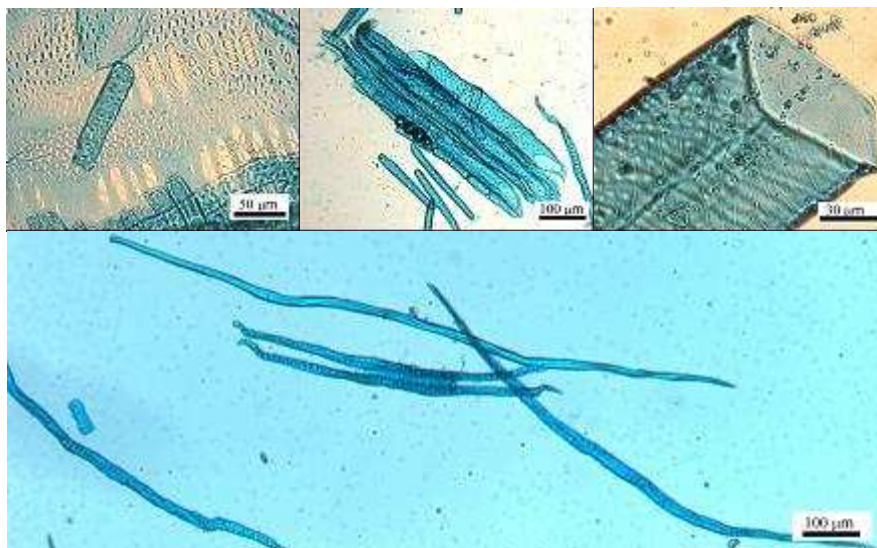


Figura 5 - Elementos dissociados. a) Pontuações intervasculares ou entre vaso e traqueídeos e entre vaso e células de raio; b) elementos de vaso e traqueídeos vasicêntricos, células de parênquima com cristais; c) vaso com espessamento espiralado; d) fibras libriformes, fibrotraqueídeos e traqueídeos vasicêntricos

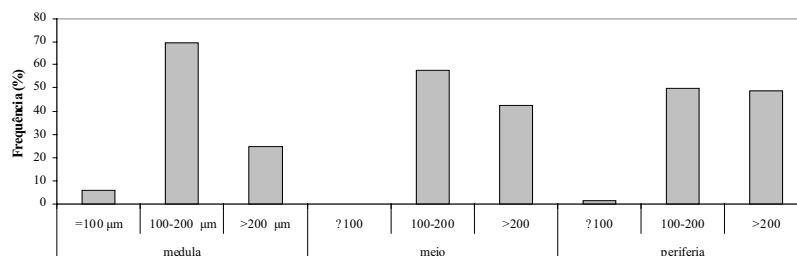


Figura 6 - Distribuição dos vasos por classes de diâmetro em 5 árvores de *Quercus faginea*

Os valores relativos à dimensão dos vasos estão resumidos nos Quadros 2 e 3. Os vasos de lenho inicial apresentam diâmetros maiores do que os vasos do *Q. suber*, que de acordo com SOUSA *et al.* (2009) variam em média entre 133 e 140 μm para árvores não descortçadas e descortçadas, respectivamente. Também os vasos em *Q. faginea* são mais compridos do que os vasos de *Q. suber* cujo valor médio, segundo SOUSA *et al.* (2009), não ultrapassa 433 μm . CARVALHO (1996) refere ainda que os vasos de primavera do carvalho-português são mais pequenos do que aqueles de *Q. robur* e *Q. pyrenaica*.

Quadro 2 - Diâmetro dos vasos em 5 árvores de *Quercus faginea* (média \pm desvio padrão, mínimo e máximo)

Posição Radial	Diâmetro (μm)	
Medula	169,59 \pm 54,22	(70,99 - 309,88)
Meio	197,98 \pm 48,24	(108,66 - 328,54)
Periferia	208,22 \pm 52,38	(95,77 - 328,72)

Quadro 3 - Comprimento dos vasos em 5 árvores de *Quercus faginea* (média \pm desvio padrão, mínimo e máximo)

Árvore	Comprimento (μm)	
1	461,0 \pm 63,4	(315,3 - 543,7)
2	492,0 \pm 88,0	(252,3 - 635,5)
3	436,6 \pm 91,5	(214,3 - 593,7)
4	462,6 \pm 92,0	(290,8 - 696,0)
5	425,9 \pm 89,7	(247,9 - 595,8)

