

DESAFIOS E IMPACTO DAS ENGENHARIAS NO BRASIL E NO MUNDO

**Carlos Augusto Zilli
(Organizador)**



INFLUÊNCIA DA IMPREGNAÇÃO CONTRA DEMANDA BIOLÓGICA NAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DAS MADEIRAS DE CAIXETA (*Simarouba amara*)

Data de aceite: 25/05/2021

Data de submissão: 09/04/2021

Andréa de Souza Almeida

Universidade de São Paulo, Ciência e
Engenharia de Materiais
São Carlos – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/8357751524776131>

Gabriel Criscuolo

Universidade de São Paulo, Engenharia e
Ciência de Materiais
Pirassununga – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/0497417565847865>

Francisco Antonio Rocco Lahr

Universidade de São Paulo, Engenharia de
Estruturas
São Carlos – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/2333091200416653>

André Luis Christoforo

Universidade Federal de São Carlos, Estruturas
e Construção Civil
São Carlos – São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/7623383075429186>

RESUMO: A preservação química visa proteger a madeira contra quaisquer ações deterioradoras, sejam elas consequências de fenômenos físico-químicos, como a ação do intemperismo, ou de fenômenos biológicos, como os organismos xilófagos. No Brasil, um dos preservativos mais utilizados nas usinas de preservação é o Arseniato de Cobre Cromatado (CCA), que

é aplicado na madeira através do processo de vácuo-pressão, método que em tese poderia aumentar a quantidade de defeitos superficiais e diminuir os valores das propriedades físico-mecânicas das madeiras. Atualmente, em decorrência da disponibilização no mercado (devida à implantação de áreas certificadas no Brasil) de espécies de madeira de média a baixa densidade, a questão da necessidade da preservação contra a demanda biológica se constitui em aspecto de fundamental importância para que se garantam as alternativas de oferta desse material para a construção de estruturas, cuja durabilidade seja equivalente à da madeira de espécies de uso consagrado, como Jatobá, Sucupira, Garapa e Itaúba, por exemplo. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo investigar a influência do tratamento com o preservativo CCA nas propriedades físico-mecânicas da espécie de madeira tropical brasileira *Simarouba amara* (C20), escolhida na tentativa de abranger a classe de resistência mais baixa, de acordo com o que prescreve a ABNT NBR 7190:1997. Foi realizada a caracterização completa da espécie nos dois tipos de tratamento (Sem tratamento – Ref; CCA) para posterior aplicação do teste de comparações múltiplas de Tukey, avaliado ao nível de 5% de significância. Para avaliar o comportamento do preservante a nível celular, foram geradas fotomicrografias por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e seus respectivos espectros de EDS. Os resultados obtidos mostraram que o tratamento químico não afetou significativamente os valores das propriedades físico-mecânicas da espécie estudada.

PALAVRAS-CHAVE: Madeiras tropicais; preservação; caracterização; propriedades físico-mecânicas.

INFLUENCE OF IMPREGNATION AGAINST BIOLOGICAL DEMAND ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CAIXETA TIMBER (*Simarouba amara*)

ABSTRACT: The chemical preservation aims to protect the wood against any deteriorating actions, be they consequences of physical-chemical phenomena, such as weathering, or biological phenomena, such as xylophagous organisms. In Brazil, the most used preservatives in the preservation plants is Chromated Copper Arsenate (CCA). It's applied to the wood through the vacuum-pressure process, which in theory could increase the amount of surface defects and decrease the values of the physical- mechanical properties of the wood. Currently, due to the availability in the market (due to the implantation of certified areas in Brazil) of medium to low density wood species, the question of the need for preservation against biological demand is an aspect of fundamental importance to ensure the alternatives of supply of this material for the construction of structures, whose durability is equivalent to the wood of species of consecrated use, such as Jatobá, Sucupira, Garapa and Itaúba, for example. In this context, the present work had as objective to investigate the influence of the treatment with the preservative CCA on the physical-mechanical properties of the Brazilian tropical wood species *Simarouba amara* (C20), chosen in an attempt to cover the lowest strength class, according to what ABNT NBR 7190:1997 prescribes. A complete characterization of the species was carried out in the two types of treatment (No treatment - Ref: CCA) was performed for the subsequent application of the Tukey's multiple comparison test, evaluated at the 5% level of significance. To evaluate the behavior of the preservative at the cellular level, photomicrographs were generated by Scanning Electron Microscopy (SEM) and their respective EDS spectra. The results obtained showed that the chemical treatment did not affect significantly the values of the physical- mechanical properties of the studied specie.

