

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 20/02/2020.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

FELIPE OLIVEIRA LIMA

**CARACTERIZAÇÃO DE PAINÉIS MDP COM ADIÇÃO DE
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO**

Guaratinguetá - SP
2018

FELIPE OLIVEIRA LIMA

**CARACTERIZAÇÃO DE PAINÉIS MDP COM ADIÇÃO DE
NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Materiais.

Orientador: Prof.^a Dr^a Cristiane Inácio de Campos
Coorientador: Prof. Dr. Higor Rogério Favarim

Guaratinguetá - SP
2018

L732c Lima, Felipe Oliveira
Caracterização de painéis MDP com adição de nanopartículas de óxido de zinco / Felipe Oliveira Lima – Guaratinguetá, 2018.
80 f : il.
Bibliografia: f. 74-80

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018.
Orientadora: Profª. Drª. Cristiane Inácio de Campos
Co-Orientador: Prof. Dr. Higor Rogério Favarim

1. Madeira engenheirada. 2. Nanotecnologia. 3. Óxido de zinco.
I. Título.

CDU 620.1(043)

FELIPE OLIVEIRA LIMA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA”

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: MATERIAIS

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof.^a. Dr.^a. Ana Paula Rosifini Alves Claro
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


Prof.^a. Dr.^a. CRISTIANE INACIO DE CAMPOS
Orientadora / UNESP/ITAPEVA


Prof. Dr. JULIO CESAR MOLINA
UNESP/ITAPEVA


Prof. Dr. ANDRÉ LUIS CHRISTOFORO
UFSCAR/SÃO CARLOS

RESUMO

Tendo em vista a grande potencialidade do mercado de painéis à base de madeira no Brasil, em constante crescimento nos últimos anos, busca-se cada vez mais encontrar novos métodos mais eficientes e melhorias nas diversas etapas de fabricação desses produtos engenheirados de madeira. Diante desta perspectiva, este trabalho teve como objetivo produzir e avaliar as principais propriedades físicas e mecânicas, conforme as especificações normativas da ABNT NBR 14810:2013 de chapas de madeira particulada de três camadas (MDP – *Medium Density Particleboard*), produzidas com Eucalipto em quatro diferentes granulometrias e com a adição de nanopartículas de óxido de zinco (ZnO), em duas diferentes proporções. A partir do proposto pretendeu-se aperfeiçoar as propriedades higroscópicas, bem como a condução térmica dos painéis, aprimorando suas propriedades como um todo. As propriedades mecânicas avaliadas foram o módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) na flexão estática, a adesão interna através de ensaio de tração perpendicular e a resistência ao arrancamento de parafuso. As propriedades físicas foram a densidade, umidade, inchamento e absorção (2 e 24 horas). Todos os resultados obtidos foram submetidos a análise estatística e, devidamente comparados com outros estudos encontrados na literatura, além de especificações normativas. Com base nos resultados obtidos nos testes físicos e mecânicos observou-se que a adição de nanopartículas proporcionou melhoras significativas nas propriedades dos painéis, especialmente com 0,5% de nanopartículas. Além disso, tanto testes físicos como mecânicos atenderam aos documentos normativos nacionais e internacionais. Destaca-se os painéis MDP fabricados com resina UF e 0,5% de nanopartículas de ZnO, por apresentarem bons resultados, melhora em algumas propriedades e ainda, o menor custo de produção.

Palavras-chave: Painel particulado. Nanotecnologia. Propriedades físicas. Propriedades mecânicas.

ABSTRACT

Based on the great potential of the market for wood-based panels in Brazil, in constant growth in recent years, it is increasingly sought to find new and more efficient methods and improvements in the various stages of manufacture of these engineered wood products. With this, this work aimed to produce and evaluate the main physical and mechanical properties according to the normative specifications of NBR 14810: 2013, for medium density particleboards, with eucalyptus in four different particle sizes and with the addition of zinc oxide (ZnO) nanoparticles, in different proportions. From the proposed is intended to improve the hygroscopic properties, as well the thermal conduction of the panels, improving its properties as a whole. The mechanical properties evaluated are the modulus of rupture (MOR) and the module of elasticity (MOE) in bending, the internal adhesion of perpendicular traction test and screw holding test. The physical properties were density, humidity, swelling and absorption (2 and 24 hours). All the results were submitted to statistical analysis and, properly, compared with other studies found in the literature, besides normative specifications. Based on the results obtained in the physical and mechanical tests it was observed that the addition of nanoparticles resulted significant improvements in the properties of the panels, especially with 0.5% nanoparticles. In addition, both physical and mechanical tests covered in national and international normative documents. It is worth mentioning the MDP manufactured with UF resin and 0.5% of ZnO nanoparticles, in order of results, improvement in some properties and also lower production cost.

