

Potencial Tecnológico da Madeira de *Quercus faginea* Lam. para Revestimento de Superfícies

Sofia Ramos¹, Sofia Knapic¹, José Saporiti Machado², Lina Nunes² e Helena Pereira²

¹UTL. Instituto Superior de Agronomia. Centro de Estudos Florestais. Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA

²Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Núcleo de Estruturas de Madeira. Av. do Brasil, 101, 1700-066 LISBOA

Resumo. O carvalho-português (*Quercus faginea* Lam.) é uma espécie autóctone, cuja madeira actualmente não é utilizada e sobre a qual pouco se sabe. No entanto, dado que a sua madeira foi outrora utilizada na construção de naus e de caravelas, é de crer que tenha um potencial elevado para a produção de produtos nobres, como é o caso dos pavimentos.

Com o objectivo de averiguar o potencial tecnológico da madeira de Carvalho português para revestimento de superfícies, foi realizada a caracterização das suas propriedades físico-mecânicas e avaliada a sua durabilidade natural face a térmitas subterrâneas, utilizando metodologias normalizadas. Foram utilizadas dez árvores provenientes de duas regiões de Trás-os-Montes. Os resultados mostraram que a madeira de *Q. faginea* é de dureza muito alta para o cerne (101 N/mm²) e possui resistência fraca quanto à tensão de ruptura à flexão estática (99 N/mm²) e média quanto à compressão (47 N/mm²) para uma massa volúmica média de 870 kg/m³.

De modo a avaliar o comportamento em produtos compósitos, produziram-se também 20 peças com duas espessuras de madeira de Carvalho, coladas a madeira de Espruce (*Picea abies* H. Karsten), que foram submetidas a uma carga estática de 1kN. Os resultados demonstram que a dureza do pavimento diminui com a redução da espessura da lâmina de carvalho.

Palavras-chave: Carvalho português, propriedades físico-mecânicas, durabilidade natural, revestimento de superfícies

Introdução

O carvalho português encontra-se sobretudo na península ibérica, mas também no norte de África, sendo os seus bosques muito ricos do ponto de vista da biodiversidade (OLIVEIRA, 2001). Outrora, esta espécie ocupou grande parte do território português. No entanto, actualmente os grandes povoamentos de carvalhos estão reduzidos a pequenas manchas, sobretudo em povoamentos mistos com azinheira e outros carvalhos. O declínio desta espécie deu-se no século XX, tendo sido mais acentuada nas últimas três décadas desse século. Este desaparecimento está relacionado com a alteração de uso do solo, de florestal para agrícola, e com a reflorestação dos solos com espécies como o *Quercus suber* L., *Quercus rotundifolia* Lamk. e *Pinus pinaster* Ait..

De acordo com o último Inventário Florestal Nacional, Portugal continental possui um total de 3412,3 mil ha de floresta. Apenas 3% da área total de floresta nacional é ocupada por carvalhos (IFN, 2007).

Nos séculos XV e XVI, a madeira de *Quercus faginea* Lam., foi utilizada na construção de naus e caravelas, o que sugere ser uma madeira de grande potencial. Segundo CARVALHO (1997), esta madeira apresenta uma boa recepção de vernizes e uma colagem satisfatória, características que aliadas a uma elevada densidade, ao bom aspecto estético e à resistência mecânica, levam a que esta madeira tenha um forte potencial para a produção de soalho, painéis, folha de revestimento aplicada em materiais compósitos ou mobiliário. Estas características podem levar à utilização desta madeira em substituição da importação de espécies tropicais (KNAPIC, 2007).

O desenvolvimento futuro de novos produtos com esta madeira - como material nobre - pode contribuir para o sistema económico, aumentando o rendimento dos proprietários, que serão estimulados a conservar e renovar os carvalhais, o que contribui tanto para a biodiversidade, como para a protecção dos solos e para a regulação do ciclo da água (ICN, 2000).