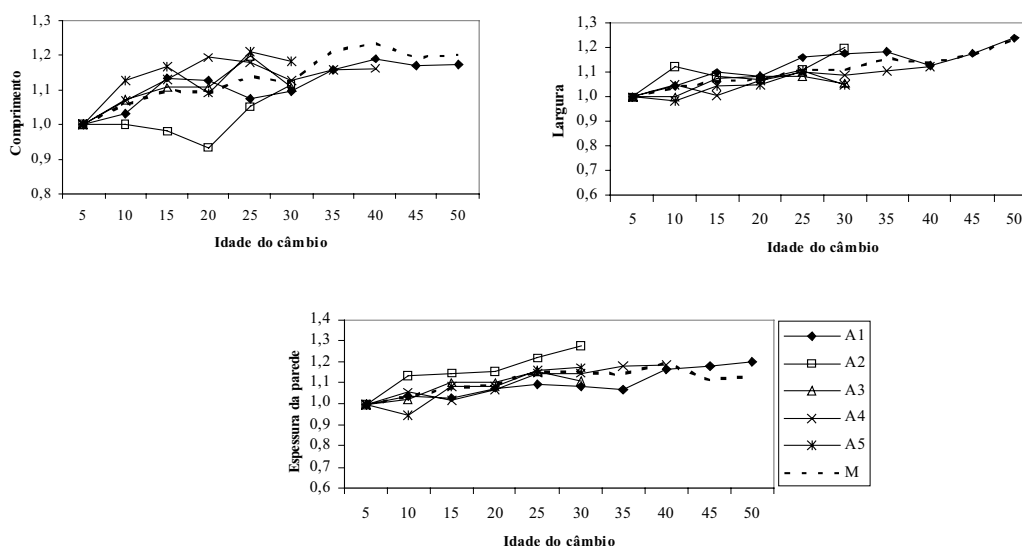
O parênquima apotraqueal é distinto, disposto em arranjos de linhas concêntricas de uma a três células e o parênquima paratraqueal junto a traqueídeos vasicêntricos tornou difícil a sua distinção (Figura 4b, 5b). GARCIA ESTEBAN *et al.* (2003) descrevem *Q. faginea* com parênquima paratraqueal em bandas. Comparativamente às fibras, as células de parênquima apresentaram parede menos espessa e lúmen maior. A abundância de parênquima apotraqueal é bem mais evidente no *Q. suber* (SOUSA *et al.*, 2009).

As fibras apresentam pontuações simples, pequenas, maioritariamente circulares (Figura 5d). GARCIA ESTEBAN *et al.* (2003) descrevem as fibras em *Q. faginea* como septadas mas nas árvores estudadas encontraram-se apenas ocasionalmente algumas fibras septadas. O comprimento médio das fibras foi 1129 μm , variando de 505 a 1991 μm . O comprimento das fibras variou radialmente, aumentando da medula para a periferia, de 969 para 1195 μm , no 5° e 50° anel respectivamente. O diâmetro das fibras foi menor na zona perto da medula do que na zona da periferia, atingindo 17 e 21 μm no 5° e 50° anel, respectivamente. A espessura das fibras foi em média de 8 μm , variando desde um mínimo de 4 μm a um máximo de 12 μm . Na zona perto da medula (5° anel) a espessura foi 6,7 μm e na zona da periferia (50° anel) 7,5 μm . Comparativamente ao sobreiro, os valores médios, de acordo com LEAL *et al.* (2006), foram de 1220 μm , 21,49 μm e de 8 μm na periferia para comprimento, largura e espessura respectivamente; isto é, *Q. faginea* apresenta valores ligeiramente inferiores.

A dimensão das fibras por árvore e idade do câmbio é apresentada no Quadro 4 e a tendência de variação é ilustrada na Figura 7. A variação radial das fibras nas árvores aqui estudadas seguiu o padrão geral, isto é, o comprimento e o diâmetro das fibras tende a aumentar da medula para a zona exterior (lenho adulto) (DICKSON, 2000). A variabilidade entre árvores é evidente, destacando-se a árvore 2, árvore mais jovem, a nível do crescimento das fibras (Figura 7). A transição entre lenho juvenil e adulto é variável de acordo com a espécie e outros factores (DICKSON, 2000). Por exemplo, para o carvalho sessil, o lenho juvenil prolonga-se até aos 30 anos de acordo com HELIŃSKA-RACZKOWSKA & FABISIAK (1991). A largura do anel também têm sido analisada como tendo influência no crescimento dos elementos xilémicos e HELIŃSKA-RACZKOWSKA & FABISIAK (1991) referem a existência de uma correlação negativa.