Keywords: Particleboard. Nanotechnology. Physical properties. Mechanical properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Partículas para camadas externa e interna de um painel MDP.....	14
Figura 2: a) Camadas de um painel MDP; b) Disposição das partículas no painel MDP	15
Figura 3: Produção de painéis MDP no mundo	17
Figura 4: Relação entre resistência dos painéis e densidade da madeira e das chapas.	19
Figura 5: Processo produtivo do painel MDP.....	23
Figura 6: Variação do consumo MDP.	26
Figura 7: Evolução do consumo aparente de painéis.....	27
Figura 8: Exemplificação do cenário de painéis.	28
Figura 9: Fábricas de painéis no Brasil.....	28
Figura 10: Rotas de síntese de nanomateriais pelo método sol-gel.	31
Figura 11: Publicações sobre ZnO nanoestruturado entre 2004 e 2013.....	33
Figura 12: Agitação em temperatura constante.....	38
Figura 13: Secagem e trituração do material.	38
Figura 14: Formação de cinzas e calcinação.....	39
Figura 15: Mistura dos aditivos.	40
Figura 16: Pré-prensagem e Colchão formado.	41
Figura 17: Etapa de prensagem à quente.	42
Figura 18: Painéis prensados para cura e esquadrejamento.....	42
Figura 19: Plano de corte das chapas fabricadas.....	43
Figura 20: Coleta da massa para o teste de densidade.	44
Figura 21: Teste de Inchamento e Absorção.....	45
Figura 22: Testes de Flexão estática.	47
Figura 23: Teste de adesão Interna.	49
Figura 24: Arrancamento de parafuso tipo face (superfície).	50
Figura 25: Gráfico de tendência do efeito da adição de nano ZnO na densidade dos painéis com UF e MF.....	52
Figura 26: Gráfico de tendência do efeito da adição de nano ZnO na umidade dos painéis com UF e MF.....	54
Figura 27: Gráfico de tendência do efeito da adição de nano ZnO no inchamento 2h dos painéis com UF e MF.....	56

Figura 28: Gráfico de tendência do efeito da adição de nano ZnO no inchamento 24h dos painéis com UF e MF.	58
Figura 29: Gráfico de tendência do efeito da adição de nano ZnO na absorção 2h dos painéis com UF e MF.	60
Figura 30: Gráfico de tendência do efeito da adição de nano ZnO na absorção 24h dos painéis com UF e MF.	61
Figura 31: Gráfico de tendência do efeito da adição de nano ZnO no Módulo de Ruptura dos painéis com UF e MF.	63
Figura 32: Gráfico de tendência do efeito da adição de nano ZnO no Módulo de Elasticidade dos painéis UF e MF.	65
Figura 33: Gráfico de tendência do efeito da adição de nano ZnO na Adesão Interna dos painéis com UF e MF.	67
Figura 34: Gráfico de tendência do efeito da adição de nano ZnO no Arrancamento Topo dos painéis com UF e MF.	69
Figura 35: Gráfico de tendência efeito da adição de nano ZnO no Arrancamento tipo Topo dos painéis UF e MF.	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios e normativos para a densidade.....	51
Tabela 2: Valores médios e normativos para o teor de umidade.....	53
Tabela 3: Valores médios e normativos para inchamento após 2 horas de imersão.	55
Tabela 4: Valores médios e normativos para inchamento após 24 horas de imersão.	57
Tabela 5: Valores médios e normativos para absorção de água após 2 horas de imersão.	59
Tabela 6: Valores médios e normativos para absorção de água após 24 horas de imersão.	60
Tabela 7: Valores médios e normativos para módulo de ruptura.....	62
Tabela 8: Valores médios e normativos para o módulo de elasticidade.	64
Tabela 9: Valores médios e normativos para adesão interna.	66
Tabela 10: Valores médios e normativos para arrancamento de parafuso tipo topo.....	68
Tabela 11: Valores médios e normativos para arrancamento de parafuso tipo face.	70