KEYWORDS: Tropical woods; preservation; characterization; physical-mechanical properties.

1 | INTRODUÇÃO

A madeira, material de fonte renovável, possui propriedades vantajosas para a construção civil, como alta resistência mecânica em relação à massa, bom isolamento térmico e elétrico, fácil trabalhabilidade e beleza (VIDAL et al., 2015; SILVEIRA et al., 2018). Como desvantagem, se destaca a suscetibilidade ao ataque de organismos xilófagos, consequência da sua origem biológica que favorece a retenção de umidade e a proliferação destes organismos (MOHAN et al. 2008; TEMIZ et al. 2010; FERRARINI et al., 2012; TEMIZ et al. 2013).

A deterioração causada pelos organismos xilófagos diminui drasticamente as propriedades de resistência e a durabilidade da madeira (EDLUND; NILSSON, 1998; ISAKSSON; BRISCHKE; THELANDERSSON, 2012; SILVEIRA et al., 2018), pois estes organismos atacam os polímeros naturais, que conferem rigidez às paredes celulares

dos elementos anatômicos e proporcionam resistência às solicitações mecânicas e, consequentemente, causam mudanças significativas nas propriedades físico-mecânicas das madeiras (OLIVEIRA et al., 1986; ZABEL; MORREL, 1992; ZIGLIO; GONÇALVES, 2013).

Para potencializar as propriedades físicas e mecânicas da madeira e garantir sua durabilidade, é realizado o tratamento preservativo suprimindo a necessidade de espécies de longa durabilidade, principalmente em instalações rurais (FARIA et al., 2015; BOSCHETTI et al., 2016). O processo de tratamento químico é desconhecido por muitos brasileiros, sendo necessário que tenha seus conhecimentos mais difundidos para que o uso da madeira como sistema estrutural seja ampliado no país.

Os preservativos utilizados nos tratamentos devem ter determinadas características a fim de alcançar elevados níveis de eficiência, como ter ação duradoura, ser tóxicos a um grande número de organismos xilófagos, permitir penetração profunda e uniforme na madeira, não devem alterar as características da madeira ou dos materiais que estão em contato com a mesma, devem ser preferencialmente inodoros, não inflamáveis, resistentes à lixiviação e entre outras características que devem ser estudadas com base no tipo de madeira a ser tratada e no projeto (FLORIAN, 2011; TEIXEIRA, 2012; TELEGINSKI et al., 2016).

Segundo Lepage (1986), a classificação dos produtos preservativos da madeira pode ser feita com base na natureza físico-química do produto:

- a) Preservativos oleosos, ou seja, cuja natureza é oleosa;
- b) Preservativos oleossolúveis, que são dissolvidos em solventes orgânicos;
- c) Preservativos hidrossolúveis, aqueles em que o dissolvente é a água;

Dentre os preservativos hidrossolúveis, o CCA (Arseniato de Cobre Cromatado) é o mais utilizado no Brasil e é fortemente recomendado para o tratamento de madeiras que possam sofrer lixiviação, processo erosivo ocasionado pela lavagem superficial do solo ou de uma superfície, pois o CCA se fixa às paredes celulares da madeira e não é liberado facilmente para o meio ambiente (SILVA, 2006; VIDAL et al., 2015).

Mais de dezesseis mil espécies estão disponíveis na floresta Amazônica do território brasileiro e, destas, em torno de doze mil espécies foram registradas até o momento (STEEGE et al., 2016). Mesmo com a grande disponibilização das madeiras tropicais no país, as espécies que já eram classificadas foram demasiadamente utilizadas, o que acarretou na diminuição da disponibilidade do material e, consequentemente, aumentou os preços do material no mercado madeireiro brasileiro (PAES; MORESCHI; LELLES, 2005; SILVA; CAIXETA FILHO, 2015; LOPES et al., 2017).