Quadro 4. Dimensão das fibras em 5 árvores de *Quercus faginea* (média \pm desvio padrão)

Anel	Comprimento (μm)	Largura (μm)	Espessura (μm)
5	994,9 \pm 192,6	17,4 \pm 2,7	6,7 \pm 1,1
10	1052,1 \pm 186,3	18,0 \pm 2,9	6,9 \pm 1,2
15	1094,4 \pm 168,6	18,4 \pm 2,9	7,2 \pm 1,2
20	1084,2 \pm 211,8	18,6 \pm 3,0	7,3 \pm 1,3
25	1132,4 \pm 190,0	19,3 \pm 2,9	7,7 \pm 1,3
30	1117,3 \pm 218,8	19,3 \pm 3,1	7,7 \pm 1,4
35	1208,1 \pm 193,3	20,1 \pm 3,4	7,6 \pm 1,5
40	1225,4 \pm 216,2	19,8 \pm 2,8	7,9 \pm 1,4
45	1187,6 \pm 209,9	20,4 \pm 3,6	7,4 \pm 1,2
50	1194,8 \pm 211,9	21,4 \pm 3,9	7,5 \pm 1,6

**Figura 7 -** Variação radial das fibras (comprimento, largura e espessura da parede) em 5 árvores de *Quercus faginea* (média a tracejado)

Os traqueídeos são abundantes em redor dos vasos de *Q. faginea*, formando uma espécie de rede (Figura 5b). A presença de traqueídeos vasicêntricos pode ser interpretada como uma transição entre os elementos de vaso e as fibras libriformes (BROWN, 1949), sendo estes elementos prosenquimatosos abundantes nas zonas de lenho de primavera no género *Quercus* (FERREIRINHA, 1953), como se verificou nas árvores analisadas. Encontraram-se fibrotraqueídeos, também enumerados por CARVALHO (1997) e GARCIA ESTEBAN *et al.* (2003). Segundo BECK (2005), a presença de traqueídeos parece ocorrer nas dicotiledóneas em famílias mais desenvolvidas, como é o caso da *Fagaceae*, mas por outro lado a ocorrência frequente de fibrotraqueídeos relaciona-se com dicotiledóneas mais primitivas.

Os raios são de dois tipos, unisseriados e multisseriados (Figura 3b). Ocasionalmente observaram-se raios unisseriados que apresentavam partes bisseriadas ou trisseriadas. A altura dos raios unisseriados variou em média de 10 células na região próxima da medula e de 9

células na região central e da periferia (Quadro 5). A árvore 5, com mais anos, destaca-se por apresentar raios unisseriados mais pequenos. Os valores encontrados estão próximos daqueles observados por CARVALHO (1997), que refere como frequente 10 - 20 células em altura para os raios unisseriados, e são ligeiramente inferiores aos raios unisseriados do *Q. suber* referidos por LEAL *et al.* (2006) como sendo constituídos em média por 11 células, mas também com ligeiro decréscimo no nº de células da medula para a periferia. Os raios multisseriados variaram em altura de 0,2 a 21,9 mm e em largura de 0,1 a 1,0 mm. Os raios aumentaram em altura da medula para o exterior, de 2,5 mm no 5º anel a 4,5 mm no 50º anel, e de largura de 0,2 mm no 5º anel a 0,4 mm no 50º anel (Figura 8). Esta tendência radial é também evidente nos raios multisseriados de *Q. suber* (LEAL *et al.*, 2006). Os raios são maioritariamente homocelulares. Ocasionalmente encontraram-se raios heterocelulares formados por células horizontais e uma fiada marginal de células verticais (Figura 4c).

Quadro 5 - Dimensão dos raios unisseriados (altura) em 5 árvores de *Quercus faginea* (média ± desvio padrão, mínimo e máximo)

Posição Radial	Nº de células	
Medula	10 ± 4	(3 - 20)
Meio	9 ± 3	(3 - 24)
Periferia	9 ± 4	(3 - 24)

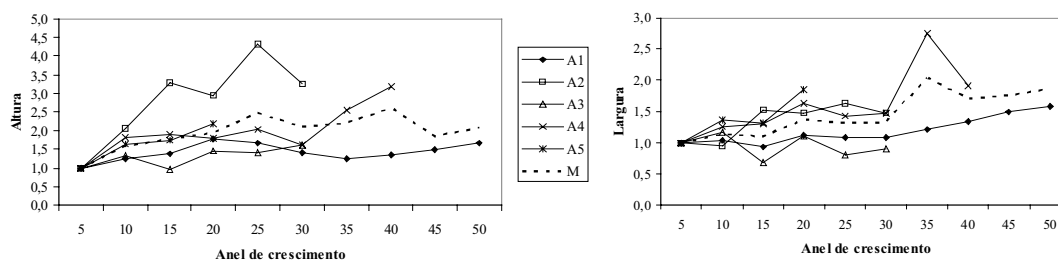


Figura 8 - Variação radial dos raios multisseriados (altura e largura) em 5 árvores de *Quercus faginea* (média a tracejado)

Observaram-se cristais em células de parênquima axial e radial, também referenciados por CARVALHO (1997) e ESTEBAN *et al.* (2003).