Assim, e uma vez que pouco se sabe sobre a madeira desta espécie, este trabalho teve por objectivo a caracterização físico-mecânica e a biodegradação por térmitas da madeira de Carvalho-português. Foi ainda caracterizada a madeira a nível de dureza enquanto produto compósito na utilização em revestimentos de piso.

Material e Métodos

A madeira utilizada no presente estudo, foi recolhida de dez exemplares de *Quercus faginea* Lam. abatidos em Outubro de 2007, em duas regiões do nordeste transmontano provenientes de povoamentos puros de regeneração natural. As amostras foram retiradas da rodela abaixo do DAP ($\approx 1,3$ metros) e de outra acima dos 3,4 metros.

Os ensaios decorreram no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, sendo as metodologias utilizadas baseadas nas normas portuguesas e europeias. Os ensaios de flexão estática e compressão axial foram realizados numa máquina de ensaios universal SHIMADZU AG-250KNIS-MO de 250 kN de capacidade, segundo as normas NP 619 e NP 618, respectivamente. Utilizaram-se 40 provetes no ensaio de flexão estática e 38 provetes no de compressão axial. Os ensaios tiveram como objectivo a determinação do módulo de elasticidade pelas

fórmulas: $E_f = \frac{\Delta F}{\Delta l} \times \frac{l^3}{4bh^3}$ e $E_c = \frac{\Delta F}{\Delta l} \times \frac{50}{bh}$, onde E_f é o módulo de elasticidade à flexão estática

(N/mm^2), E_c é o módulo de elasticidade à compressão axial (N/mm^2), $\frac{\Delta F}{\Delta l}$ é o declive da recta

de regressão, l é a distância entre apoios (mm), b , h são as dimensões transversais do provete

(mm). No cálculo das tensões de ruptura recorreu-se às fórmulas $\sigma_{fH} = \frac{3F_{m\acute{a}x}l}{2bh^2}$ e $\sigma_{cH} = \frac{F_{m\acute{a}x}}{bh}$,

onde σ_{fH} é a tensão de ruptura à flexão estática (N/mm^2), σ_{cH} é a tensão de ruptura à compressão (N/mm^2), $F_{m\acute{a}x}$ é a força de ruptura (N), l é a distância entre apoios (mm) e b , h são as dimensões transversais do provete (mm). De modo a corrigir os valores de tensão de ruptura a 12% de teor de água, utilizou-se a fórmula: $\sigma_{12} = \sigma_H [1 + k(H - 12)]$, onde k é o coeficiente de valor 0,04 (NP 619) para o ensaio de flexão estática e 0,05 para o ensaio de compressão (NP 618).

O teor de água de cada provete ensaiado foi calculado em percentagem pela fórmula,

$H = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$ (NP 614), onde m_1 é a massa húmida do provete (g), m_2 é a massa seca do

proвете (g).

Determinou-se ainda as massas volúmicas de acordo com a norma portuguesa NP 616, com a expressão $\rho_H = \frac{m_H}{v_H}$, onde m_H é a massa do provete (g), v_H é o volume do provete (cm^3).

Corrigiu-se a massa volúmica a 12% de teor de água, pela fórmula $\rho_{12} = \rho_h \frac{(100+12) \times (100 + \alpha_v H)}{(100+H) \times (100+12\alpha_v)}$, onde α_v é o coeficiente de retracção volumétrica total tendo sido

considerado o valor 0,5 (CARVALHO, 1997). Para terminar a caracterização mecânica desta madeira, realizaram-se ensaios de dureza em 26 provetes de cerne e 32 provetes de borne, segundo a norma internacional ISO 3350, recorrendo a esferas de dois diâmetros diferentes (10 e 11 mm). Com este método, a dureza determina-se como $HD = \frac{F_{máx}}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}$, onde $F_{máx}$ é a força

máxima (N) e D é o diâmetro da esfera (mm).