Devido à implantação de áreas certificadas no país, houve uma crescente disponibilização no mercado madeireiro nacional de espécies de baixa e média densidade. Dessa forma, as madeiras que apresentam alta durabilidade natural vem sendo substituídas

gradualmente pelas espécies de rápido crescimento, em geral com poucas informações tecnológicas a respeito de seu comportamento ao longo do tempo, e que necessitam de preservação química para garantir a durabilidade do material aplicado em estruturas (PAES; MORESCHI; LELLES, 2005; VIDAL et al., 2015; LOPES et al., 2017).

Neste contexto, este trabalho apresenta uma análise sobre a influência da impregnação contra demanda biológica realizada com CCA-A, aplicado nas madeiras através do processo vácuo-pressão, nas propriedades físico-mecânicas da madeira tropical *Simarouba amara*, comumente conhecida como Caixeta (C20). Tal espécie é usual na construção civil e foi escolhida na tentativa de abranger a classe de resistência mais baixa de acordo com a ABNT NBR 7190/1997.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, foram analisadas amostras de madeiras da espécie *Simarouba amara*, mais conhecida como Caixeta (C20) (Figura 1). Esta é uma das espécies tropicais mais usuais na construção civil brasileira e foi escolhida na tentativa de se cobrir a classe de resistência mais baixa, de acordo com o que prescreve a ABNT NBR7190/1997, a qual divide as madeiras em classes de resistência com o objetivo de empregar madeiras com propriedades padronizadas, auxiliando na escolha do tipo de madeira para a elaboração de projetos estruturais. Potencialmente, espécies desta classe apresentam maior porosidade e tendem a receber melhor o tratamento preservante.



Figura 1 - Madeira de Caixeta.

Fonte: Autoria própria.

Segundo Moreschi (2013), o CCA é empregado em três tipos de formulações diferentes (tipos A, B e C), todas as formulações contém cerca de 19% em base ao óxido de cobre (CuO) e se diferem em relação aos teores de cromo e arsênico. A Tabela 1 mostra a composição dos três tipos de CCA.

Componente	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Cromo como CrO_3	65,5	35,3	47,5
Cobre como CuO	18,1	19,6	18,5
Arsênio como As_2O_5	16,4	45,1	34,0

Tabela 1 - Composição do CCA (%).

Fonte: Adaptado MORESCHI (2013).

As amostras de madeiras utilizadas na realização deste trabalho foram tratadas com CCA-A (óxido) através do sistema vácuo-pressão (célula cheia) em autoclave, com pressão entre 12 e 14 atm e retenção de 9,6 kg de preservativo/m³ de madeira tratada. O tratamento com CCA-A foi realizado na empresa FERRARI TRATAMENTO DE MADEIRAS em São Carlos – SP. As amostras de madeira foram retiradas para os ensaios a partir do seguinte modelo a fim de garantir a menor variabilidade das propriedades:

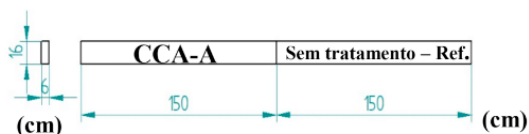


Figura 2 - Retirada das amostras para os ensaios.

Fonte: Autoria própria.

Ao todo foram 12 peças de Caixeta e de cada uma das duas partes (CCA-A, Sem tratamento - Ref) foram obtidos os corpos-de-prova para a determinação das propriedades estudadas, atendendo às recomendações do Anexo B, da ABNT NBR 7190.

As propriedades físico-mecânicas das madeiras de Caixeta foram determinadas conforme recomenda o Anexo B “Determinação das propriedades das madeiras para projeto de estruturas” do documento normativo NBR 7190/1997: Projeto de Estruturas de madeira, da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Para a realização dos ensaios mecânicos foi utilizada a máquina universal de ensaios AMSLER com capacidade de 25 toneladas, somente os ensaios de tenacidade foram realizados em máquina específica.

