2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

PAINÉIS ELABORADOS A PARTIR DA FIBRA DO COCO E RESINA DE UREIA-FORMALDEÍDO COMO ALTERNATIVA AO MDF UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

MACHADO, Amanda (1); SILVA, Wyoskynária (2); DAMASCENO FILHO, Francisco (3); SANTOS, Éden (4); CABRAL, Antônio (5)

(1) Universidade Federal do Ceará, amandamlmachado@gmail.com
(2) Universidade Federal do Ceará, wyoskynaria@gmail.com
(3) Universidade Federal do Ceará, damascenoestevao@alu.ufc.br
(4) Universidade Federal do Ceará, eden_malveira@hotmail.com
(5) Universidade Federal do Ceará, eduardo.cabral@ufc.br

RESUMO

A elevada produção de painéis de madeira no Brasil aumenta a busca pela incorporação de materiais alternativos, visto que o uso da madeira gera impactos ao meio ambiente. Entre esses materiais, destacam-se as fibras de coco, provenientes da casca do fruto, resíduo gerado em grande quantidade. Este trabalho apresenta um estudo experimental sobre o desenvolvimento de painéis de média densidade formados por fibras de coco, aglutinadas por resina de ureia-formaldeído, a fim de encontrar a melhor proporção entre esses dois componentes. Os traços foram definidos com as proporções de resina/fibra nos valores de 20/80, 25/75, 30/70 e 35/65. A conformação dos painéis foi feita em uma prensa termo-hidráulica, aplicando-se uma temperatura de 220°C e uma pressão de 17,5 kgf/cm², durante 15 minutos. Após a moldagem das placas, prepararam-se os corpos de prova para caracterização de forma e ensaios de tração uniaxial e flexão estática. Os resultados mostraram que a pressão utilizada resultou em painéis de alta densidade (HDF) e que os traços de 20% ev25% de resina apresentaram melhores módulos de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE), enquanto os traços com 30% e 35% de resina apresentaram valores mais baixos, atribuídos à presença de fissuras nos painéis devido ao efeito blow.

Palavras-chave: *Painel de fibra, fibra de coco, resíduo sólido.*

ABSTRACT

The high production of wood panels in Brazil increases the search for incorporation of alternative materials, since wood usage causes negative impacts on the environment. Amongst those materials, the coconut fibers stand out, originated from the coconut husk, a waste produced in large quantities. This work presents an experimental study about the development of coconut fiber panels of medium density, using urea-formaldehyde based adhesive, in order to find the best ratio between these components. The proportions were defined with resin/fiber ratio values of 20/80, 25/75, 30/70 and 35/65. The panels were manufactured using a thermo-hydraulic press at a temperature of 220°C and a pressure of

[1] MACHADO, Amanda; SILVA, Wyoskynária; DAMASCENO FILHO, Francisco; SANTOS, Éden; CABRAL, Antônio. Painéis elaborados a partir da fibra do coco e resina de ureia-formaldeído como alternativa ao mdf utilizado na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

17,5 kgf/cm², during 15 minutes. After the fabrication of the panels, the specimens were prepared for shape characterization and tests of flexible and tensile strength. The results showed that the pressure used resulted in high density panels (HDF) and the proportion of 20% and 25% of adhesive had the best results for flexible strength (MOR) and modulus of elasticity (MOE), whereas the panels with 30% and 35% of adhesive showed lower values, due to the presence of fissures caused by the blow effect.

Keywords: *Fiber panel, coconut fiber, solid waste.*

1 INTRODUÇÃO

O *Cocos nucifera* é cultivado em cerca de 90 países ao redor do mundo, com o Brasil ocupando o 5º lugar no ranking de maiores produtores mundiais (FAOSTAT, 2018). A região Nordeste é a principal produtora de coco, com a Bahia liderando o segmento, seguida pelo Ceará (IGBE, 2017). A produção de coco no Brasil apresenta destaque para o coco seco, cujo produto de interesse comercial é a amêndoa, e para o coco verde, cujo interesse está na água. Embora as cascas possam ser aproveitadas para outros fins, elas são descartadas nas próprias áreas de cultivo, em áreas urbanas ou aterros sanitários (MARAFON *et al.*, 2019). Isso gera problemas ambientais devido à geração de resíduos, uma vez que a casca leva cerca de oito anos para se degradar (CARRIJO *et al.*, 2002).