Nos mesmos provetes determinou-se a dureza de Brinell recorrendo à norma EN 1534, na qual se atinge 1kN de força e se mantém durante cerca de 25 segundos. Por fim, mediram-se os diâmetros das identações residuais, com recurso a uma lupa. A dureza determinada por este método, calcula-se por $HB = \frac{2F}{\pi D [D - (D^2 - d^2)^{\frac{1}{2}}]}$, onde F é a força nominal (N), d é o diâmetro da

identação residual (mm) e D o diâmetro da esfera.

Realizaram-se ensaios de durabilidade da madeira face ao ataque de térmitas subterrâneas *Reticulitermes grassei* (Clément), seguindo-se a metodologia referida na norma EN 118 (2005). Na realização deste ensaio utilizaram-se 36 provetes de cerne de seis árvores (3 árvores por proveniência). Findo o tempo de ensaio determinou-se a taxa de sobrevivência, registou-se a presença de soldados (S) e/ou ninfas (N) vivos e procedeu-se ao exame visual dos provetes classificando o grau de ataque da superfície exposta de acordo com os níveis descritos na EN 118 (2005). Com base nestes valores e de acordo com a EN 350-1 (1994) foi estabelecida uma classe preliminar de durabilidade desta madeira face ao ataque por térmitas subterrâneas. Utilizaram-se como testemunho (controlo de virulência) 6 provetes de borne de pinho bravo (*P. pinaster*).

Tendo em conta as espessuras mínimas referidas em EN 13489, produziram-se provetes compostos por madeira de Espruce e madeira de Carvalho-português (com 2, 3, 5 mm de espessura), os quais foram submetidos a ensaios de dureza segundo a norma EN 1534.

Resultados e Discussão

Caracterização físico-mecânica

A madeira estudada (massa volúmica média de 870 kg/m^3) apresenta um módulo de elasticidade à flexão estática médio de 8204 N/mm^2 e uma tensão de ruptura média de 99 N/mm^2 . Os valores determinados para as mesmas características, segundo o ensaio de compressão axial, são inferiores sendo de 7402 e 47 N/mm^2 , respectivamente. Esta madeira pode ser classificada como uma madeira pesada (CARVALHO, 1996), apesar da massa volúmica determinada se encontrar 20 kg/m^3 abaixo do valor apresentado por CARVALHO (1997).

No que se refere a valores de tensão de ruptura tanto por flexão como por compressão, os valores obtidos encontram-se abaixo dos valores apresentados pelo mesmo autor.

Quadro 1 - Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de *Quercus faginea* Lam.

PROPRIEDADES		VALORES MÉDIOS
Massa volúmica (kg/m ³)		870
Flexão estática	Módulo de elasticidade (N/mm ²)	8204
	Tensão de ruptura (N/mm ²)	99
Compressão axial	Módulo de elasticidade (N/mm ²)	7402
	Tensão de ruptura (N/mm ²)	47
Dureza	Cerne (N/mm ²)	101*
		76**
	Borne (N/mm ²)	94*
		67**

*Valor determinado com esfera de 11 mm de diâmetro

**Valor determinado com esfera de 10 mm de diâmetro

Segundo CARVALHO (1996) o valor apresentado no quadro 1, para a tensão de ruptura à flexão estática coloca a madeira ensaiada na classe Fraca, enquanto o valor obtido para a compressão a coloca na classe Média. Os valores obtidos neste trabalho para as características, tensão de ruptura à compressão axial e dureza encontram-se próximos dos resultados apresentados por autores como TSOUKIS (1991) e CARVALHO (1997), para outros carvalhos. Relativamente ao módulo de elasticidade determinado à flexão estática, o valor encontrado é muito inferior aos valores referidos por TSOUKIS (1991) para carvalhos americanos e europeus.

No que se refere à dureza, a zona do cerne apresenta valores de dureza superiores aos encontrados para o borne, contudo no geral a madeira é classificada como muito dura.

Durabilidade natural

O ensaio de durabilidade natural da madeira de carvalho português face ao ataque de térmitas subterrâneas é válido, uma vez que para um universo de seis amostras de pinheiro bravo (testemunho), a taxa de sobrevivência obtida foi de 51,9%±10,9 para um grau de ataque 4.