Primeiramente, realizou-se a caracterização completa da espécie sem tratamento, e posteriormente, foi realizada a caracterização completa da espécie com o tratamento preservativo a base do produto hidrossolúvel CCA tipo A. Os resultados das propriedades de resistência e rigidez foram corrigidos para umidade padrão de referência de 12%, como estabelecido pela ABNT NBR 7190/97.

Na Tabela 2 são apresentadas a propriedade física e as propriedades mecânicas investigadas das amostras sem tratamento preservante (Ref) e com tratamento preservante a base de CCA, cabendo destacar que foram fabricados 12 corpos-de-prova na determinação

de cada propriedade (14 propriedades avaliadas) e por condição experimental investigada (sem tratamento, tratamento com CCA), o que resultou em 336 determinações ao todo.

Sigla	Propriedade
ρ_{ap}	Densidade aparente a 12% de umidade
f_{c0}	Resistência na compressão paralela às fibras
E_{c0}	Módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras
f_{c90}	Resistência na compressão perpendicular às fibras
f_{t0}	Resistência na tração paralela às fibras
E_{t0}	Módulo de elasticidade na tração paralela às fibras
f_{t90}	Resistência na tração perpendicular às fibras
f_M	Resistência convencional na flexão estática
E_M	Módulo de elasticidade na flexão
f_{H0}	Dureza na direção paralela às fibras
f_{H90}	Dureza na direção perpendicular às fibras
f_{v0}	Resistência ao cisalhamento na direção paralela às fibras
f_{fend}	Resistência ao fendilhamento
W	Tenacidade

Tabela 2 - Propriedades avaliadas.

Fonte: Autoria própria.

A influência do fator tratamento [Tr] (sem - Ref, CCA) nas propriedades mecânicas da madeira de Caixeta foi avaliada com o uso do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Do teste de Tukey:

- **A** denota a condição experimental de maior valor médio da propriedade;
- **B** denota a condição experimental associada ao segundo maior valor médio e assim sucessivamente;
- Letras iguais implicam em tratamentos com médias estatisticamente equivalentes.

Este teste de comparação múltipla consiste na equivalência das médias dos tratamentos como hipótese nula (H_0), e na não equivalência de pelo menos duas das médias como hipótese alternativa (H_1). Pela formulação da ANOVA, avaliada com o auxílio do software Minitab®, versão 14, P-valor inferior ao nível de significância ($\alpha = 0,05$) implica em refutar H_0 (pelo menos uma das médias se difere das demais), aceitando-a em caso contrário (P-valor $> 0,05$ = as médias dos tratamentos são estatisticamente equivalentes).

Ambos os ensaios (MEV e EDS) foram realizados com as amostras da espécie *Simarouba amara*. As fotomicrografias de MEV e os respectivos espectros de EDS, que possibilitaram a análise qualitativa da composição dos elementos das soluções

preservativas, foram realizados na Central de Análises Químicas Instrumentais do Instituto de Química de São Carlos (CAQI/IQSC/USP).

As amostras de Caixeta cortadas na direção paralela às fibras da madeira, com dimensões de (1,5 x 1,5) cm de área de superfície e 0,5 cm de espessura, que foram secas em estufa com convecção de ar a 50C durante 24 horas, anteriormente ao ensaio de MEV.

As fotomicrografias de MEV foram obtidas em um equipamento ZEISS LEO 440 (Cambridge, England) com detector OXFORD (modelo 7060), operando com feixe de elétrons de 20 kV, corrente de 2,82 A e I probe de 200 pA. As amostras foram recobertas com 6 nm de ouro em um metalizador Coating System BAL-TEC MED 020 (BAL-TEC, Liechtenstein) e mantidas em dessecador até o momento da análise. As condições de metalização foram as seguintes: pressão na câmara = $2,00 \times 10^{-2}$ mbar; corrente = 60 mA; taxa de deposição = 0,60 nm/s.

