III CBCTEM
Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

# AVALIAÇÃO DA CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DA MADEIRA DE SERINGUEIRA SUBMETIDA A IMPREGNAÇÃO COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA

José Henrique Camargo Pace[1]
Sabrina Mayer de Almeida[1]
João Vicente de Figueiredo Latorraca[1]
Sabrina Alvarenga Soares[1]
Marina Fernades Xavier[1]
Thalita Barbosa Silva[1]
Carlos Silveira[2]

[1] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
[2] Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

# AVALIAÇÃO DA CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DA MADEIRA DE SERINGUEIRA SUBMETIDA À IMPREGNAÇÃO COM NANOPARTÍCULA DE PRATA

**Resumo:** A madeira de Seringueira é considerada de baixa qualidade por apresentar alta susceptibilidade a agentes xilófagos e também alta instabilidade dimensional. Esse estudo teve como objetivo avaliar o efeito da vaporização e da impregnação de nanopartículas de prata no comportamento da contração volumétrica da madeira de *Hevea brasiliensis*. A madeira utilizada foi do clone de seringueira tri composto (PB311-MDF180), de modo que a madeira foi submetida ao processo de vaporização, durante 24 horas contínuas e posteriormente, imersas em solução contendo nanopartículas de prata, com prévia aplicação de vácuo (750 mmHg). Depois dos tratamentos, as amostras foram encaminhadas para secar em uma estufa à uma temperatura de 65 °C, até atingirem 12% de umidade. A contração volumétrica se deu através de mensurações de seu volume de 15 em 15 min. A vaporização não causou efeito significativo na contração volumétrica, diferente das amostras impregnadas com nanopartículas, pois apresentaram as menores contrações volumétricas. As nanopartículas podem servir como uma alternativa para um melhor controle da contração volumétrica da madeira de seringueira.

**Palavras-chave:** vaporização, *Hevea brasiliensis*, nanotecnologia.

# EVALUATION OF THE VOLUMETRIC CONTRACTION OF RUBBER WOOD SUBMITTED TO IMPREGNATION WITH SILVER NANOPARTICLE

**Abstract:** The wood of rubber tree is considered of low quality because it presents high susceptibility to xylophagous agents and also high dimensional instability. The objective of this study was to evaluate the effect of vaporization and impregnation of silver nanoparticles on the behavior of the volumetric contraction of *Hevea brasiliensis* wood. The rubber wood used was of the clone tri compound (PB311-MDF180). The wood was subjected to the vaporization process, for 24 continuous hours and afterwards, immersed in solution containing silver nanoparticles, with previous application of vacuum (750 MmHg). After the treatments, the samples were sent to kiln-dried at a temperature of 65°C, until reaching 12% humidity. The volumetric contraction occurred through measurements of its volume every 15 min. The vaporization had no significant effect on the volumetric contraction, different from the samples impregnated with nanoparticles, since they presented the smallest volumetric contractions. The nanoparticles can be considered as an alternative for a better control of the volumetric contraction of the rubber tree wood.

**Keywords:** vaporization, *Hevea brasiliensis*, nanotechnology.

## 1. INTRODUÇÃO

Quando a madeira é seca abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), a água de adesão é perdida e, por consequência, sofre a contração (JAWKOLSKY e GALVÃO, 1985). Este processo é alterado quando a água retorna para o interior da parede celular, entumecendo a madeira. A retração é proporcional à quantidade de

água retirada da parede celular. A contração longitudinal é normalmente desconsiderada por ser muito pequena, já a contração tangencial geralmente é maior que a radial por um fator de 1,5 a 3,0 (BOWYER et al., 2003). Quanto maior essa relação, maior será a tendência ao empenamento e ao fendilhamento da madeira. Para usos que necessitam de uma maior estabilidade na madeira, as melhores opções são aquelas que possuem o menor coeficiente de anisotropia (OLIVEIRA e SILVA, 2003).

A contração e o inchamento representam um dos mais importantes problemas práticos que ocorrem no decorrer da utilização da madeira, afetando e limitando consideravelmente o papel industrial da madeira (OLIVEIRA e SILVA, 2003).

A exploração da madeira de seringueira tem sido a alternativa mais importante quando a produção de látex se encerra, em torno de 25 a 30 anos. No entanto a utilização desta madeira pode ser impedida devido a problemas de contração encontrados nessa espécie. Esse problema incide naturalmente e não pode ser facilmente evitado. Indica-se proteger o seringal do vento para minimizar as torções nos ramos laterais e troncos, que ocasionam sérios danos às árvores (IAC, 2004).

