



**Cleverson Flor da Rosa
Franciele Bonatto
João Dallamuta
(Organizadores)**

Impactos das Tecnologias nas Engenharias 3

Cleverson Flor da Rosa
Franciele Bonatto
João Dallamuta
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias nas Engenharias

3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Cleverson Flor da Rosa, Franciele Bonatto, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-193-0

DOI 10.22533/at.ed.930191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia. I. Rosa, Cleverson Flor da. II. Bonatto, Franciele. III. Dallamuta, João. IV. Título.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Esta obra é composta por pesquisas realizadas por professores de cursos de engenharia e gestão. Optamos por uma abordagem multidisciplinar por acreditarmos que esta é a realidade da pesquisa em nossos dias.

A realidade é que não se consegue mais compartimentar áreas do conhecimento dentro de fronteiras rígidas, com a mesma facilidade do passado recente. Se isto é um desafio para trabalhos de natureza mais burocrática como métricas de produtividade e indexação de pesquisa, para os profissionais modernos está mescla é bem-vinda, porque os desafios da multidisciplinariedade estão presentes na indústria e começam a ecoar no ambiente mais ortodoxo da academia.

Esta obra temos aspectos de gestão aplicada, em análises econômicas, de ambiente de negócios, análise de confiabilidade, mapeamento de processos e qualidade. Também são abordadas pesquisas nas áreas de construção e urbanismo. Todos os trabalhos com discussões de resultados e contribuições genuínas em suas áreas de conhecimento.

Boa leitura

Cleverson Flor da Rosa
Franciele Bonatto
João Dallamuta

UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES NO AMBIENTE REGULATÓRIO E SEUS IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO DO PRÉ-SAL	
<i>João Sílvio Semolini Olim</i>	
<i>Johnson Herlich Roslee Mensah</i>	
<i>Jamil Haddad</i>	
<i>Roberto Akira Yamachita</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915031	
CAPÍTULO 2	11
ANÁLISE DO MAPA DO FLUXO DE VALOR EM UMA FARMÁCIA HOSPITALAR DE VITÓRIA DA CONQUISTA – BA	
<i>Carla Monique Rocha dos Santos</i>	
<i>Adelma Costa Cordeiro</i>	
<i>Cinara Gomes dos Santos</i>	
<i>Iggor Lincolln Barbosa da Silva</i>	
<i>Juliana Cristina de Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915032	
CAPÍTULO 3	23
ANALISE ECONÔMICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM CAMPOS MADUROS NA REGIÃO DA BACIA POTIGUAR UTILIZANDO UM MODELO BIDIMENSIONAL	
<i>Talles André Moraes Albuquerque</i>	
<i>Jardel Dantas da Cunha</i>	
<i>Keila Regina Santana Fagundes</i>	
<i>Antônio Robson Gurgel</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915033	
CAPÍTULO 4	38
APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE FALHA - FMEA NA INSTALAÇÃO DE BOMBEIO CENTRÍFUGO SUBMERSO (BCS) EM CAMPOS MADUROS ONSHORE NA BACIA DO RECONCAVO	
<i>Jeanderson de Souza Mançú</i>	
<i>Luiz Eduardo Marques Bastos</i>	
<i>Raymundo Jorge de Sousa Mançú</i>	
<i>Graciele Cardoso Mançú</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915034	
CAPÍTULO 5	48
APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP) COMO MÉTODO DE CONTROLE DA QUALIDADE PARA A SECAGEM DE CAFÉ	
<i>Uilla Fava Pimentel</i>	
<i>Gildeir Lima Rabello</i>	
<i>Willian Melo Poubel</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9301915035	
CAPÍTULO 6	55
LEVANTAMENTO COMPARATIVO SERGIPE VS BRASIL DO CONSUMO, COMERCIALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO GÁS NATURAL AO LONGO DE 10 ANOS	
<i>Rai Melo de Oliveira</i>	
<i>Thereza Helena Azevedo Silva</i>	

Marcela de Araújo Hardman Côrtes

DOI 10.22533/at.ed.9301915036

CAPÍTULO 7 63

REDE NEURAL DE ELMAN APLICADA NA PREVISÃO DE PREÇOS DE COMBUSTÍVEIS

Renan Pires de Araújo

Adrião Duarte Dória Neto

Andrés Ortiz Salazar

DOI 10.22533/at.ed.9301915037

CAPÍTULO 8 70

BIOPROSPECÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA MANUFATURA DE BIODIESEL

Débora da Silva Vilar

Milson dos Santos Barbosa

Isabelle Maria Duarte Gonzaga

Aline Resende Dória

Lays Ismerim Oliveira

Luiz Fernando Romanholo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.9301915038