A análise de Energia Dispersiva (EDS) foi realizada em um equipamento EDX LINK ANALYTICAL, (Isis System Series 300), com detetor de SiLi Pentafet, janela ultrafina ATW II (Atmosphere Thin Window), de resolução de 133 eV à 5,9 keV e área de 10 mm², acoplado ao mesmo microscópio em que se obtiveram as fotomicrografias de MEV. Utilizou-se padrão de Co para calibração, feixe de elétrons de 20 kV, distância focal de 25 mm, dead time de 30%, corrente de 2,82 A e I probe de 2,5 nA.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas 3, 4 e 5 são apresentados os valores médios ($\bar{x}$), os coeficientes de variação (Cv) e os resultados do teste de Tukey para as propriedades investigadas para a espécie *S. amara* (Caixeta).

Propriedades	Ref.		Com CCA	
	$\bar{x}$	Cv (%)	$\bar{x}$	Cv (%)
ρ_{ap} (g/cm ³)	0.33 A	2.67	0.34 A	1.95

Tabela 3 - Valores médios experimentais, coeficientes de variação (Cv) e resultados do teste de Tukey para a densidade aparente da espécie *S. amara* (Caixeta).

Fonte: Autoria própria.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (2021), o valor para a densidade aparente na condição de 15% de umidade para a Caixeta é de 0.48 g/cm³, diferente das obtidas experimentalmente e na condição de 12% de umidade. Isso é comum, pois dentro da mesma espécie, os valores numéricos das características físicas e mecânicas podem variar de acordo com a região, composição e umidade do solo em que a árvore foi plantada, parte do tronco onde se retiraram as amostras, entre outros fatores

que fazem com que as propriedades de uma mesma espécie possuam diferentes valores devido às diferenças dos lotes (CALIL JUNIOR; DIAS, 1997; SEGUNDINHO et al., 2017).

Propriedades	Ref.		Com CCA	
	<i>x</i>	Cv (%)	<i>x</i>	Cv (%)
f_{c0} (MPa)	34.47 A	15.49	33.94 A	11.50
f_{c90} (MPa)	7.20 A	14.99	7.07 A	11.50
f_{t0} (MPa)	49.48 AB	7.41	46.14 B	13.22
f_{t90} (MPa)	2.46 AB	25.60	2.16 B	34.24
f_M (MPa)	62.36 A	15.03	62.07 A	12.04
f_v (MPa)	8.56 B	17.39	10.86 A	15.71
f_{te} (MPa)	0.40 B	24.03	0.45 AB	21.34
f_{tH0} (MPa)	509.16 A	14.04	484.39 A	26.67
f_{tH90} (MPa)	283.33 A	15.19	305.20 A	41.00
W (N.m)	15.37 B	22.11	25.26 A	17.59

Tabela 4 - Valores médios experimentais, coeficientes de variação (Cv) e resultados do teste de Tukey para os valores de resistência da espécie *S. amara* (Caixeta).

Propriedades	Ref.		Com CCA	
	<i>x</i>	Cv (%)	<i>x</i>	Cv (%)
E_{c0} (MPa)	7325 A	29.71	7736 A	28.04
E_{t0} (MPa)	9414 A	7.02	9920 A	19.09
E_M (MPa)	8858 A	17.85	9378 A	20.61

Tabela 5 - Valores médios experimentais, coeficientes de variação (Cv) e resultados do teste de Tukey para os valores de módulo de elasticidade da espécie *S. amara* (Caixeta).

Segundo a ABNT NBR 7190/1997, os valores máximos para o coeficiente de variação (Cv), para que a caracterização possa ser descrita como adequada, é de 18% para esforços normais (f_{t0} e f_{c0}), e 28% para esforços tangenciais (f_v). A caracterização da Caixeta realizada para todos os casos de tratamento atendeu a estes limites. Os valores para as resistências na compressão paralela às fibras, na flexão e na tração normal às fibras obtidas experimentalmente foram diferentes das expostas na tabela 5, pois os lotes analisados eram diferentes.

Pelo teste de Tukey, os preservante CCA não afetou de forma significativa os

valores para as propriedades estudadas das madeiras de Caixeta.

Foram consultadas diversas bases de dados, revistas eletrônicas, bibliotecas e redes sociais como ResearchGate, Engeneering Village e Googlee Acadêmico, porém não foram encontradas pesquisas que abordassem a caracterização completa da espécie *S. amara* ou possíveis perdas nos valores das propriedades destas madeiras devido ao tratamento preservativo com CCA. Devido ao pioneirismo da pesquisa, não foram possíveis maiores comparações.