Esse problema pode ser mitigado através da reciclagem e do reaproveitamento das cascas (ARAÚJO, 2011), as quais podem ser empregadas para a produção de placas e painéis para a construção civil. O Brasil ocupa a 8ª posição no ranking mundial de produtores de painéis de madeira, segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores, tendo produzido 8,2 milhões de m³ de painéis em 2018, dos quais os painéis de fibras de média densidade (MDF) e de alta densidade (HDF) são os mais produzidos (IBÁ, 2019).

No Brasil, as matérias primas utilizadas para fabricação dos painéis são pinus ou eucalipto triturados e resinas sintéticas à base de formaldeído (NAKAMURA, 2018). Mesmo sendo um recurso renovável e utilizando-se madeira de árvores plantadas, o monocultivo em florestas pode ser danoso ao ecossistema e a produção pode estar associada ao uso de recursos não renováveis (SILVA *et al*, 2013). A melhoria do processo produtivo dos painéis demanda a incorporação de materiais residuais, diminuindo a demanda por madeira virgem e os impactos ambientais associados (NAKAMURA, 2018).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi encontrar a melhor proporção entre as fibras de coco e a resina de ureia-formaldeído para a fabricação de painéis, fazendo uma caracterização destes, avaliando-os quanto à forma, à densidade e às propriedades mecânicas de tração e de flexão.

2 PAINÉIS

A NBR 15.316-2 (ABNT, 2019) classifica os painéis de acordo com a densidade em *ultralight* (de 450 a 550 kg/m³), *light* (de 551 a 650 kg/m³), MDF (de 651 a 800 kg/m³) e HDF (acima de 800 kg/m³). A norma ainda define requisitos específicos para cada painel de acordo com as condições de uso, sendo elas: para condições secas ou úmidas, painel estrutural ou não estrutural e painéis para divisórias, forros e paredes. Os painéis são fabricados por meio de aglutinação, sob alta pressão e temperatura, com adição de resinas sintéticas. Normalmente, a resina funciona como elemento ligante e é formulada com formaldeído (ARAÚJO JÚNIOR, 2014). Adesivos à base de ureia-formaldeído (UF) são os mais comuns devido ao baixo custo, à rápida reação

em prensa quente e à solubilidade em água, tornando-os apropriados para produção em larga escala. Quanto às desvantagens, a UF possui baixa resistência à umidade e libera formaldeído após a cura, uma substância nociva à saúde (MELO, 2013).