A ainda fraca representatividade das amostras obtidas levam a que os resultados sejam encarados como preliminares, sobretudo porque a norma EN 350-1 não foi inteiramente seguida. No ensaio foram apenas utilizados provetes de duas proveniências, sendo que a norma refere a utilização de três proveniências. Assim a madeira de Carvalho português considera-se segundo a norma referida como medianamente durável, tendo apresentado um grau de ataque médio de 1,9 ±1,0 e uma taxa de sobrevivência por parte das térmitas de 9,7%±16,2%.

Esta madeira encontra-se na mesma classe da maioria das madeiras de carvalho classificadas na norma EN 350-2, ou seja, na classe "medianamente durável" ao ataque de térmitas.

Quadro 2 - Resultados do ensaio à durabilidade natural da madeira de *Quercus faginea* Lam.

Árvore	ID_provete	% Sobrevivência Obreiras	Soldados/ Ninfas*	Grau de ataque
1 Origem 1	1.2.4 A	18	-	2
	1.2.4 B	0	-	2
	1.2.4 C	0	-	2
	1.2.4 D	41,2	S	2
	1.2.4 E	0	-	3
	1.2.4 F	6	-	1
2 Origem 1	2.2.4 A	26	S	1
	2.2.4 B	0	-	1
	2.2.4 C	0	-	1
	2.2.4 D	0	-	1
	2.2.4 E	0	-	1
3 Origem 1	3.2.3 A	0	-	2
	3.2.3 B	57,6	-	4
	3.2.3 C	0	-	1
	3.2.3 D	0,4	-	1
	3.2.3 E	32,4	S	4
	3.2.3 F	6	-	2
	3.2.3 G	0	-	1
4 Origem 2	4.2.3 A	0	-	3
	4.2.3 B	0	-	3
	4.2.3 C	12,4	-	2
	4.2.3 D	0	-	3
	4.2.3 E	0	-	2
	4.2.3 F	43,6	S	4
5 Origem 2	5.2.1 A	0	-	1
	5.2.1 B	1,6	S	2
	5.2.1 C	19,2	-	2
	5.2.1 D	0	-	2
	5.2.1 E	0	-	1
	5.2.1 F	46,0	S	4
6 Origem 2	6.5.3 A	11,6	-	2
	6.5.3 B	0	-	1
	6.5.3 C	29,2	-	2
	6.5.3 D	0	-	1
	6.5.3 F	0,8	-	1

Presença de soldados (S) ou ninfas (N) vivos no final do ensaio

Potencial tecnológico como revestimento de superfícies

Nesta fase, estudou-se a dureza de Brinell, em madeira maciça e em provetes compósitos com madeira de Espruce e madeira de Carvalho. Os provetes compósitos eram constituídos por uma régua de Espruce com 1 cm de espessura, sobre a qual foi colada por meio de cola tipo

PVAc uma lâmina de Carvalho, sendo os provetes diferenciados entre si de acordo com a espessura desta lâmina (2, 3 ou 5 mm).

Comparou-se assim três espessuras da lâmina de carvalho, tendo em consideração as espessuras mínimas restabelecidas pela norma EN 13489.

Quadro 3 - Comparação da dureza da madeira de *Quercus faginea* Lam., entre provetes maciços de cerne com 25 mm de espessura e compósitos com lâminas de carvalho de várias espessuras

Classe de espessura da madeira de Carvalho-português		Dureza (N/mm ²)
25 mm	Cerne	50,1 ± 9,6
	Borne	48,2 ± 7,8
5 mm		51,0 ± 10,8
3 mm		41,9 ± 7,0
2 mm		38,9 ± 4,1

Quando se compara a madeira maciça com os provetes de 5 mm de madeira de carvalho, verifica-se que a dureza não varia muito, podendo considerar-se que não há diferença nesta característica. Apenas quando se começa a diminuir a espessura da lâmina de carvalho, se verifica a diminuição da dureza, notando-se mais esta variação quando se passa de 5 mm para 3. Assim, é possível afirmar que para espessuras nunca inferiores a 2,5 mm, a madeira de carvalho não perde as suas características em termos de dureza.