A Figura 3 é uma fotomicrografia gerada por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da madeira de Caixeta (*Simarouba amara*) com CCA-A. Por ser uma superfície em seu estado bruto a análise no MEV foi realizada de forma pontual, escolhendo-se as regiões onde se obteve a melhor visualização das células, da fixação dos óxidos puros às paredes celulares e da visualização do lúmen.

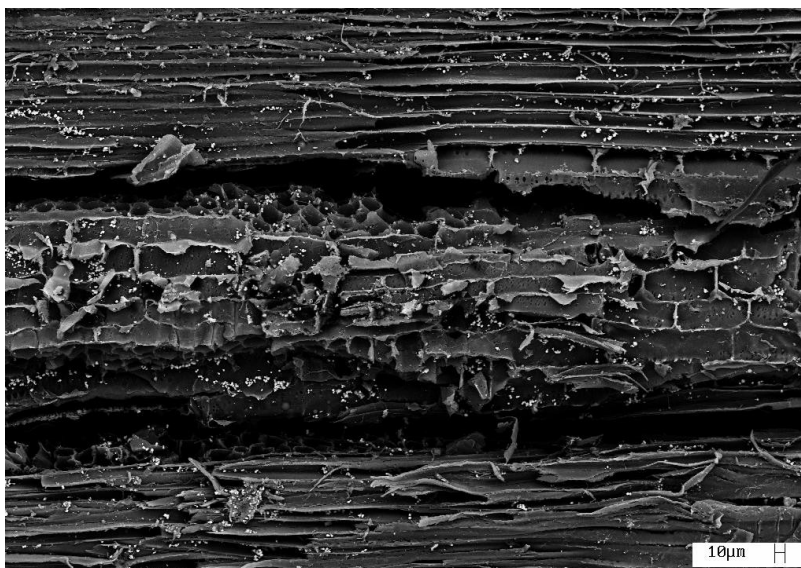


Figura 3 - Fotomicrografia de MEV com ampliação de 500x de magnitude da madeira de Caixeta impregnada com CCA.

Pode ser observado nas imagens os óxidos puros em forma de cristais aderidos em sua maioria nas paredes celulares e alguns dispersos no lúmen, tais cristais são destacados em relação aos componentes da madeira pura devido ao filtro utilizado no ensaio, que os deixam mais claros indicando a presença de elementos metálicos e semi-metálicos, como o cromo, arsênio e o cobre, que são as bases do preservativo utilizado.

Tendo em vista que a imagem é composta de regiões onde pontos mais claros contrastam com regiões mais escuras, e a fim de investigar onde os elementos que compõem o preservativo se encontram, foi feita a análise de EDS em uma região com

baixa concentração de pontos claros e em uma região com alta concentração de pontos claros, onde foi possível constatar que a segunda região obteve maior concentração dos elementos que compunham o preservativo.

Com esta constatação e levando-se em consideração a geometria cristalina dos pontos claros, podemos afirmar que os pontos claros se tratavam de cristais de óxidos puros aderidos no lúmen e na parede celular. Assim, foi feita uma análise em um cristal de maior área e foram obtidas maiores concentrações dos elementos presentes no preservativo, como mostra o espectro de EDS da Figura 4.