CAPÍTULO 9 85

USO DO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) PARA HIERARQUIZAÇÃO DE MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DO GRAU DE APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Arthur Felipe Echs Lucena

Luci Mercedes De Mori

DOI 10.22533/at.ed.9301915039

CAPÍTULO 10 102

SEGURANÇA DO TRABALHADO EM CAMPOS PETROLÍFEROS ONSHORE DA BACIA SERGIPE-ALAGOAS: PERCEPÇÕES SOBRE TERCEIRIZAÇÃO, ACIDENTES OMITIDOS E PROCEDIMENTOS ADEQUADOS

Milson dos Santos Barbosa

Débora da Silva Vilar

Aline Resende Dória

Adyson Barboza Santos

Elayne Emilia Santos Souza

Luiz Fernando Romanholo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.93019150310

CAPÍTULO 11 113

A INFLUÊNCIA DA ERGONOMIA EM MELHORIAS PRODUTIVAS UTILIZANDO A EQUAÇÃO NIOSH

Emerson da Silva Moreira

Luiz Eduardo Nicolini do Patrocinio Nunes

DOI 10.22533/at.ed.93019150311

CAPÍTULO 12 131

SIMULAÇÃO DA ONDA COMPRESSIONAL APLICADO EM MODELOS DIGITAIS DE ROCHAS

Gracimário Bezerra da Silva

José Agnelo Soares

Leopoldo Oswaldo Alcázar Rojas

DOI 10.22533/at.ed.93019150312

CAPÍTULO 13 142

MULTIÁREAS DA ENGENHARIA ELÉTRICA COMO CONTEÚDOS COMPLEMENTARES APLICADOS À REDE PÚBLICA DE ENSINO

Hélvio Rubens Reis de Albuquerque
Raimundo Carlos Silvério Freire

DOI 10.22533/at.ed.93019150313

CAPÍTULO 14 157

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA PARA INVESTIGAÇÃO DE HIDRODEMOLIÇÃO EM AMBIENTES PRESSURIZADOS

Lidiani Cristina Pierri
Rafael Pacheco dos Santos
Jair José dos Passos Junior
Anderson Moacir Pains
Marcos Aurélio Marques Noronha

DOI 10.22533/at.ed.93019150314

CAPÍTULO 15 164

DELTA NOB

Andressa Regina Navas
Leticia Tieppo
Renan Ataide
Guilherme Legramandi
Ludmilla Sandim Tidei de Lima Pauleto
André Chaves

DOI 10.22533/at.ed.93019150315

CAPÍTULO 16 171

AValiação comparativa entre métodos de aferição do teor de umidade em peças de madeira de dimensões reduzidas

João Miguel Santos Dias
Florêncio Mendes Oliveira Filho
Alberto Ygor Ferreira de Araújo
Sandro Fábio César
Rita Dione Araújo Cunha

DOI 10.22533/at.ed.93019150316

CAPÍTULO 17 180

NOVA TÉCNICA DE ESCAVAÇÕES DE MICROTÚNEIS: ANÁLISE DE DESLOCAMENTOS NO MACIÇO DE SOLO UTILIZANDO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Lidiani Cristina Pierri
Rafael Pacheco dos Santos
Jair José dos Passos Junior
Wagner de Sousa Santos
Marcos Aurélio Marques Noronha

DOI 10.22533/at.ed.93019150317

CAPÍTULO 18 201

UTILIZAÇÃO DA BORRACHA DE PNEU COMO ADIÇÃO EM FORMATO DE FIBRA PARA O TIJOLO ECOLÓGICO.

Gabrieli Vieira Szura
Andressa Zanelatto Venazzi
Adernanda Paula dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.93019150318

CAPÍTULO 19 215

ANÁLISE DOS CRITÉRIOS DE ASSENTAMENTO DE SAPATAS DE REVESTIMENTO EM ÁGUAS PROFUNDAS

Geovanna Cruz Fernandes

Douglas Bitencourt Vidal

Carla Salvador

DOI 10.22533/at.ed.93019150319

CAPÍTULO 20 224

A EXPLORAÇÃO DAS AREIAS BETUMINOSAS DO CANADÁ: UM EXEMPLO DE RESERVATÓRIO NÃO CONVENCIONAL

Paulo Sérgio Lins da Silva Filho

Fabiano dos Santos Brião

DOI 10.22533/at.ed.93019150320

SOBRE OSA ORGANIZADORES 233

AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE AFERIÇÃO DO TEOR DE UMIDADE EM PEÇAS DE MADEIRA DE DIMENSÕES REDUZIDAS