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	OBJETIVOS.....	12
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	PAINÉIS MDP	14
3.2	HISTÓRICO	15
3.3	MATÉRIAS-PRIMAS USADAS NA PRODUÇÃO	17
3.3.1	Madeira.....	18
3.3.2	Adesivos.....	20
3.3.2.1	Ureia-formaldeído (UF)	21
3.3.2.2	Melamina-formaldeído (MF)	22
3.3.3	Demais aditivos.....	22
3.4	PROCESSO PRODUTIVO DOS PAINÉIS	23
3.5	PRINCIPAIS VARIÁVEIS ENVOLVIDAS.....	24
3.6	PANORAMA DO MERCADO ATUAL.....	26
3.7	TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS.....	29
3.8	NANOPARTÍCULAS.....	30
3.9	CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	36
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
4.1	PREPARO DAS NANOPARTÍCULAS DE ZNO	37
4.2	PRODUÇÃO DAS CHAPAS DE PAINEL MDP	39
4.3	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA	44
4.3.1	Densidade aparente.....	44
4.3.2	Inchamento e absorção de água	45
4.3.3	Teor de umidade.....	46
4.4	CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA.....	47
4.4.1	Flexão Estática.....	47

4.4.2.	Tração Perpendicular - Adesão Interna (AI)	49
4.4.3.	Arrancamento de Parafuso	49
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	50
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
5.1	TESTES FÍSICOS	51
5.1.1	Densidade	51
5.1.2	Umidade	53
5.1.3	Inchamento em espessura e Absorção de água	54
5.1.3.1	Inchamento 2 horas	55
5.1.3.2	Inchamento em espessura após 24 horas	57
5.1.3.3	Absorção de água 2 horas	58
5.1.3.4	Absorção de água 24 horas	60
5.2	TESTES MECÂNICOS	62
6.	CONCLUSÃO	71
6.1	INFLUÊNCIA DAS NANOPARTÍCULAS	71
6.2	QUANTIDADE DE NANOPARTÍCULAS	72
6.3	DESEMPENHO DA RESINA	72
6.4	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	73
	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

Os constantes avanços industriais e o aumento cada vez mais significativo do número de empresas do setor madeireiro no Brasil fazem com que os estudos de novos produtos e procedimentos envolvendo a madeira se tornem extremamente importantes. Independente dos indicadores econômicos atuais do país, estudos como Ibá (2016), FNBFI (2017), ABIMCI (2017) entre outros, apontam que o setor madeireiro ainda vem apresentando bons resultados, possuindo inclusive uma tendência de crescimento.

Lima (2014) menciona que o setor apresenta um franco crescimento desde o final do século XX, possuindo diversas aplicações e grande potencial, principalmente, devido ao vasto território plantado, com florestas de crescimento rápido, e da grande variedade das características, espécies e localização da matéria-prima, a madeira.

O setor de indústrias madeireiras reúne uma gama de empresas, investidores e empreendedores que atuam desde o fornecimento de insumos e máquinas específicas para a atividade florestal, passando pela prestação de serviços especializados como a produção e plantio de mudas, colheita de árvores e transporte de madeira até a transformação da madeira em bens intermediários e finais (IBÁ, 2015).

Dentre os produtos de considerável destaque estão os painéis à base de madeira, produtos engenheirados em evolução constante e com histórico potencial de mercado no mundo todo. Os painéis de madeira são estruturas fabricadas com madeiras em lâminas ou em diferentes estágios de desagregação, que são aglutinadas através de adesivo sintético sob ação de temperatura e pressão. Substituem a madeira maciça em diferentes usos, como na fabricação de móveis e pisos (GONÇALVES, R. M.; MATTOS, R. L. G.; CHAGAS F. B. 2008).

Segundo Lima (2014) existe uma variada gama de painéis comercializados, dentre eles: as chapas de lâmina (compensados e painéis de lâminas paralelas), as chapas de partículas (MDP, OSB, *waferboard*) e as chapas de fibras de madeira (chapa dura, MDF e HDF). Os painéis de madeira industrializada, ou reconstituídos (PMR), são os painéis cuja demanda vem crescendo a taxas mais elevadas no país, sobretudo o MDF e o MDP (Vidal, A.C.F.; Hora, A.B., 2014).