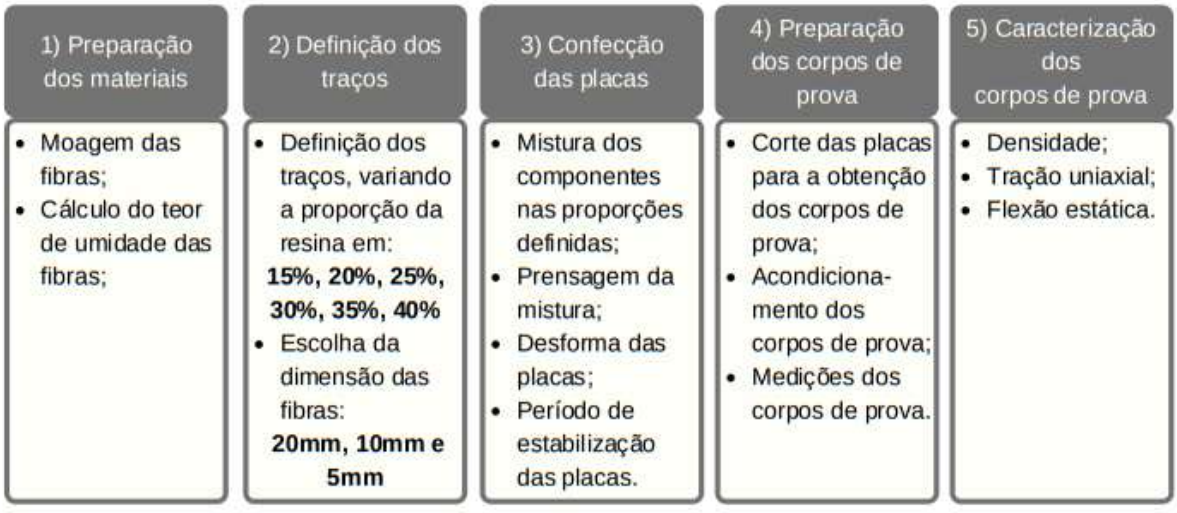
3 FIBRAS DE COCO

As fibras vegetais são uma alternativa ao uso da madeira na fabricação de painéis, em conjunto com resinas sintéticas, como a UF, algum ligante natural ou apenas o teor de lignina do próprio material como aglutinante. A seleção do tipo de fibra sofre forte influência de fatores geográficos relacionados à disponibilidade do material, por isso, no Brasil, encontram-se várias pesquisas com fibras de coco (ARAÚJO JÚNIOR, 2014; NAKAMURA, 2018). Trata-se de um material lignocelulósico, caracterizado por sua rigidez e durabilidade, apresentando potencial de utilização em compósitos, produção de mantas e telas para proteção do solo, produtos artesanais e painéis de fibras como alternativa aos painéis de madeira reconstituída (ARAÚJO JÚNIOR, 2014).

4 MATERIAIS E MÉTODO

As fibras, da espécie *Cocos nucifera*, foram fornecidas pela empresa Iapacoco Nordeste, localizada na cidade de Paraipaba/CE. Elas apresentavam comprimento de 20mm e passaram por moagem, em moinho de facas, para obter fibras de 10mm e 5mm, a fim de possibilitar a escolha da melhor dimensão. A umidade das fibras foi calculada em 3,5%, estando na faixa de umidade utilizada para placas feitas com madeira (KOLLMANN; KUENZI; STAMM, 1975). Foi utilizada uma resina de ureia-formaldeído, com teor de sólidos de 64%, densidade de 1,28g/cm³ e teor de formol livre de 2,5% (REDELEASE, 2019). A Figura 1 descreve o procedimento executado.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia empregada.



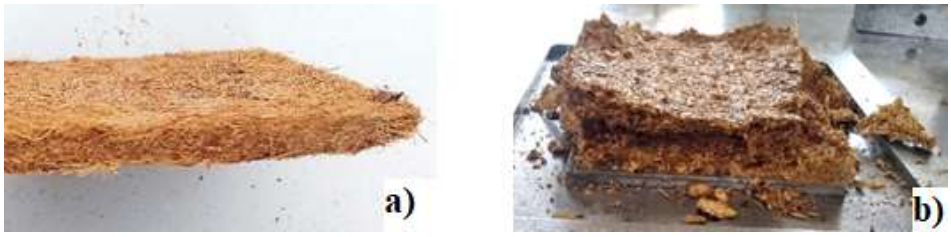
Fonte: Autores (2019)

O traço de preparação da resina foi definido segundo recomendações do fabricante (em partes de massa): 100 partes de cola, 20 partes de água e 3 partes de catalisador (REDELEASE, 2019). Foi escolhida a proporção com menor teor de água, para diminuir o teor de umidade no colchão de fibras. Para o cálculo do teor de cola, considerou-se apenas o seu teor de sólidos. Escolheu-se obter uma densidade de 0,750g/cm³, enquadrando os painéis como MDF (ABNT, 2019).

Considerando a massa dos materiais, as dimensões do molde e a densidade estimada, foi calculada uma espessura de 9 mm para os painéis.

Para determinar o melhor tamanho das fibras e dos teores de resina, foram feitas placas com as 3 dimensões disponíveis, 20mm, 10mm e 5mm, para os teores de resina de 15%, 20%, 25%, 30%, 35% e 40%. Em análise tátil-visual, as placas com fibras de 5mm apresentaram maior homogeneidade e menor volume de vazios, além de favorecerem o processo de mistura. Em relação ao teor de resina, 15% não foi suficiente para garantir a adesão (Figura 2a) e 40% apresentou excesso de resina (Figura 2b), impossibilitando o desmolde das placas. Por isso, foi escolhida a dimensão 5mm para dar seguimento ao estudo, com os teores de resina 20%, 25%, 30% e 35%.