João Miguel Santos Dias

Faculdade Sudoeste - UNIGRAD/Engenharia Civil
Vitória da Conquista – Bahia

Florêncio Mendes Oliveira Filho

Centro Universitário Estácio da Bahia/Engenharia Civil
Salvador – Bahia

Alberto Ygor Ferreira de Araújo

Universidade Federal da Bahia/Faculdade de Arquitetura
Salvador – Bahia

Sandro Fábio César

Universidade Federal da Bahia/ Departamento de Construção e Estruturas
Salvador – Bahia

Rita Dione Araújo Cunha

Universidade Federal da Bahia/Núcleo de Tecnologia, Projeto e Planejamento
Salvador – Bahia

RESUMO: A influência do teor de umidade nas propriedades físicas e mecânicas da madeira é um aspecto relevante que deve ser considerado durante a fase de concepção e de execução das estruturas, podendo interferir no seu desempenho global, sobretudo quando se recorre aos adesivos estruturais. Neste contexto a aferição do teor de umidade da madeira é uma etapa de extrema importância. O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade da utilização

de dois tipos de medidores elétricos para determinação do teor de umidade em peças de madeira de dimensões reduzidas. Foram aferidos os teores de umidade em 18 corpos-de-prova (CPs) de Citriodora (*Corymbia Citriodora*) e Maçaranduba (*Manilkara spp*) através de medidor capacitivo, medidor resistivo e ensaio gravimétrico. O medidor capacitivo forneceu medições de teor de umidade mais próximos dos valores obtidos pelo método gravimétrico para CPs de madeira de alta densidade e com teor de umidade em equilíbrio ao ar. A variação do comprimento dos CPs não influenciou os resultados dos medidores elétricos.

PALAVRAS-CHAVE: estruturas de madeira, teor de umidade, métodos de medição, comparação.

ABSTRACT: The influence of moisture content in physical and mechanical properties has an important role in the conception and construction of sawn timber structures, as it becomes one of the most important factors in production of glued joints. Therefore, moisture content measuring is an extremely important procedure. The aim of this work is to assess the viability of the use of two types of electric moisture meters in small dimension sawn timber specimen. The moisture content was obtained in eighteen samples of Citriodora (*Corymbia Citriodora*) and Maçaranduba (*Manilkara spp*)

by using a capacitive moisture meter, a resistive moisture meter and the gravimetric moisture content method. The capacitive moisture meter showed results similar to the gravimetric moisture content method and the equilibrium moisture content for the high density timber specimens. The specimen length did not affect the results obtained from de electric moisture meters.

KEYWORDS: timber structures, moisture content, measuring methods, comparison.

1 | INTRODUÇÃO

A influência do teor de umidade nas propriedades físicas e mecânicas da madeira, para valores abaixo do ponto de saturação das fibras (OLIVEIRA e SILVA, 2003; LOBÃO *et al.*, 2004), é um aspecto relevante que deve ser considerado durante a fase de concepção e de execução das estruturas de madeira. Esse fator poderá interferir no desempenho global da estrutura, sobretudo quando se recorre à madeira engenheirada composta por adesivos estruturais, podendo comprometer a qualidade da colagem e, conseqüentemente, reduzir a capacidade de carga da estrutura. Segundo Donato *et al.* (2014), a aferição do teor de umidade da madeira é uma etapa que assume um papel fundamental na previsão do comportamento físico e mecânico do material. Além disso, a utilização de peças de madeira com teor de umidade adequado, poderá evitar o surgimento de patologias inerentes à biodeterioração que poderão comprometer o desempenho da estrutura (BRITO, 2014). De forma análoga à aferição das propriedades do concreto durante a fase de execução, a determinação do teor de umidade da madeira deverá ser realizada no momento do recebimento da madeira em obra (RODRIGUES e SALES, 2002).

A aferição do teor de umidade poderá ser realizada através de vários métodos. O método tradicional ou gravimétrico consiste na introdução de corpos-de-prova (CPs) com dimensões padronizadas em uma estufa com temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, até que se obtenha uma massa constante (variação inferior a 5%). Este método está previsto na norma ABNT NBR 7190:1997: *Projeto de estruturas de madeira*. e seus resultados são considerados como mais exatos, no entanto requer mais tempo para a determinação do teor de umidade (DONATO *et al.*, 2014), além de necessitar de mais equipamentos (estufa e balança). Segundo Carvalho (2010), o teor de umidade da madeira também poderá ser aferido através do emprego da metodologia de microondas. Este processo consiste na emissão de ondas eletromagnéticas através da madeira e, relacionando as propriedades dielétricas da madeira com a frequência das ondas absorvidas, é possível obter o teor de umidade da madeira. Os resultados são obtidos rapidamente e envolvendo um baixo custo de investimento, no entanto, segundo Donato *et al.* (2014), este método ainda se encontra pouco desenvolvido.