Conforme dados da ABIPA (2015), o Brasil é um dos países mais avançados em fabricação de painéis à base de madeira, possuindo inclusive grande número de fábricas de

elevada tecnologia. Ressalta-se também que os principais fatores que afetam as propriedades dos painéis de partículas estão relacionados, principalmente, com a matéria-prima e as etapas do processo de fabricação; reforçando assim a necessidade cada vez maior do desenvolvimento de pesquisas em novas tecnologias de produção.

Em relação a matéria-prima, a utilização de madeira reconstituída traz consigo inúmeras vantagens, como: pré-fabricação, industrialização, homogeneidade, redução de anisotropia e utilização de espécies de rápido crescimento proveniente de florestas plantadas (LIMA *et al.*, 2004). Dentre as espécies de destaque industrial, para produção de painel MDP usa-se o *Pinus spp* e o *Eucalyptus spp*, nas mais variadas espécies, e em atualmente, clones e híbridos com propriedades específicas.

Já no que concerne ao processo, com base nessa busca indispensável por inovações tecnológicas, as nanopartículas surgem de forma promissora e podem facilmente ser implantadas nesse setor, visto que uma revolução vem acontecendo na ciência e tecnologia dos materiais, mostrando que os mesmos, em escala nanométrica, podem apresentar novos comportamentos e propriedades comparadas as de escala macroscópica (DURÁN *et al.*, 2006).

Dentre os mais variados materiais utilizados em escala nanométrica, atualmente o óxido de Zinco (ZnO) vêm apresentando grande destaque, tanto no meio industrial como em pesquisas. Entre os principais motivos para esse interesse, destaca-se sua diversidade de aplicação, propriedades físico-químicas e a variedade de estruturas.

Alguns estudos já realizados com o uso de diferentes tipos de nanopartículas aplicadas em produtos madeireiros, inclusive painéis de partículas MDP, mostraram uma importante tendência de melhora em propriedades intermediárias e finais das chapas, como resistência a umidade, transferência de calor, facilidade de beneficiamento, ataque de agentes xilófagos, entre outros.

A partir do exposto, o presente trabalho visou estudar a viabilidade do uso de nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) na produção de painéis particulados de média densidade (MDP) analisando a influência das mesmas em suas diferentes propriedades físicas e mecânicas, apresentando uma proposta inovadora para a indústria de painéis, tendo em vista que até hoje tal assunto é apenas objeto de pesquisa.

6 CONCLUSÃO

Com a análise dos resultados obtidos nos testes realizados pode-se definir 3 linhas de conclusão para o presente estudo: a influência das nanopartículas de ZnO nos painéis MDP, a quantidade (%) de nanopartículas ideal, e a interação com a resina, o desempenho da resina.

6.1 INFLUÊNCIA DAS NANOPARTÍCULAS

Pode-se concluir que a adição de nanopartículas de óxido de zinco afetou a maioria das propriedades dos painéis MDP. Destaca-se a melhora nas propriedades físicas, conforme esperado inicialmente, principalmente, quanto ao inchamento e absorção, em situações que mesmo quando não ocorreu uma redução efetiva houve uma tendência de diminuição dos valores e, conseqüentemente, melhora de tais propriedades.

É importante ressaltar também que as nanopartículas de óxido de zinco influenciaram positivamente as propriedades obtidas no teste de flexão, melhorando resultados de MOR e MOE, sendo este um resultado extremamente satisfatório e importante. Houve um aumento do módulo de elasticidade para ambas as resinas com a adição das nanopartículas de ZnO, o que indicou um aumento na rigidez do material.

De maneira geral pode-se dizer que os resultados médios encontrados para todos os tratamentos avaliados (0%, 0,5% e 1%) mostraram que o desempenho dos painéis com adição da nanopartículas de óxido de zinco foram bastante satisfatórios, tendo atendido as especificações normativas consultadas, assim como superado o desempenho encontrado por diversos outros estudos relacionados. Sendo assim, conclui-se que as nanopartículas de ZnO exercem bom desempenho em conjunto com a madeira na forma de partículas dentro do painel MDP.

6.2 QUANTIDADE DE NANOPARTÍCULAS

Entre os diferentes tratamentos utilizados, 0%, 0,5% e 1%, os resultados de maior relevância foram obtidos, na sua maioria, com a proporção de 0,5% de nanopartículas, proporção com a qual se obtiveram os maiores resultados de MOR, MOE e adesão interna, e os menores de umidade, inchamento e absorção.