Uma alternativa para diminuir os problemas de contração na madeira é a vaporização da mesma. Durante a vaporização de toras, o transporte de calor ocorre através da condução e convecção (CALONEGO e SEVERO, 2005; CALONEGO e SEVERO, 2006). A vaporização também causa uma acomodação das células das paredes celulares, uma vez que há a probabilidade da liberação das tensões de crescimento pelo relaxamento das deformações por meio do emprego momentâneo de umidade e calor (REZENDE e ESCOBEDO, 1988). Através da liberação contínua das tensões da madeira, ela é transformada de elástica em plástica, com isso tal material não possui probabilidade de contrair, expandir, empenar ou rachar (JAWKOLSKY E GALVÃO, 1985).

Um tratamento que pode ser considerado como uma alternativa para minimizar os problemas de contração na madeira é o tratamento com nanopartículas de prata, essa aplicação possui tais características como: aumento da durabilidade, diminuição da higroscopicidade, alterações na permeabilidade e catalisação da secagem da madeira (DASHTI et al., 2012; TAGHIYARI 2013; TAGHIYARI e MALEK, 2014).

Após a impregnação, as nanopartículas ficam espalhadas por todas as paredes celulares, vasos e pontuações, facilitando a transferência de calor da superfície para o interior da madeira (TAGUIYARI, 2012).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da impregnação de nanopartículas de prata na contração volumétrica da madeira de *Hevea brasiliensis*, e entender como a vaporização pode alterar esse processo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### Preparo do material

A madeira de *Hevea brasiliensis* foi fornecida pela fábrica Michelin, localizada em Igrapiúna - BA. A madeira utilizada foi o clone PB311 - MDF180 que é considerado um tri composto, pois apresenta um clone de fuste PB311, visando a produção de látex (clone de origem asiática) e outro de copa MDF180, visando a resistência ao fungo *Microcyclus ulei*. As árvores tinham 20 anos de idade.

Para a confecção dos corpos-de-prova, as toras foram desdobradas em uma serra de fita horizontal e em seguida desdobradas nas dimensões 2,5 cm x 2,5 cm x 10 cm (largura x espessura x comprimento). Posteriormente foram enumerados de acordo com cada tratamento e nas extremidades foram feitas marcações onde as dimensões das amostras seriam mensuradas com um paquímetro.

As amostras foram divididas em 6 tratamentos com 12 corpos-de-prova para cada um, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Delineamento experimental

| Grupos | Tratamentos | Códigos | n |
|---|---|---|---|
| I | Testemunhas | Testemunha | 12 |
| II | Vácuo inicial de 30 minutos com imersão de 6 horas | 30min | 12 |
| III | Vácuo inicial de 1 hora com imersão de 6 horas | 1h | 12 |
| IV | Vaporização por 24 horas | Vap24h | 12 |
| V | Vácuo de 30 minutos e vaporização de 24 horas | 30min-24h | 12 |
| VI | Vácuo de 1 hora e vaporização de 24 horas | 1h-24h | 12 |

n: Número de repetições por tratamento.

**Vaporização**

O processo de vaporização dos corpos-de-prova foi realizado em uma Autoclave Horizontal Experimental, com capacidade de aproximadamente 0,18 m³, a qual apresenta controle de temperatura e pressão.

A geração do vapor ocorreu com auxílio de uma caldeira com capacidade de 12 Kg vapor/hora, a temperatura máxima aplicada foi de 96°C±5 e a umidade relativa 90%±5. Durante a vaporização, a válvula de liberação de vapor foi mantida fechada.

No processo de vaporização foram utilizados 36 corpos de prova do clone PB311 - MDF180. Inicialmente as peças foram pesadas para a obtenção do peso úmido, organizadas na autoclave horizontal e, submetidas à vaporização durante 24 horas.

**Aplicação de vácuo e impregnação de nanopartículas de prata**

A solução contendo os nanoparticulados foi fornecida pela empresa KHEMIA nanopartículas LTDA.

O processo de impregnação das nanopartículas de prata foi realizado em amostras previamente vaporizadas e outras que não passaram por esse processo. A impregnação ocorreu através do método de imersão simples, com o auxílio de uma

cuba acrílica, com dimensões de 45 cm x 50 cm x 40 cm (largura x altura x comprimento).

A imersão da madeira na solução de água destilada com as nanopartículas de prata suspensas a uma concentração de 22 ppm, ocorreu após aplicação de um vácuo inicial de 750 mmHg por 30 minutos na metade dos corpos de prova e 1 hora na outra metade.

Os metais nanoparticulados apresentavam tamanho entre 5 a 20nm, sendo consideradas pela empresa como um coloide com excepcional estabilidade e pureza, pois não continha surfactantes, evitando a formação de precipitados.

Para organização das amostras na cuba, foi utilizado um suporte para prendê-las na parte inferior da câmara, garantindo que todas ficassem submersas pela solução (Figura 1). A imersão teve duração de 6 horas.