A medição do teor de umidade também poderá ser realizada através de medidores elétricos capacitivos ou resistivos (CRISÓSTOMO, GOUVEIA e COSTA,

2016). Segundo Rodrigues (1999), os medidores elétricos resistivos são semelhantes a ohmímetros, sendo que o seu princípio de funcionamento se baseia na medição a resistência elétrica da peça de madeira, medida entre duas agulhas (eletrodos) que são cravadas na madeira. Uma vez que a madeira e a água apresentam valores de resistência elétrica opostos, o valor de teor de umidade será obtido em função da presença de água (baixa resistência elétrica) na peça. Os medidores elétricos capacitivos possuem placas (eletrodos) que emitem um campo elétrico em um material que esteja em contato com estas. A aferição do teor de umidade, dependente das propriedades dielétricas do material, é realizada em função da medição da quantidade de energia acumulada na madeira (RODRIGUES, 1999). A medição do teor de umidade através de medidores elétricos poderá sofrer interferências causadas pela direção das fibras da madeira, temperatura, profundidade de cravação dos eletrodos (CALONEGO *et al.*, 2006), presença de tratamentos preservativos (CARVALHO, 2010), força de pressão das placas de contato, intensidade da corrente elétrica emitida, natureza dos eletrodos e dimensões das peças (GALINA, 1997).

As dimensões das peças de madeira constituem um fator determinante para a determinação do método de aferição do teor de umidade. Este fato encontra fundamento na distribuição da umidade no interior da peça: em peças com pequena espessura, a umidade no interior da peça tem uma distribuição uniforme (RODRIGUES, 1999), enquanto que, quanto maior for a espessura da peça, maior será o gradiente de umidade (GALINA, 1997) e, portanto, mais evidentes serão as diferenças de umidade entre o interior e a camada superficial da seção transversal da peça. Skaar (1988) refere que, para peças com espessura reduzida, a utilização de medidores elétricos capacitivos (com eletrodos em formato de placas) são os mais indicados. James (1988) também recomenda a utilização de medidores resistivos (eletrodos em formato de agulhas) para peças com baixo gradiente de umidade. No caso de peças de madeira com largura limitada, surge a necessidade de avaliar qual o melhor medidor elétrico para aferir o teor de umidade. Por conseguinte, este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade da utilização de dois tipos de medidores elétricos para determinação do teor de umidade em peças de madeira de dimensões reduzidas.

2 | METODOLOGIA

Este decorreu na cidade de Salvador – BA, sendo que o teor de umidade de equilíbrio ao ar é igual a 18%, o que corresponde à classe 3 de umidade da norma ABNT NBR 7190:1997. Foram utilizados dois tipos de medidores elétricos: um capacitivo (marca Digisystem, modelo DUC 2050) e outro resistivo (marca Digisystem, modelo DL 2000). O medidor elétrico capacitivo tem uma placa com área (52,0 x 72,0) mm², através da qual é realizada a medição do teor de umidade e, segundo o fabricante, o equipamento é indicado para utilização em peças com espessuras entre 20 mm e

50 mm e densidades entre 350 kg/m³ e 999 kg/m³. O medidor elétrico resistivo possui dois eletrodos com 25,4 mm (1 polegada) de comprimento, sendo que, segundo o seu fabricante, a penetração na madeira deverá ser realizada de forma a que a distância entre os dois eletrodos seja perpendicular à direção das fibras. A perfuração deverá atingir cerca de 8,5 mm de profundidade de peças de madeira até 50,8 mm (2 polegadas), a uma distância mínima de 300 mm do topo da peça (medidos na direção das fibras), devendo ser respeitada a distância mínima de 30,0 mm em relação à borda lateral da peça. Para o método gravimétrico, foi seguida a metodologia prescrita pela norma ABNT NBR 7190:1997, com medição das massas de 8 em 8 horas, devido à disponibilidade do laboratório. As massas dos CPs foram obtidas através de balança de precisão da marca BEL e modelo L2102i.