Além disso, deve-se destacar que 0,5% foi a menor quantidade utilizada de nanopartículas, e conseqüentemente, o tratamento com adição de nano ZnO com menor custo de produção. Esse fator é primordial para futuras aplicações das nanopartículas nos painéis de madeira em escala industrial, onde a busca pela redução de custos é constante.

Deve-se destacar também, o possível aumento na condução do calor durante a prensagem, podendo, pelo fato das nanopartículas interferirem diretamente na viscosidade da resina, ter ocasionado uma cura desigual entre as camadas externas e internas. Além do fato que se uma maior concentração de nanopartículas aumentar consideravelmente a viscosidade da resina, tal efeito pode inviabilizar o processo de fabricação.

6.3 DESEMPENHO DA RESINA

Em relação a interação do tipo de resina com as nanopartículas de ZnO, pode-se perceber que houve certa alternância entre os testes, tendo-se praticamente metade dos testes apresentado melhor desempenho com UF, e outra metade com MF. Deste modo, é preciso salientar que com a adição de nanopartículas, as chapas com ureia atingiram propriedades próximas ao painéis fabricados com melamina. Portanto, tendo como base o menor custo da resina ureia-formaldeído, a mesma apresentou maior destaque para a fabricação dos painéis MDP com adição de nano ZnO.

Sendo assim, com base no exposto, pode-se destacar os painéis MDP fabricados com resina UF e 0,5% de nanopartículas de ZnO, visto que essa configuração apresentou excelentes resultados e melhoras em várias propriedades, possuindo ainda o menor custo de produção (resina mais barata e menor quantidade de nanopartículas).

É possível afirmar que com a adição de nanopartículas de ZnO, os painéis com resina UF atingiram propriedades próximas ou iguais ao painéis fabricados com MF, podendo-se porém ter uma compensação em relação ao custo das resinas.

6.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Estudos analisando a interação dos mais variados materiais em escala nanométrica com a madeira e outros produtos madeireiros são uma forte tendência no meio científico internacional, tendo no Brasil a possibilidade de crescimento e até mesmo aplicação industrial, como já vem sendo sinalizado por este segmento.

Sendo assim, abre-se a possibilidade de estudos futuros e continuidade desta pesquisa através de novas análises para verificar a influência do uso da nanopartícula de ZnO. Entre eles, analisar para essas proporções, a proteção contra o ataque de fungos e outros agentes biodegradadores da madeira, como os cupins, além do uso de resinas alternativas, que não sejam à base de formaldeído.

REFERÊNCIAS

- AKHTARI, M.; TAGHIYARI, M.; GHORBANI KOKANDEH, M. Effect of some metal nanoparticles on the spectroscopy analysis of Paulownia wood exposed to white-rot fungus. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 71, p. 283–285, 2013.
- Anoop K. B., Sundararajan T. e Das K. S., “Effect of Particle Size on the Convective Heat Transfer in Nanofluid in the Developing Region”, **International Journal of Heat and Mass Transfer**, V. 52, pp. 2189-2195, 2009.
- ARAFA, I. M. et al. Sol–gel preparation and properties of inter- penetrating, encapsulating and blend silica-based urea–formaldehyde hybrid materials. **European Polymer Journal**, New York, v. 40, n. 7, p. 1477-1487, Apr. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. **Estudo setorial 2009**, ano base 2008. ABIMCI, Curitiba - PR, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. **Indústria da madeira discute cenário econômico e perspectivas para 2017**. 2017. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br/industria-da-madeira-discute-cenario-economico-e-perspectivas-para-2017/>>. Acesso em: 15 set. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA (ABIPA). **Olho no crescimento**. Março de 2007. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br>>. Acesso em: 21 de março 2016
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF, **Anuário estatístico da ABRAF 2013** ano base 2012. Brasília: ABRAF, 2013. 149 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-1**: Chapas de madeira aglomerada: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-2**: Chapas de madeira aglomerada: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-3**: Chapas de madeira aglomerada: métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BEYER, M. ZnO-Based UV Nanocomposites for Wood Coatings in Outdoor Applications. *Macromol. Mater. Eng.* 2010, 295, 130–136.
- BLANCHARD, V.; BLANCHET, P. Color stability for wood products during use: effects of inorganic nanoparticles. **Bioresources**, v. 6, n. 2, p. 1219-1229, 2011.
- CAETANO, Bruno Leonardo. **Formação e crescimento de nanopartículas de óxido de zinco via sol-gel**. 2010. 131 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química de Araraquara e Université de Paris Sud 11, Faculté des Sciences d'Orsay, 2010

CAI, X. **Wood modification for valued-added application using nanotechnology based approaches**. 2007. 259 f. Tese (Doutorado em Ciência da Madeira) – Université Laval, Québec.