Na maioria das árvores, a percentagem de vasos aumentou da medula para a periferia. Em média, os vasos variaram entre 4 a 27% da madeira. As fibras corresponderam a 30% dos tecidos e o parênquima fez 34%, mas estas percentagens podem incluir parênquima axial e traqueídeos, pois nem sempre foram possíveis de distinguir. FERREIRINHA (1953) refere que 5 a 30% dos tecidos lenhosos corresponde a parênquima axial nas folhosas. Em média, os raios perfizeram 18% dos tecidos na zona próxima da medula e 22% no meio e periferia.

Agradecimentos

O trabalho insere-se no âmbito do projecto OAKWOODS.PT – Propriedades da madeira de carvalhos portugueses para produção de produtos sólidos e compostos de madeira de valor

elevado (PTDC/AGR-AAM/69077/2006) financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia através do programa FEDER/POCI 2010. Agradece-se a FCT a bolsa de doutoramento concedida ao primeiro autor (referência SFRH/BD/42097/2007). Agradece-se a J.L. Louzada, da UTAD, o abate e amostragem das árvores utilizadas neste trabalho.

Referências Bibliográficas

- BECK, C.B., 2005. An Introduction to Plant Structure and development. Plant Anatomy for the Twenty-first century. Cambridge University Press. Cambridge, USA.
- BROWN, H.P., PANSHIN, A.J., FORSAITH, C.C., 1949. Textbook of wood technology. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, USA.
- CARVALHO, A., 1997. Madeiras Portuguesas. Estrutura anatómica, Propriedades e Utilizações, Vol. 2. Direcção-Geral das Florestas. Lisboa.
- Dickison, W.C., 2000. Integrative Plant anatomy. Academic Press. London.
- ESAU, K., 1972. Anatomia vegetal. Ediciones Omega. Barcelona.
- FERREIRINHA, M.P., 1958. Elementos de anatomia de madeiras. Folhosas portuguesas. Memórias da Junta do Ultramar Portuguesas. Lisboa.
- GARCÍA ESTEBAN, L., GUINDEO CASASÚS, A., ORAMAS, C.P., P. de PALACIOS DE PALACIOS, 2003. La madera y sua anatomia. Anomalias y defectos, estructura microscópica de coníferas y frondosas, identificación de maderas, descripción de especies y pared celular. Fundación Conde del Valle de Salazar, Mundi-Prensa, AiTiM, Madrid.
- HELIŃSKA-RACZKOWSKA, L., FABISIAK, E., 1991. Radial variation and growth rate in the length of the axial elements of sessile oak wood. *IAWA Bull.* n.s. **12**: 257-262.
- KNAPIČ, S., 2007. Utilizações da madeira do carvalho-português. In Silva, J.S. (coord.). Os carvalhais. Um património a conservar. Col. Árvores e Florestas de Portugal, 02. Luso-Americana para o Desenvolvimento/Público/Liga para a Protecção da Natureza, Lisboa. Pp. 47-53.
- LEAL, S., SOUSA, V.B., PEREIRA, H., 2006. Within and between-tree variation in the biometry of wood rays and fibres in cork oak (*Quercus suber* L.). *Wood Sci Technol.* **40**: 585-597. DOI 10.1007/s00226-006-0073-x.
- LEAL, S., SOUSA, V.B., PEREIRA, H., 2007. Radial variation of vessel size and distribution in cork oak wood (*Quercus suber* L.). *Wood Sci Technol.* **41**: 339-350. 10.1007/s00226-006-0112-7.
- OLIVEIRA, A.C., FABIÃO, A., GONÇALVES, A.C., CORREIA, A.V., 2001. O Carvalho-cerquinho em Portugal. ISA Press. Lisboa.
- PAIVA, J., 2007. O carvalho-português na história e na cultura. In Silva, J.S. (coord.). Os carvalhais. Um património a conservar. Col. Árvores e Florestas de Portugal, 02. Luso-Americana para o Desenvolvimento/Público/Liga para a Protecção da Natureza, Lisboa. Pp. 55-66.
- SOUSA, V.B., LEAL, S., QUILHÓ, T., PEREIRA, H., 2009. Characterization of cork oak (*Quercus suber* L.) wood anatomy. *IAWA Journal* **30**(2): 149 - 161.