Foram utilizadas duas espécies de madeira: Citriodora (*Corymbia Citriodora*) e Maçaranduba (*Manilkara spp*), cedidas pelas empresas CM Venturoli e Madeireira Victória, respectivamente. Segundo a norma ABNT NBR 7190:1997 e considerando os valores para teores de umidade de referência (12%), a densidade aparente média da Citriodora é de 999 kg/m³, enquanto que a Maçaranduba possui 1143 kg/m³. A escolha destas espécies foi justificada pelo fato da sua utilização corrente no estado da Bahia (DIAS, 2015). A Maçaranduba sofreu a incidência direta da chuva no momento da sua entrega, o que implicou na necessidade de estocar esta madeira em local ventilado e protegido das intempéries durante um período de 3 semanas. No caso da Citriodora, os CPs já se encontravam estocados na carpintaria da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia pelo um período de 7 anos. Os CP's de Citriodora (série E) e de Maçaranduba (série M) apresentaram seção transversal de (35,0 x 35,0) mm², sendo os seus comprimentos variáveis: 330,0 mm para as séries E1 e M1; 378,0 mm para as séries E2 e M2; 426,0 mm para as séries E3 e M3. Estas dimensões foram adotadas no âmbito do trabalho de Dias (2015), o qual realizou a caracterização mecânica de ligações entre madeira e barras de aço rosqueadas de pequenas dimensões coladas com epóxi. Foram utilizados 6 CP's por cada série.

A medição do teor de umidade com o medidor elétrico capacitivo foi realizada em dois blocos simultaneamente, devido ao fato da largura da placa do aparelho (52,0 mm) ser superior à largura de um CP, o que poderia implicar em teores de umidade irrealistas. Foi realizada uma medição por cada face do CP, totalizando quatro medições, sendo o valor do teor de umidade obtido através da média aritmética. Para verificar a variação do teor de umidade ao longo do tempo, realizaram-se medições no dia 0, 15 e 25 dias. Uma vez que era necessário preservar a integridades dos CPs com vista à sua caracterização mecânica, o método gravimétrico e o medidor resistivo foram utilizados somente ao 25º dia. Para tal, procedeu-se ao corte dos CPs em 3 partes, sendo o trecho central de cada CP destinado à determinação do teor de umidade com o medidor capacitivo. Posteriormente, foi retirada uma parte do trecho central do CP para determinação do teor de umidade através do método gravimétrico conforme a norma ABNT NBR 7190:1997. Uma das extremidades restantes de cada CP foi

utilizada na determinação do teor de umidade através do medidor resistivo, devido à necessidade de avaliar as condições de colagem das barras.

3 | RESULTADOS

O Gráfico 1 apresenta os valores referentes à estatística descritiva dos teores de umidade obtidos através do medidor capacitivo (U_cont) aos 0, 15 e 25 dias para os CP's de Citriodora e Maçaranduba. Na mesma Tabela também é possível encontrar os valores referentes às medições realizadas através do medidor resistivo (U_perf) e do método gravimétrico (U_ensaio), ambas realizadas aos 25 dias.

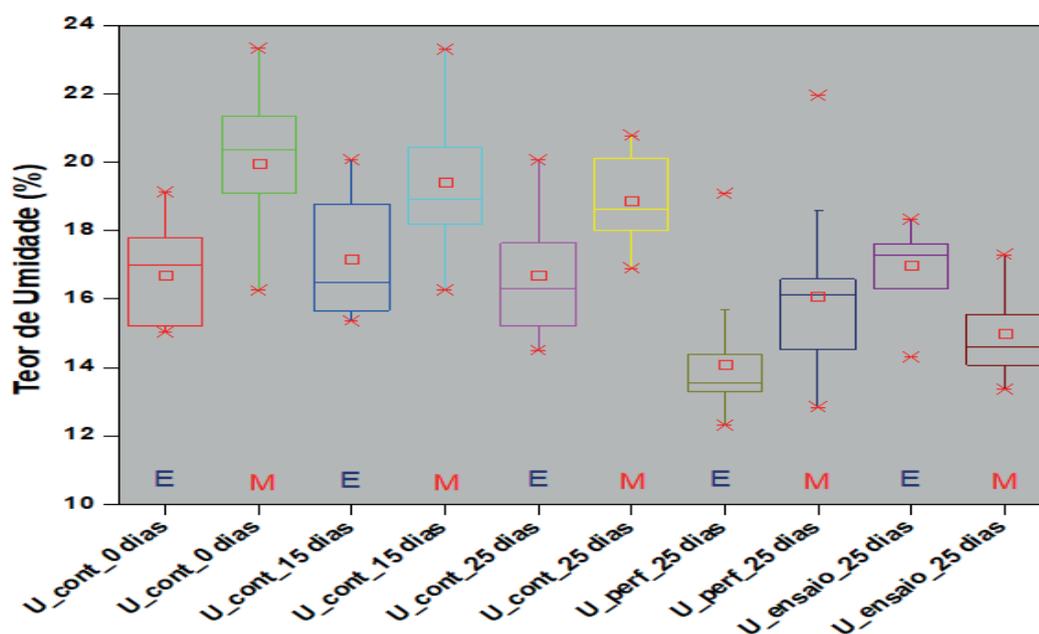


Gráfico 1 – Gráfico *box plot* dos valores obtidos com os medidores elétricos e ensaio.