CAMPOS, C I; FERREIRA, B.S.; PRATES, G. A.; GOVEIA D. Characterization Of Wood Particleboard With Addition Of Lignocellulosic Material Alternative In Middle Layer. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, 7 (2), 86-92, 2013.

CAMPOS, C I; LIMA, FO; FERREIRA, BS; BARBOSA, JC; MORALES EAM; CHRISTOFORO AL; ROCCO, FAL. Particleboard Manufactured with Variation of Press Time. **Advanced Materials Research**, 2014.

CARDOSO, Gabriel Valim; TEIXEIRA, Francine Pereira; FERREIRA, Érika da Silva. Nanocelulose como catalisador de ureia-formaldeído para produção de painéis aglomerados. **Anais do XV Ebramem**, Curitiba, mar. 2016.

Chiang, T. C.; Fang C. H.; Shang W. K.; Yang F. C. The effect of C60 on the ZnO-nanorod surface in organic–inorganic hybrid photovoltaics. **Solar Energy Materials and Solar Cells** 2011, 95, 740.

CLAUSEN, C. A.; GREEN III, F.; NAMI KARTAL, S. Weatherability and Leach Resistance of Wood Impregnated with Nano-Zinc Oxide. **Nanoscale Research Letters**, v.5, p. 1464–1467, 2010.

COELHO, M.H. **Diagnóstico e estratégias competitivas da indústria de moveleira no estado de Santa Catarina**. Curitiba, 2003. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.

DINHANE, F. C. R. **Propriedades físico-mecânicas de painéis de MDP (Medium Density Particleboard) constituído de bambu e fibra de coco**. 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Júlio de mesquita Filho”, Bauru- SP, 2015.

DURÁN, N.; MATTOSO, L. H. C.; MORAIS, P. C. **Nanotecnologia: Introdução, preparação e caracterização de nanopartículas e exemplos de aplicação**. 1. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2006. 208 p.

ELEOTÉRIO JR., J. R.; **Propriedades físicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina**. 121 p. Dissertação de mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba; São Paulo, 2000.

GONÇALVES, R. M.; MATTOS, R. L. G.; CHAGAS F. B. **Painéis de Madeira no Brasil: Panorama e Perspectivas**. BNDES, São Paulo, 27, p.121-156, mar. 2008.

Hong R.; Pan T.; Qian J.; Li H. Synthesis and surface modification of ZnO nanoparticles. **Chemical Engineering Journal** 2006, 119, 71.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005, 247 p.

IWAKIRI, S; CAPRARA, A. C.; SAKS, D. C. O.; GUI SANTES, F. P.; FRANZONI, J. A.; KRAMBECK, L. B. P.; RIGATTO, P. A.; Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas. **Revista Ciências Florestais**, Paraná, n.68, p.39-43, 2005.

IWAKIRI, S; CUNHA, A. B.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; GORNI AK, E.; MENDES, L. M.; Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de eucalipto. **Revista Ciências Agrárias**, Paraná, v.1, n. 1-2, p. 23-28, 2000

JUVENAL, T. L.; MATTOS, L. L. G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3 - 30, 2002. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1601.pdf> Acesso em: 02 mar. 2016.

KATSUKAKE, A. **Uma revisão SOBRE resina Uréia-Formaldeído (R-UF) empregada na produção de Painéis de Madeira Reconstituída**. 2009. 61F. Monografia de Conclusão de Curso – UNESP – FC, Bauru.

KELLY, Myron W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. **General technical report. FPL-10**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 65 p. USA 1977

KUMAR, A.; GUPTA, A.; SHARMA, K. V.; NASIR, M. Use of aluminum oxide nanoparticles in wood composites to enhance the heat transfer during hot-pressing. **European Journal of Wood and Wood Products**, April 2012.

KUMARA, B.; Kim, S. W. **Energy harvesting based on semiconducting piezoelectric ZnO nanostructures**. Nano Energy 2012, 1, 342.

Kuo, C. L.; Wang, C. L.; Ko, H. H.; Hwang, W. S.; Chang, K.; Li, W. L.; Huang, H. H.; Chang, Y. H.; Wang, M. C. **Synthesis of zinc oxide nanocrystalline powders for cosmetic applications**. Ceramics International 2010, 36, 693.