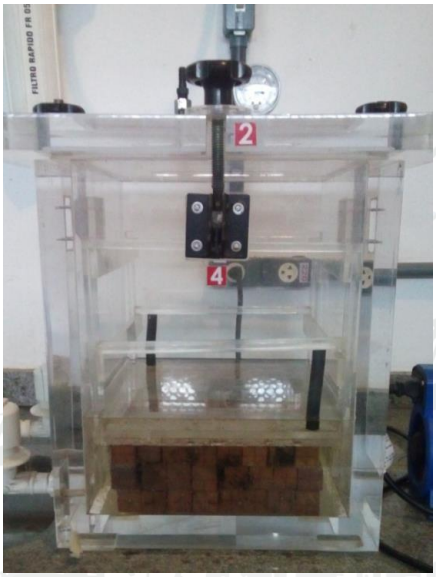


Figura 1. Corpos de prova organizados na cuba acrílica.
Fonte: Próprio autor.

**Contrações volumétricas**

A contração volumétrica foi feita seguindo a Norma Brasileira Regulamentar - NBR 7190. Os corpos-de-prova ainda verdes tiveram sua largura, espessura e comprimento mensurados com auxílio de um paquímetro.

Após esse processo, os corpos-de-prova foram colocados em uma estufa com temperatura a 65°C onde a perda de massa de água foi monitorada por pesagens subsequentes junto com as medidas do volume para se obter a contração volumétrica. O acompanhamento ocorreu em um intervalo de 15 em 15 minutos, até as amostras atingirem 12% de umidade. E, para obtenção das condições da madeira anidra, as peças permaneceram na estufa, porém à uma temperatura de 103°C durante um período de 24 horas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características anatômicas das fibras

Os resultados foram analisados por um teste não paramétricos, devido à falta de normalidade nos dados coletados, porém os resultados obtidos na pesquisa apresentaram diferenças significativas entre as médias dos tratamentos. Após constatada a ausência de distribuição normal (teste de Lillefors) nos dados de contração volumétrica, aplicou-se a Análise da Variância para testes não paramétrico de Kruskal-wallis (5% de significância) para a comparação dos postos médios que o teste gera. Detectada diferença significativa na comparação de pelo menos um posto médio, procedeu-se a análise pelo teste de Dunn, também a 5% de significância. As diferenças significativas observadas na comparação entre os postos médios foram expressas na média verdadeira, acompanhada do desvio padrão e o coeficiente de variação (Tabela 2). Procedimentos estatísticos sugeridos por Ayres et al. (2007)

Tabela 2. Estatística descritiva dos tratamentos para a contração volumétrica da madeira de *Hevea brasiliensis*

| Tratamentos | Testemunha | 30 min | 1h | Vap 24h | 30min-24h | 1h-24h |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Valor máximo | 7,340 | 6,390 | 6,400 | 6,270 | 8,060 | 6,960 |
| Valor mínimo | 13,840 | 8,580 | 10,730 | 16,580 | 13,940 | 14,790 |
| Média | 9,89 | 7,54 | 8,52 | 9,98 | 10,02 | 9,87 |
| Desvio Padrão | 1,7865 | 0,7257 | 1,336 | 2,527 | 1,993 | 1,906 |
| Coeficiente de Variação | 18,05% | 9,62% | 16,20% | 25,79% | 19,89% | 19,31% |

Tabela 3. Teste Tukey para o teor de umidade nas transições da fase 1 para a fase 2 e da fase 2 para a fase 3 em cada tratamento

| Contração Volumétrica (%) | | |
|---|---|---|
| **Tratamentos** | **Médias** | |
| Testemunha | 9,894 (43,625) | **b** |
| 30 min | 7,542 (14,333) | **a** |
| 1h | 8,520 (27,291) | **ab** |
| Vap 24h | 9,977 (42,725) | **b** |
| 30min-24h | 10,023 (43,250) | **b** |
| 1h-24h | 9,867 (44,750) | **b** |

A análise dos dados é feito na coluna, valores dentro dos parênteses expressam os postos médios do teste de Dunn. Letras diferentes acusam diferença significativa entre as médias pelo teste de Dunn a 5% de significância

Os valores encontrados estão próximos aos relatados para a espécie por Matan e Kyonkong (2003), de modo que os autores encontraram valores para a contração volumétrica no entorno de 8,2% com uma variação entre as amostras de até 1,8%. Segundo Forest Products Laboratory (2010), a contração volumétrica para *Hevea brasiliensis* seria em torno 7,2%, valores próximos aos encontrados por Oliveira Junior (2003), sendo observado uma contração volumétrica entorno dos 7 a 8%.

Todos os tratamentos que passaram pelo processo de vaporização não apresentaram diferença estatística da testemunha, ou seja, o tratamento com 24 horas de vaporização não proporcionou efeitos significativos na contração volumétrica para a madeira de *Hevea brasiliensis*.