Fonte: os autores.

Para a Citriodora, é possível verificar que os valores obtidos através do medidor capacitivo variaram entre 14,06% e 20,08%. O medidor resistivo apresentou valores entre 12,31% e 15,68% e, através do método gravimétrico, foram registrados valores entre 14,30% e 18,33%. Para a Maçaranduba, o medidor capacitivo apresentou valores entre 16,25% e 23,33%, enquanto que o medidor resistivo apresentou valores mais baixos (entre 12,84% e 18,58%) e o método gravimétrico forneceu valores entre 13,36% e 17,29%. Os Gráficos 2 e 3 apresentam os valores de teor de umidade de cada CP obtidos através do medidor capacitivo para os instantes 0 dias (número dos CP's de 1 a 6), 15 dias (número dos CP's de 7 a 12) e 25 dias (número dos CP's de 13 a 18), para as séries de Citriodora e de Maçaranduba. A série E1 apresentou valores entre 14,49% e 18,77%, a série E2 apresentou valores entre 15,01% e 20,08%, sendo que a série E3 apresentou valores entre 15,66% e 20,06%. Em relação aos CPs de Maçaranduba, foram registrados valores entre 18,01% e 20,55% para a série M1,

20,09% e 23,33% para a série M2 e, para a série M3, 16,25% e 19,08%.

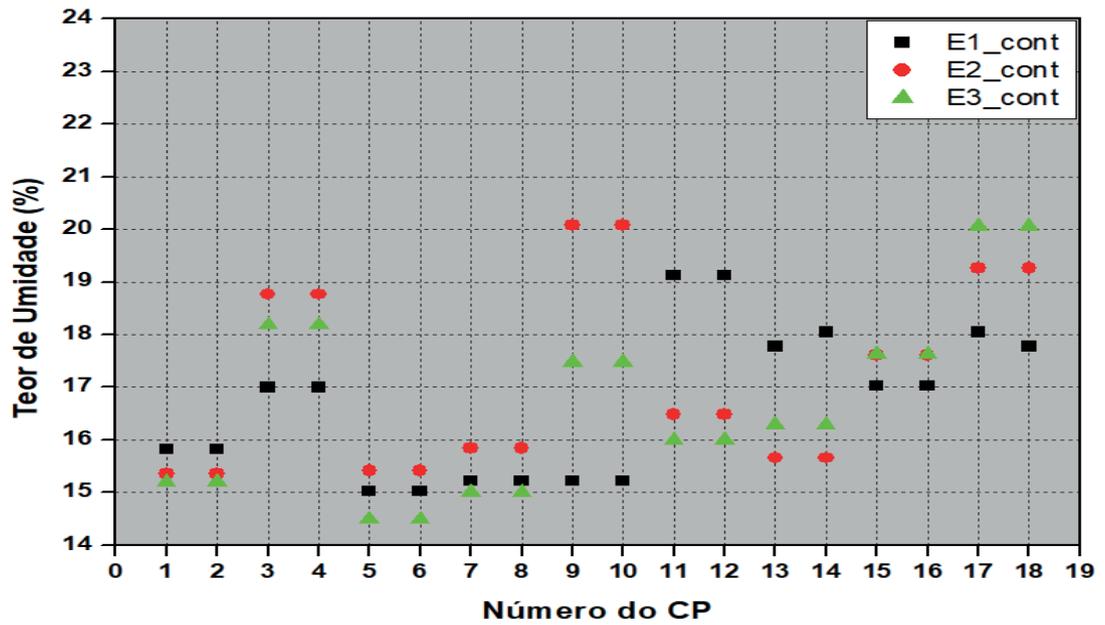


Gráfico 2 – Teores de umidade obtidos com o medidor capacitivo - Citridora.

Fonte: os autores.