LARA PALMA, H. A. **Painéis de madeira**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2009. 40 f. Apostila de aula.

LEHMANN, W.F.; BOONE, R.S. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. **Forest Products Journal**, v. 24, n. 12, p. 37-45, 1973.

LEI, W.; DENG, Y. E.; ZHOU M.; XUAN, L.; FENG, Q. Mechanical properties of nano SiO₂ filled gypsum particleboard. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**, v. 16, p. 361-364, 2006.

LESSMANN, V. E.; **Estudo da Reação de Cura de Resinas Uréia-Formol por Espectrometria de Ressonância Magnética Nuclear**. Dissertação (Mestrado). 2008 - Faculdade de Química – Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

LIMA, A.M. Utilização de fibras (epicarpo) de babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 645-650, ago. 2006.

LIMA, Felipe Oliveira. **Análise da influência do tempo de prensagem na produção de chapas de partículas produzidas com resíduos de madeira**. 2014. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2014.

LIMA, Felipe Oliveira; SILVA, Luana Cristal Lirya; CAMPOS, Cristiane Inácio de. Caracterização mecânica de painéis MDP feitos com resíduos em diferentes tempos de prensagem. **Anais do XV Ebramem**, Curitiba, mar. 2016.

MACIEL, A. C. et al.. Chapas de madeira aglomerada produzidas com partículas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, poliestireno (PS) e polietileno tereftalato (PET). **Revista Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p.53-66, 2004.

MAIA, A. O. G. **Sinterização de nanopartículas de NiO por gelatina comestível**. 121p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

MALONEY, T.M. **Modern particleboard & dry process fiberboard manufacturing**, Updated Edition. San Francisco: Miller Freeman Inc. 1993. 688p.

MAMANI, J. B. **Estrutura e propriedades de nanopartículas preparadas via solgel**. 184p. Tese (Doutorado). Instituto de Física, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2009.

MANTANIS, G. I.; PAPADOPOULOS, A. N. Reducing the thickness swelling of wood based panels by applying a nanotechnology compound. **European Journal of Wood and Wood Products**, January 2010.

MARRA, A.A. **Technology of Wood Bonding: Principles in Practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 453p. 1992.

MAYRINCK, Caroline et al. Síntese, Propriedades e Aplicações de Óxido de Zinco Nanoestruturado. **Revista Virtual de Química**, São João Del-rei, v. 6, n. 5, set. 2014.

Morkoç, H.; Özgür, U. **Zinc Oxide: Fundamentals, Materials and Device Technology**. Wiley: Weinheim, 2009.

Mostafaei, A.; Nasirpour, F. **Epoxy/polyaniline-ZnO nanorods hybrid nanocomposite coatings: Synthesis, characterization and corrosion protection performance of conducting paints**. *Progress in Organic Coatings* 2014, 77, 146.

NP EN 310: 2002, “Placas de derivados de madeira – Determinação do módulo de elasticidade em flexão e da resistência à flexão”.

NP EN 317: 2002, “Aglomerado de partículas e aglomerado de fibras – Determinação do inchamento em espessura após imersão em água”.

NP EN 319: 2002, “Aglomerado de partículas e aglomerado de fibras – Determinação da resistência à tracção perpendicular às faces da placa”.

NP EN 322: 2002, “Placas de derivados de madeira – Determinação do teor em água”.

OLIVEIRA, André Luiz Menezes de. **Zinc Oxide Nanostructures obtained by Hydrothermal Domestic Microwave Method**. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Química analítica) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

PARASKEVOPOULOS, K. M.; CHRISSAFIS, K. Synthesis, characterization and thermal analysis of urea-formaldehyde/nanoSiO₂ resins. **Thermochimica Acta** 527, p. 33-39, 2012.

PIERRE, F.C.; BALLARIN, A.W.; PALMA, H.L. Caracterização física de painéis aglomerados de *Eucalyptus grandis* com adição de resíduos industriais madeireiros. **Cerne**, Lavras, v.20, n.2, p.321-328, 2014.