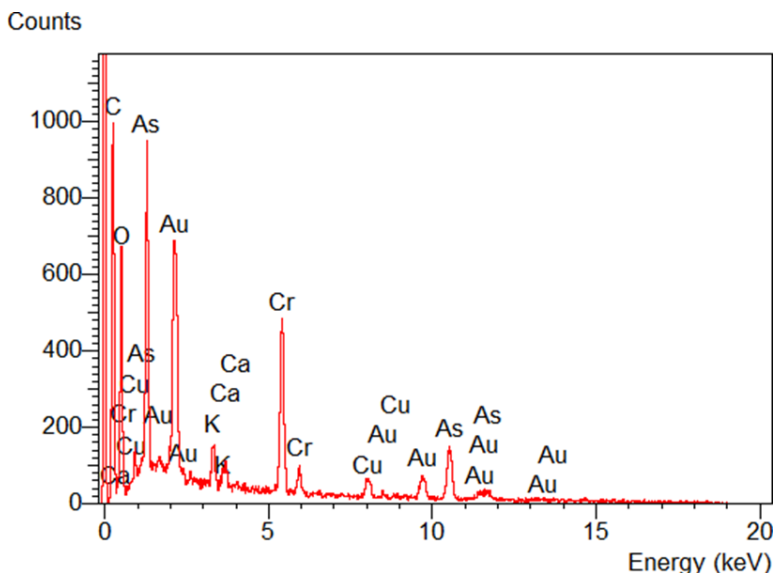


Figura 4 - Espectro de EDS da amostra de madeira impregnada com CCA.

As concentrações de outros elementos, como o potássio, cálcio, oxigênio e carbono que aparecem no espectro de EDS são referentes à própria composição da madeira em si e já eram esperados. O elemento ouro aparece devido à metalização da amostra por meio de um elemento condutor, que no caso é o mesmo.

4 | CONCLUSÕES

Conclui-se que as propriedades das madeiras de Caixeta que tiveram seus valores diminuídos após o tratamento com CCA-A foi devido à ruptura frágil atuante na madeira solicitada mecanicamente. O tratamento com CCA-A não alterou significativamente os valores das propriedades das madeiras de Caixeta e as fotomicrografias de MEV confirmaram o que a literatura apresenta sobre a fixação do CCA nas paredes celulares das madeiras.

Como não foi confirmada a influência, não será necessária a adoção de um novo coeficiente de modificação das resistências no dimensionamento de elementos estruturais de madeira, tendo como base os requisitos da ABNT NBR 7190. E no presente trabalho, ficam registradas a primeira caracterização completa da espécie *S. amara*.

A partir destas conclusões, foi comprovado o elevado nível técnico e de confiabilidade dos tratamentos preservativos realizados pelos processos de vácuo-pressão nas usinas de preservação de madeiras.

AGRADECIMENTOS

Por todo apoio prestado, os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 1997.

BOSCHETTI, Walter Torezani Neto et al. **Preservative treatment of fence posts evaluation through photocolormetry segmentation performance**. Revista Árvore, [s.l.], v. 40, n. 4, p.731-739, ago. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000400017>.

CALIL JR, Carlito; DIAS, Antonio Alves. **Utilização da madeira em construções rurais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 1, p.71-77, 1997.

EDLUND, Marie-louise; NILSSON, Thomas. **Testing the durability of wood**. Materials And Structures, [s.l.], v. 31, n. 9, p.641-647, nov. 1998. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02480616>.

FARIA, Wigor Souza et al. **Avaliação das propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Tratado e não Tratado com preservativo**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 11, n. 21, p.287-293, jun. 2015.

FERRARINI, Suzana Frighetto et al. **Classificação de resíduos de madeira tratada com preservativos de madeira tratada à base de arseniato de cobre cromatado e boro/flúor**. Química Nova, Porto Alegre, v. 35, n. 9, p.1767-1771, jun. 2012.

FLORIAN, Alexandre. **Preservativos de madeira e suas características**. Revista da Madeira, ed. 127, UNB, março 2011. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/revista-madeira>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

GEISSE, M.E. 2006. Tratamento de madeira de reflorestamento em autoclave. Revista da Madeira, 100: 96-99.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT (2021). **Informações sobre madeiras**. Disponível em:< http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca> Acesso em: 05 de mar. 2021.

ISAKSSON, Tord; BRISCHKE, Christian; THELANDERSSON, Sven. **Development of decay performance models for outdoor timber structures**. Materials And Structures, [s.l.], v. 46, n. 7, p.1209-1225, 2 nov. 2012. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1617/s11527-012-9965-4>.

LEPAGE, Ennio Silva. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas Estado de São Paulo, Divisão de Madeiras: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1986.

LOPES, Dercílio Junior Verly et al. **Influências do Diâmetro e Umidade da Madeira na Qualidade do Tratamento Preservativo. Floresta e Ambiente**, [s.l.], v. 24, e20160207, 12 set. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.020716>.