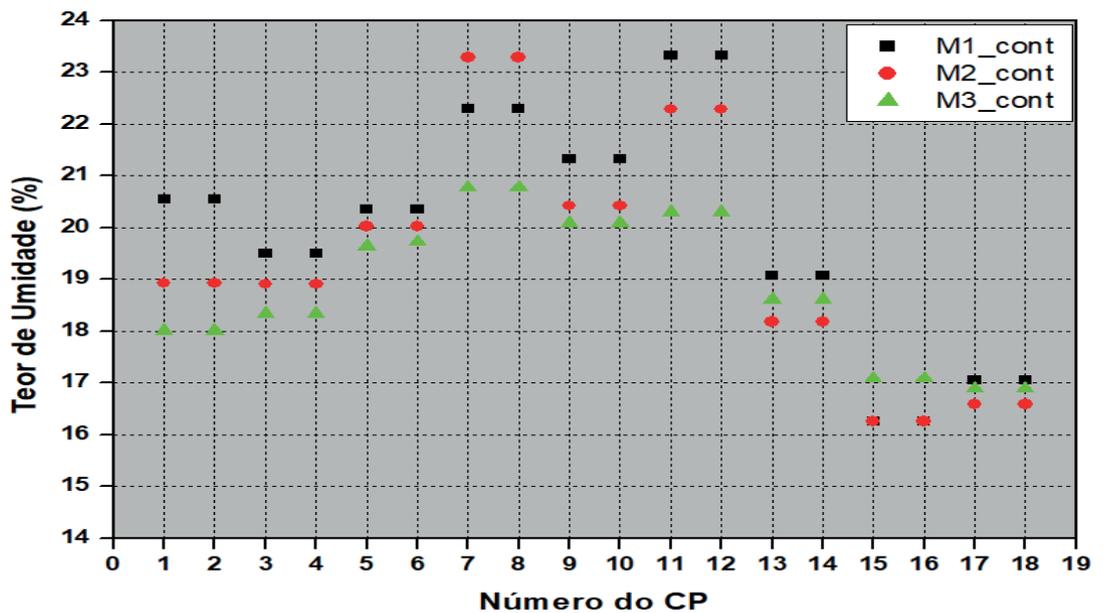


Gráfico 3 – Teores de umidade obtidos com o medidor capacitivo - Maçaranduba.

Fonte: os autores.

4 | DISCUSSÃO

Uma vez que o Gráfico 1 apresenta valores médios das medições dispersos, foram calculados os coeficientes de variação obtidos para as medições realizadas através dos medidores elétricos e método gravimétrico (Tabela 1). É possível verificar que, à exceção à medição através do medidor resistivo na Maçaranduba (16,84%), os

demais coeficientes de variação indicam que existe baixa dispersão dos resultados. A análise do coeficiente de correlação Pearson é viabilizada pela baixa variabilidade dos dados obtidos através do medidor capacitivo (Tabela 2). É possível verificar que, no caso da Citriodora, apenas a relação entre *U_cont_15 dias* e *U_cont_25 dias* se apresenta como forte, sendo as demais consideradas fracas ou desprezíveis. Para a Maçaranduba, as correlações obtidas são fortes.

Dos resultados de correlação é possível afirmar que não houve variação significativa do teor de umidade na Citriodora, enquanto que a Maçaranduba apresentou uma tendência para o decréscimo do teor de umidade. Estes fenômenos podem ser justificados pelo fato da Citriodora ter sido armazenada durante 7 anos e, conseqüentemente, ter atingido o teor de umidade de equilíbrio ao ar. No caso da Maçaranduba, a incidência da chuva aumentou o teor de umidade superficial dos CPs, que foi gradualmente diminuindo devido à secagem.

	Séries					
	E1	E2	E3	M1	M2	M3
U_cont_0 dias	0,06	12,18	0,03	2,47	0,04	7,46
U_cont_15 dias	10,56	11,69	9,20	2,97	5,90	5,39
U_cont_25 dias	10,98	6,87	9,50	4,24	1,53	4,79
U_perf_25 dias	5,74	10,25	13,51	7,27	16,84	11,11
U_ensaio_25 dias	5,92	11,63	3,95	7,26	10,65	4,37

Tabela 1 – Coeficientes de variação (%) das medições por série.

Fonte: os autores.

	Citriodora	Maçaranduba
U_cont_0 dias x U_cont_15 dias	0,08	0,95
U_cont_0 dias x U_cont_25 dias	0,42	0,90
U_cont_15 dias x U_cont_25 dias	0,84	0,95

Tabela 2 – Coeficientes de correlação de Pearson para influência do tempo.

Fonte: os autores.

Para analisar a influência do comprimento dos CPs nos valores de teor de umidade obtidos através dos medidores capacitivos, é possível recorrer aos Gráficos 2 e 3, assim como aos coeficientes de correlação de Pearson (Tabela 3). Como é possível constatar tanto pelos Gráficos 2 e 3, como pela Tabela 3, não é possível afirmar que existe uma relação clara entre o aumento do comprimento do CP e as medições realizadas com o medidor capacitivo. Os valores das séries com os maiores e menores CPs deveriam apresentar os valores extremos. Por outro lado, a Tabela 3 deveria apresentar correlações fortes (entre 0,7 e 0,9) ou muito fortes (entre 0,9 e 1,0), o que não se verifica para todas as relações, sendo que, algumas delas, as correlações chegam a ser positivas e negativas, representando situações fisicamente

antagônicas.