PORTO, L. C. **Filmes formados por gelatina e poli(acrilamida-co-ácido acrílico): efeito da composição, do plastificante e agente reticulante nas propriedades térmicas, mecânicas e absorção de água**. 81p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

POUBEL, Dallyene da Silva. **Estabilidade da cor da madeira de Pinus modificada termicamente e tratada com nanopartículas**. 2014. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

Ranita, J., Martins, J., Garrido, N., Carvalho, L., Costa, C. Influence of the pressing cycle on the quality of medium density fibreboard made with a high content of recycled particles. In: 5th Forestry National Congress, **Proceedings of 5th Forestry National Congress Polytechnic Institute of Viseu**, Portugal, 2005. p.1345-1360.

ROUMELI, E. et al. Synthesis, characterization and thermal analysis of urea formaldehyde/nano SiO₂ resins. **Thermochimica Acta**, Amsterdam, v. 527, p. 33-39, Jan. 2012.

SABDIN, S. B. **Use of nanoparticle in the wood composite to enhance the heat transfer**. Universiti Malaysia Pahang. 2010.

SALARI, A.; TABARSA, T.; KHAZAEIAN, A.; SARAEIAN, A. **Improving some of applied properties of oriented strand board (OSB) made from underutilized low quality paulownia (*Paulownia fortunei*) wood employing nano-SiO₂**. Industrial Crops and Products, v. 42, p. 1– 9, 2013.

SASS, K. A comparison of application methods for the wood coatings market. **RadTech Report**, p.51-56, Mai/Jun, 2006.

SHUPE, T.; PIAO, C.; LUCAS, C. The termiticidal properties of superhydrophobic wood surfaces treated with ZnO nanorods. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 70, p. 531–535, 2012.

SILVA, Luana Cristal Lirya; LIMA, Felipe Oliveira; CAMPOS, Cristiane Inácio de. Análise das propriedades físico-mecânicas de painéis MDP produzidos com adição de nanopartículas de ZnO. In: XXIX Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2017, Itapeva. **Anais do XXIX CIC Unesp**, Itapeva, 2017. p. 30-35.

SILVA, Luana Cristal Lirya; LIMA, Felipe Oliveira; CAMPOS, Cristiane Inácio. Análise das propriedades físicas de painéis MDP com quatro diferentes tempos de prensagem. In: XV Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estrutura de Madeiras. **Anais do XV EBRAMEM**, Curitiba, mar. 2016.

Singh, S.; Nimmo, W.; Williams, P.T. An experimental study of ash behaviour and the potential fate of ZnO/Zn in the Cocombustion of pulverised South African coal and waste tyre rubber. **Fuel White Rose Research**, 2013, 111, 269.

SURDI, P.G. **Aproveitamento de resíduos do processamento mecânico de madeiras amazônicas para a produção de painéis aglomerados de alta densificação**. 200f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

TAGHIYARI, H. R. Fire-retarding properties of nano-silver in solid woods. **Wood Science and Technology**, v. 46, p. 939–952, 2012.

TAGHIYARI, H. R.; BIBALAN, O. F. Effect of copper nanoparticles on permeability, physical and mechanical properties of particleboard. **European Journal of Wood and Wood Products**, v.71, n.1, nov 2012.

TAGHIYARI, H. R.; HANGAVAR, H.; BIBALAN, O. F. **Effects of nanosilver on reduction of hot-pressing time and improvement in physical and mechanical properties of particleboard**. BioResources, v. 6, n. 4, p. 4067-4075, 2011.

VALLE, Ana Caroline Margarido do. **Análise das propriedades físicas e mecânicas de painéis MDP de madeira de eucalipto com adição de nanopartículas de sílica ao adesivo uréia-formaldeído**. 2015. 181. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2015.

VEIGEL S, Rathke J, Weigel M, Gindl-Altmutter W. Particleboard and oriented strand board prepared with nanocellulose-reinforced adhesive. **J Nanomater**. Volume 2012, 8p.

VIDAL, André Carvalho Foster; HORA, André Barros da. Panorama de mercado: painéis de madeira. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.40 , p. 323-384, set. 2014.

WEICHELT, F.; EMMER, R.; FLYUNT, R.; BEYER, E.; BUCHMEISER, M. R.; BEYER, M. ZnO-Based UV Nanocomposites for Wood Coatings in Outdoor Applications. **Macromolecular Materials and Engineering**, 2010, p. 130–136.

YU, W.; FRANCE, D. M.; ROUTBORT, J.L; CHOL, S.U.S, (2008), Review And Comparison Of Nanofluid Conductivity And Heat Transfer Enhancements, **Heat Transfer Engineering**. vol, 29. p. 432-460.