MOHAN, Dinesh et al. **Fungicidal values of bio-oils and their lignin-rich fractions obtained from wood/bark fast pyrolysis**. Chemosphere, [s.l.], v. 71, n. 3, p.456-465, mar. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.10.049>.

MORESCHI, João Carlos. (2013). **Biodegradação e Preservação da Madeira “Preservativos de Madeira”**. Apostila Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal – UFPR, vol. 2, Curitiba. 33p. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PRESERVATIVOS%20DE%20MADEIRA.pdf>. Acesso em: 05 de jul. 2017.

OLIVEIRA, AMF et al. **Agentes destruidores da madeira**. In: Lepage ES, editor. Manual de preservação de madeiras. São Paulo: IPT; 1986. p. 99-278. PMid:3722834.

PAES, Juarez Benigno; MORESCHI, João Carlos; LELLES, José Gabriel de. **Avaliação do tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus viminalis* Lab. e de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) pelo método de substituição da seiva. Ciência Florestal**, [s.l.], v. 15, n. 1, p.75-86, 30 mar. 2005. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/198050981825>.

SEGUNDINHO, Pedro Gutemberg de Alcântara et al. **Eficiência da colagem de madeira tratada de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell para produção de madeira laminada colada (MLC)**. Matéria, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, e11808, 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170002.0140>.

SILVA, Rodrigo Peixoto da.; CAIXETA FILHO, José Vicente. **Minimização dos Custos de Transporte para Exportação de Madeira da Amazônia Legal. Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.103-125, 30 abr. 2015. Revista de Administracao e Negocios da Amazonia. <http://dx.doi.org/10.18361/2176-8366/rara.v7n1p103-125>.

SILVA, José de Castro. (2006). **Madeira preservada: impactos ambientais**. Revista da Madeira, Caixias do Sul. Disponível em:< <http://www.remade.com.br> >. Acesso em: 04 jul.2017.

SILVEIRA, Amanda Grassmann da et al. **QUALITY OF *Hovenia dulcis* Thunb. Round fence posts submitted to preservative treatment**. Floresta, [s.l.], v. 48, n. 1, p.59-66, 13 mar. 2018. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i1.50118>.

STEEGE, Hans Ter et al. **The discovery of the Amazonian tree flora with an updated checklist of all known tree taxa. Scientific Reports**, [s.l.], v. 6, n. 1, p.1-15, 13 jul. 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1038/srep29549>.

TEIXEIRA, Juliana Grilo. **Efeito preservativo de produtos químicos naturais e do tratamento térmico na biodeterioração da madeira de *Pinus caribaea* Morelet**. 2012. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

TELEGINSKI, Evandro et al. **Emprego de técnica de colorimetria e ferramentas de sensoriamento remoto para avaliar o tratamento por CCB de mourões de madeira**. Scientia Forestalis, [s.l.], v. 44, n. 111, p.587-593, 3 out. 2016. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n111.05>.

TEMIZ, Ali et al. **Chemical composition and efficiency of bio-oil obtained from giant cane (*Arundo donax* L.) as wood preservative**. Bioresources, North America, v. 8, n. 2, p.2084- 2098, mar. 2013.

TEMIZ, Ali et al. **Efficiency of Bio-Oil Against Wood Destroying Organisms**. Journal Of Biobased Materials And Bioenergy, [s.l.], v. 4, n. 4, p.317-323, 1 dez. 2010. American Scientific Publishers. <http://dx.doi.org/10.1166/jbmb.2010.1092>.

VIDAL, Jackson Marcelo et al. **Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 1, p.257-271, jan-mar. 2015.

ZABEL, Robert A.; MORREL, Jeffrey J.. **Wood Microbiology: Decay and Its Prevention**. San Diego: Academic Press, 1992. 474 p.

ZIGLIO, Analine Crespo; GONÇALVES, Débora. **On the use of capsaicin as a natural preservative against fungal attack on *Pinus* sp. and *Hymenaea* sp. woods**. Materials Research, [s.l.], v. 17, n. 1, p.271-274, 23 ago. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-14392013005000141>.