A impregnação de nanopartículas mostrou que pode-se diminuir a contração volumétrica da madeira. O tratamento com 30 minutos de impregnação apresentou a menor contração volumétrica dentre todos os tratamentos, sendo diferente estatisticamente da testemunha. O tratamento com 1 hora de impregnação também diminuiu a contração em relação à testemunha, mas essa diferença não foi significativa.

Porém, ambos os tratamentos de impregnação, 30 minutos e 1 hora, apresentaram o menor coeficiente de variação dentro dos tratamentos, menor que a testemunha, diferente dos tratamentos que passaram pela vaporização, sendo eles os portadores dos maiores coeficientes de variação da pesquisa. Isso pode ser devido a localização das nanopartículas, propiciando uma transferência de calor para o interior das amostras (DASHTI et al. 2012; TAGHIYARI 2013; TAGHIYARI e MALEK, 2014), conseguindo uma contração mais homogênea da madeira, pois as nanopartículas além de atravessarem as paredes celulares, devido ao seu tamanho, podem ficar retidas entre as cadeias de celulose (MONTAZER e ALIMOHAMMADI et al., 2012).

## 4. CONCLUSÕES

A madeira de *Hevea brasiliensis* (clone PB311-MDF180), apresentou uma contração volumétrica condizente com os estudos para a espécie, visto que os efeitos dos tratamentos geraram bônus e ônus para a madeira. Todos os tratamentos que passaram somente pela impregnação de nanopartículas de prata apresentaram uma redução na contração volumétrica. Foi possível uma melhor homogeneidade na contração volumétrica com as madeiras tratadas com as nanopartículas. O tratamento com nanopartículas de prata pode ser uma alternativa para melhorar a contração volumétrica da madeira.

## 5. AGRADECIMENTOS

A todos os amigos do Núcleo de Pesquisa e Qualidade da Madeira - NPQM, a FAPERJ por fornecer financiamento para bolsa de iniciação neste projeto, a KHEMIA nanopartículas LTDA. e a Michelin BA, pela doação do material utilizado para a pesquisa.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYRES, M.; AYRES Jr, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. A. BioEstat 5.0 Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Sociedade Civil Mamirauá, Tefé, 380p. 2007

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: An Introduction**. Blackwell Publishing. New York, 2003.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Efeito da vaporização de toras na redução dos defeitos associados a tensões de crescimento de *Eucaliptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, p. 431-440, 2005.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Estimativa do tempo de vaporização de toras de *Eucaliptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 457-462, 2006.

DASHTI, H., SALEHPUR, S. TAGHIYARI H. M., AKBARI FAR, F., HESHMATI, S. The Effect Of Nanoclay On The Mass Transfer Properties Of Plywood Digest. **Journal of Nanomaterials and Biostructures**, v. 7, n. 3, p. 853-860, April - June 2012.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood handbook: wood as an engineering material. Madison: U.S. Departament of Agriculture, 508p, 2010.

IAC - INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Programa Seringueira**. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/centros/centro_cafe/seringueira/programa seringuiera.htm>. Acesso em: 27 abr. 2017.

JANKOWSKY, I.P.; GALVÃO, A.P.M. Secagem Racional da Madeira. Nobel, 1985, 110p.

MATAN, N.; KYOKONG, B. Effect of moisture content juvenile on some physical and mechanical proprieties rubberwood (*Hevea brasiliensis* Muler). **Journal of Science and Technology**, Songklanakarin, v. 25, n. 3, p. 327-340, 2003.

MONTAZER, M., ALIMOHAMMADIB, F., SHAMEIA, A., RAHIMIC, M. K. Durable antibacterial and cross-linking cotton with colloidal silver nanoparticles and butane tetracarboxylic acid without yellowing. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.89, p.196-202, 2012.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm.. **Revista Árvore**, v.27, n.3, p. 381-385, 2003.

REZENDE, M.A.; ESCOBEDO, J. F. Retratibilidade volumétrica e densidade aparente da madeira em função da umidade. **IPEF**, n. 39, p. 33-40, ago.1988.

TAGHIYARI, H.R. Study on the effect of nano-silver impregnation on mechanical properties of heattreated *Populus nigra*. **Wood Sci Technol** 45:399-404, 2012.

TAGHIYARI, H. R., Effects Of Heat-Treatment On Permeability Of Untreated And Nanosilver-Impregnated Native Hardwoods. Maderas. **Ciencia y tecnología** 15(2): 183-194, 2013.

TAGHIYARI, H. R., MALEK, B. M. Effect of heat treatment on longitudinal gas and liquid permeability of circular and square-shaped native hardwood specimens. **Springer-Verlag**. Berlin, Heidelberg, 2014.