



## CP6

### AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À EXPOSIÇÃO ATMOSFÉRICA DE MADEIRAS TERMO-MODIFICADAS

D. Godinho<sup>1,2\*</sup> ; S. Araújo<sup>1</sup> ; T. Paiva<sup>2</sup> ; C. Ferreira<sup>2</sup> ; T. Quilhó<sup>1</sup> ; J. Gominho<sup>1</sup> ; T. C. Diamantino<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa, Portugal, [delfina.godinho@ineg.pt](mailto:delfina.godinho@ineg.pt)

<sup>2</sup> Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. (LNEG), Estrada do Paço do Lumiar, 22, 1649-038 Lisboa, Portugal

\* a quem deve ser dirigida a correspondência

<https://doi.org/10.34637/kx9w-vm69>

## RESUMO

Em sentido lato pode-se afirmar que a madeira sofre biocorrosão, o que constitui um fator limitante para a sua aplicação no exterior, caso não haja uma proteção adequada. A termo-modificação é um dos métodos utilizados para aumentar a durabilidade da madeira. Uma das vantagens deste processo é que não requer qualquer tipo de adição de químicos. A temperatura utilizada no processo induz a alterações químicas dos constituintes da matriz celular que promovem o aumento da durabilidade aos agentes bióticos e abióticos, mas também provoca alterações nas propriedades mecânicas, nomeadamente a diminuição do módulo de elasticidade (MOE) e de rotura (MOR).

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação da durabilidade da madeira termo-modificada de 3 espécies: o pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*), a principal espécie utilizada pela indústria portuguesa de madeira sólida, a acácia (*Acacia melanoxylon*) e o freixo (*Fraxinus excelsior*). Amostras destas madeiras termo-modificadas foram depois, expostas durante 2 anos em duas estações de ensaio representativas de dois ambientes diferentes, no Lumiar (ambiente urbano) e em Sines (ambiente marítimo/industrial).

A avaliação da resistência da madeira à exposição atmosférica, incluiu a recolha de amostras ao longo de 24 meses de exposição e a análise das superfícies das amostras por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) com acessório de refletância total atenuada (ATR) e por microscopia eletrónica de varrimento (SEM) com um espectrómetro de raios X de energia dispersiva (EDS) associado.

Os resultados preliminares indicam um comportamento semelhante para todas as madeiras expostas em ambas as estações. Verificou-se, contudo, que embora se tivesse observado o aparecimento de fendas e de inúmeras partículas na superfície de todas as madeiras, houve uma maior incidência nas expostas em Sines (zona com maiores variações de humidade e temperatura), nomeadamente nas amostras de 9 meses, onde se observaram na superfície cristais de NaCl, devido à proximidade desta estação da orla marítima. Os espetros de FTIR-ATR indicam ter ocorrido diminuição do teor em hemiceluloses e de lenhina na superfície das amostras principalmente nas amostras recolhidas após os 24 meses de exposição, tanto em Sines como no Lumiar.

Palavras-chave: Madeira termo-modificada, Exposição atmosférica, Degradação superficial, Durabilidade



## 1. INTRODUÇÃO

A principal espécie utilizada pela indústria portuguesa de madeira sólida é o pinheiro-bravo, no entanto, o freixo e a acácia, podem também ser valorizados como matéria-prima. O freixo é uma espécie que já se encontra em comercialização, nomeadamente pela empresa Santos & Santos (empresa parceira neste estudo), e sendo uma madeira pouco durável quando exposta no exterior, a termo-modificação pode permitir melhorar o seu comportamento. A valorização da madeira de acácia por ser uma espécie invasora permitirá um melhor ordenamento florestal, reduzindo o risco de incêndios. Permitirá, também, ter outras espécies alternativas ao pinheiro-bravo, que tem vindo a ser fustigado pelos incêndios nos passados anos [1].