Conclusões

As propriedades físicas e mecânicas desta madeira mostram o seu potencial para utilizações em revestimento de piso.

No que diz respeito ao módulo de elasticidade, o determinado é inferior ao apresentado para outros carvalhos referido na bibliografia. O mesmo acontece com outras propriedades como é o caso das tensões de ruptura à flexão estática e à compressão axial.

No que se refere à durabilidade face ao ataque de térmitas subterrâneas, esta madeira é moderadamente resistente, encontrando-se na mesma classe de durabilidade de outros carvalhos.

Agradecimentos

O trabalho está inserido no projecto OAKWOODS.PT – Propriedades da madeira de carvalhos portugueses para produção de produtos sólidos e compostos de madeira de valor elevado (Projecto PTDC/AGR-AAM/69077/2006) financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia através do programa FEDER/POCI 2010. Agradece-se à FCT a bolsa de doutoramento concedida ao segundo autor. Agradece-se a J.L. Louzada, da UTAD, o abate e amostragem das árvores utilizadas neste trabalho.

Bibliografia

- CARVALHO, A., 1996. *Madeiras Portuguesas. Estrutura anatómica, Propriedades e Utilizações*. Vol. I. Direcção-Geral das Florestas. Lisboa. 340 pp.
- CARVALHO, A., 1997. *Madeiras Portuguesas. Estrutura anatómica, Propriedades e Utilizações*. Vol. II. Direcção-Geral das Florestas. Lisboa. 415 pp.
- EN-118, 2005. *Wood preservatives- Determination of preservative action against Reticulitermes species (European termites) (Laboratory method)*. CEN.
- EN 350-1, 1994. *Durability of wood and wood-based products-Natural durability of solid wood – Part 1: Guide to the principles of testing and classification of the natural durability of wood*. CEN.
- EN 350-2, 1994. *Durability of wood and wood-based products-Natural durability of solid wood – Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe*. CEN.
- EN 1534, 2000. *Wood flooring – Determination of resistance to indentation (Brinell) – Test method*. CEN.
- EN 13489, 2002. *Wood flooring – Multi-Layer parquet elements*. CEN.
- IFN, 2007. *Resultados do Inventário Florestal Nacional 2005/06*. DGRF. Lisboa.
- ICN, 2000. Plano Sectorial da Rede Natura 2000 - *Carvalhais Ibéricos de Quercus faginea e Quercus canariensis*.
- International Organization for Standardization (ISO), 1975a. Wood – Determination of static hardness. ISO standard 3350.
- International Organization for Standardization (ISO) 1975b. Wood – Determination of ultimate strength in static bending. ISO standard 3133.
- IPQ standard, 1973. NP-614. Madeiras - Determinação do teor em água.
- IPQ standard, 1973. NP-616. Madeiras - Determinação da massa volúmica.
- IPQ standard, 1973. NP-618. Madeiras - Ensaio de compressão axial.
- IPQ standard, 1973. NP-619. Madeiras - Ensaio de flexão estática.
- OLIVEIRA, A.C., FABIÃO, A., GONÇALVES, A.C., CORREIA, A.V., 2001. *O carvalho-cerquinho em Portugal*. ISA Press. Lisboa.
- KNAPIC, S., 2007. Utilizações da Madeira do Carvalho-português. In J. S. Silva (coord.) *Os Carvalhais. Um património a conservar*. Col. Árvores e Florestas de Portugal, 04. Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento / Público / Liga para a Protecção da Natureza. Lisboa. pp. 47-53.
- TSOUMIS, G., 1991. *Science and Technology of wood. Structure, Properties, Utilization*. Van Nostrand Reinhold. Nova Iorque. 494 pp.