	E1 x E2	E1 x E3	E2 x E3	M1 x M2	M1 x M3	M2 x M3
U_cont_0 dias	-0,81	-0,88	0,48	0,75	0,83	0,26
U_cont_15 dias	0,99	0,06	0,19	0,18	-0,34	0,86
U_cont_25 dias	0,83	-0,34	0,24	-0,40	-0,73	0,92

Tabela 3 – Coeficientes de correlação de Pearson para influência do comprimento do CP.

Fonte: os autores.

Para a comparar os valores obtidos pelos medidores elétricos com o método gravimétrico, construiu-se a Tabela 4, que permite visualizar a diferença entre os teores de umidade obtidos para cada uma das séries de CPs. É possível constatar que, para a Citriodora, o medidor capacitivo forneceu teores de umidade mais próximos dos que foram obtidos com o método gravimétrico, no entanto, no caso da Maçaranduba, o medidor resistivo obteve melhores resultados. Os valores obtidos através do medidor capacitivo são mais próximos do que os teores de umidade obtidos pelo medidor resistivo, pela possibilidade da cravação dos pinos não ter sido realizada até à profundidade recomendada devido à alta densidade da Citriodora. O fato da superfície da Maçaranduba se encontrar úmida poderá ter influenciado a leitura do medidor capacitivo, não acontecendo o mesmo com o medidor resistivo, porque este penetra até às camadas que estão subjacentes à parte úmida da Maçaranduba, fazendo leituras de teor de umidade em pontos mais secos do que na superfície.

	E1	E2	E3	M1	M2	M3
U_ensaio_25 dias	17,41	16,48	17,05	15,41	15,56	14,00
U_cont_25 dias	15,96	15,92	18,00	18,68	20,39	17,53
U_perf_25 dias	13,32	13,84	15,14	16,47	17,48	14,31
Diferença (U_cont_25 dias x U_ensaio_25 dias)	-8,33	-3,40	5,57	21,22	31,04	25,21
Diferença (U_perf_25 dias x U_ensaio_25 dias)	-23,49	-16,02	-11,20	6,88	12,34	2,21

Tabela 4 – Diferenças de teores de umidade (%) dos três métodos para cada série.

Fonte: os autores.

5 | CONCLUSÃO

Foi possível verificar que o medidor capacitivo forneceu medições de teor de umidade mais próximos dos valores obtidos pelo método gravimétrico para CPs de madeira de alta densidade, cujo gradiente de umidade seja reduzido, isto é, que a peça já esteja no teor de umidade em equilíbrio ao ar. A variação do comprimento dos CPs não apresentou influência nos resultados obtidos para os medidores elétricos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Projetos de estruturas de madeira – NBR 7190. Rio de Janeiro: 1997.
- BRITO, L. D. Patologia em estruturas de madeira: Metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação. Tese. São Carlos, SP: Escola de Engenharia São Carlos da Universidade de São Paulo: 2014.
- CALONEGO, F. W. *et al.* Avaliação do teor de umidade da madeira de *eucalyptus grandis* por medidores elétricos resistivos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 18, n. único, p. 71-78, 2006.
- CARVALHO, L. D. Medição do teor de umidade em materiais de construção. Dissertação. Porto: Universidade do Porto, 2010.
- CRISÓSTOMO, M. C.; GOUVEIA, F. N.; COSTA, A. F. Relação entre o teor de umidade e a constante dielétrica de espécies de madeira da amazônia durante o processo de secagem. **Revista Árvore**. v.40, n.1, p.181-187, 2016.
- DIAS, J. M. S. Ligações estruturais com barras de aço coladas com epóxi em madeiras de alta densidade - influência dos defeitos da madeira e dos erros de produção na resistência mecânica. Dissertação (Mestrado). Salvador, BA: Universidade Federal da Bahia, 2015. 218 p.
- DONATO, D. B. *et al.* Determinação da umidade da madeira em tora por diferentes métodos. **Pesquisa Florestal Brasileira**. 34 (80), p.449-53, 2014.
- GALINA, I. C. M. Variação da resistência elétrica em madeiras visando o agrupamento de espécies. Dissertação. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agronomia da Universidade de São Paulo:1997.
- LOBÃO, M. S.; LÚCIA, R. M. D.; MOREIRA, S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. Viçosa: **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.889-894, 2004.
- OLIVEIRA, J. T. da S.; SILVA, J. de C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. Viçosa: **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.381-385, 2003.
- RODRIGUES, W.; SALES, A. Determinação do teor de umidade em madeiras por meio de medidores elétricos. Dissertação. São Carlos, SP: Escola de Engenharia São Carlos da Universidade de São Paulo: 1999.
- RODRIGUES, W.; SALES, A. Medidas elétricas para determinação do teor de umidade da madeira. **Madeira Engenharia e Arquitetura**. n. 8, 2002.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-193-0