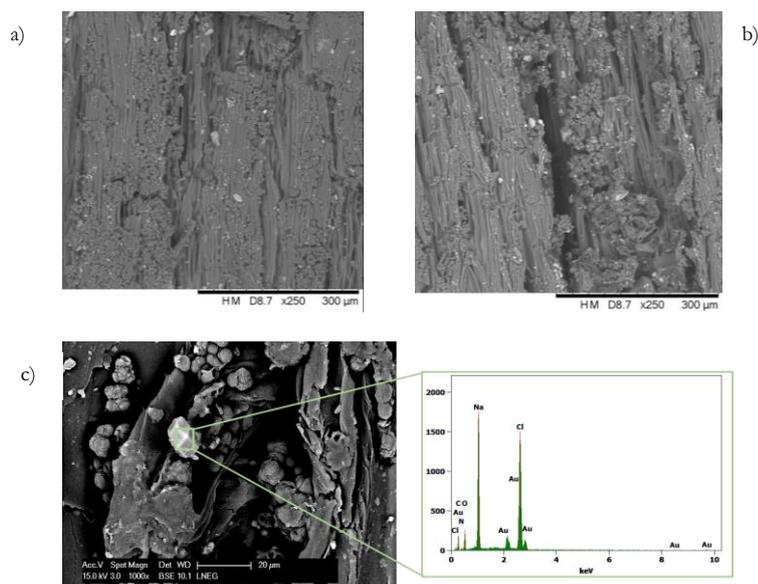
A madeira é um material biodegradável e isto é um fator limitante para a sua aplicação na construção. A rápida alteração da aparência da madeira por agentes abióticos (como a radiação solar ou poluição atmosférica) ou bióticos (por exemplo, colonização inicial por fungos), coloca o material em desvantagem face a outros que se sabe serem mais resistentes às condições ambientais [2]. Além disso, quando a madeira é exposta a uma elevada humidade, pode ser degradada por fungos de podridão ou infestada por insetos. O tratamento térmico é um processo de modificação da madeira baseado na transformação química dos constituintes da madeira por transferência de calor. Melhora principalmente a resistência da madeira à deterioração e fornece estabilidade dimensional alterando as características de absorção da humidade; no entanto conduz ao enfraquecimento das propriedades mecânicas [2]. Embora estes fenómenos tenham vindo a ser estudados, são escassos os estudos que dão ênfase ao efeito dos fatores abióticos sobre a madeira, principalmente em ambientes mais severos, como a exposição marítima, industrial e urbana.

Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a durabilidade da madeira do freixo, da acácia e do pinheiro-bravo para aplicações no exterior e em ambientes mais severos, tendo por referência o conhecimento existente sobre a madeira termo-modificada de pinheiro-bravo.

## 2. DESCRIÇÃO

A madeira de acácia foi fornecida pela empresa Parques de Sintra – Monte da Lua, Sintra. A madeira de pinheiro-bravo e de freixo foram fornecidas pela empresa Santos & Santos Madeiras, Febres, responsável pelo processo de termo-modificação de todas as madeiras, tendo sido usada uma temperatura média de 210°C.

Foram expostas madeiras sem tratamento e termo-modificadas em duas estações de ensaio atmosféricas. No Lumiar (ambiente urbano) (corrosividade C2 para o aço) e em Sines (ambiente marítimo e industrial) (corrosividade C5 para o aço) [3]. De forma a avaliar a resistência à exposição atmosférica foram retiradas amostras aos tempos de 9, 12 e 24 meses. Foi realizada a sua caracterização química através de FTIR-ATR. As amostras foram também observadas por SEM/EDS. Os espectros de FTIR-ATR indicam ter ocorrido diminuição do teor em hemiceluloses e de lenhina na superfície das amostras recolhidas após 24 meses de exposição, tanto em Sines como no Lumiar. Nas imagens de SEM/EDS observaram-se várias fendas e inúmeras partículas na superfície de todas as madeiras, embora com maior incidência nas expostas em Sines (zona com maiores variações de humidade e temperatura), nomeadamente nas amostras de 9 meses onde se observaram na superfície cristais de NaCl, devido à proximidade desta estação da orla marítima (Figuras 1 e 2). Nas amostras expostas no Lumiar, foram detetadas essencialmente partículas com Si.



**Fig. 1 - Amostras de acácia termo-modificada expostas durante 9 meses no Lumiar (a) e em Sines (b) onde são visíveis cristais de NaCl (c).**

Em ambos os ambientes todas as madeiras apresentaram um comportamento muito semelhante, nomeadamente a degradação da lenhina e da hemicelulose, o que já tinha sido reportado por outros autores [2]. Aparentemente, a acácia modificada apresentou um melhor comportamento em relação ao aparecimento de fendas. Os resultados obtidos para o pinheiro-bravo, a espécie de referência neste estudo, foram os expectáveis face aos encontrados noutros estudos [2].

### 3. CONCLUSÕES

Em todas as amostras foi detetada degradação de lenhina e de hemiceluloses independentemente do local de exposição. Foi possível verificar que houve uma maior incidência de fendas na superfície das amostras que estiveram expostas em Sines, num ambiente marítimo-industrial devido à presença de cristais de NaCl, sendo estas mais evidentes nas madeiras termo-modificadas. Embora, o estudo ainda decorra, pode-se concluir que a acácia modificada revelou um comportamento ligeiramente superior, em relação ao aparecimento de fendas, indicativo de uma maior estabilidade dimensional, mesmo em ambientes mais agressivos. Os resultados preliminares deste trabalho não permitem ainda concluir se a termo-modificação permite um aumento significativo do tempo de vida destas madeiras quando aplicadas no exterior em ambientes severos.

### REFERÊNCIAS

- [1] Centro Pinus, “A Fileira do Pinho em 2018 Indicadores da Fileira do Pinho,” 2019.
- [2] Godinho, D., de Oliveira Araújo, S., Quilhó, T., Diamantino, T., Gominho, J. Thermally Modified Wood Exposed to Different Weathering Conditions: A Review. *Forests* 12(10) (2021) 1400, <https://doi.org/10.3390/f12101400>.
- [3] [Exposure site Catalogue](#). Catalogue of atmospheric corrosion field exposure sites in Europe.