Figura 2 – Placas desenvolvidas com 15%(a) e 40%(b) de resina

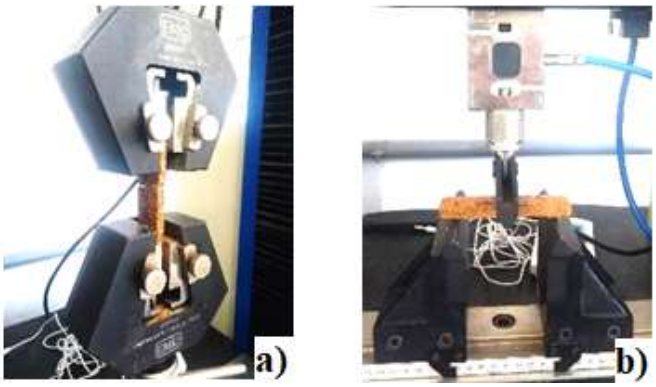


Fonte: Autores (2019)

Foi utilizado um molde de aço inoxidável com dimensões (11x11)cm e uma prensa termo-hidráulica para a conformação das placas. Fez-se prensagem a quente, com pressão de 17,5 kgf/cm² a 220°C, durante 15 minutos. A partir de 15min de prensagem, há um aumento na resistência de adesão interna e a lignina se funde entre 180-220°C, proporcionando a impermeabilização dos poros das partículas e reduzindo o inchamento em espessura (NADHARI et al, 2013). Após a prensagem, cada placa passou por uma estabilização por 30min, para garantir sua retilineidade. Posteriormente, realizou-se o corte das placas para a obtenção dos corpos de prova (CPs) de (10 x 3)cm, seguido pelo acondicionamento por 72h em uma câmara com umidade (50 ± 5%) e temperatura (23°C) controladas.

Para caracterizar a forma, foram medidos comprimento, largura, espessura e massa de todos os CPs, calculando sua densidade. Para a caracterização mecânica, foram determinadas a resistência à tração uniaxial (Figura 3a) e a resistência à flexão estática (Figura 3b), calculando o módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) (ABNT, 2019). Os ensaios mecânicos foram feitos em uma prensa universal EMIC, modelo CDL – 300. A velocidade empregada foi de 1 mm/min para o ensaio de tração uniaxial e 6 mm/min, com uma distância entre os apoios de 80 mm, para flexão. Para cada teor de resina foram produzidos 18 CPs, 9 para o ensaio de tração e 9 para o ensaio de flexão.

Figura 3 – Ensaio mecânicos: tração uniaxial (a); flexão estática (b)



Fonte: Autores (2019)

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Densidade

A Tabela 1 apresenta os valores das densidades das placas produzidas. Nota-se que, para todos os traços, a densidade é superior a 0,80g/cm³, classificando as placas como de alta densidade (HDF) (ABNT, 2019). O desvio padrão variou 0,02 e 0,04; os baixos valores indicam homogeneidade na conformação dos painéis.

Tabela 1 – Densidade das placas, em g/cm³, por traço

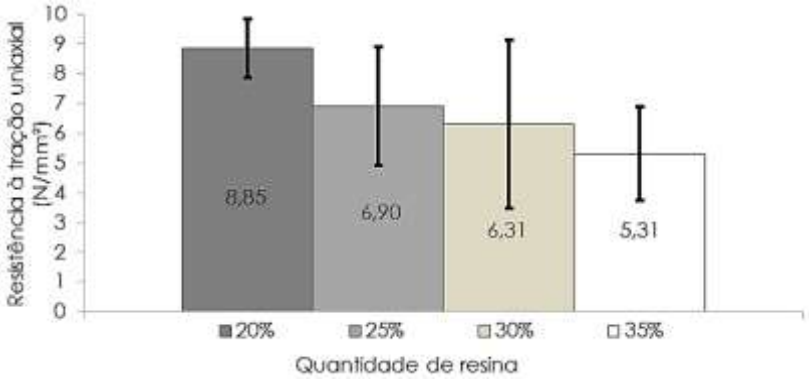
	20%	**25%**	**30%**	**35%**
MÉDIA	0,82	0,84	0,84	0,83

Fonte: Autores (2019)

5.2 Resistência à tração uniaxial

A Figura 4 apresenta os resultados do ensaio de tração uniaxial, onde as colunas indicam a média dos resultados e as barras verticais indicam o valor de dois desvios padrões (um acima, e um abaixo da média) encontrados para as amostras.

Figura 4 – Resultados do ensaio de tração uniaxial



Fonte: Autores (2019)

Os melhores resultados médios foram encontrados para as placas do traço de 20%, que também apresentaram os menores valores de desvio padrão. A análise estatística de variância (ANOVA) mostra que não há diferenças significativas entre os traços de 20%, 25% e 30%, apenas entre os traços de 20% e 35%.

Em análise tátil-visua, as placas de 20% foram as melhores fabricadas, não apresentando fissuras aparentes. A partir de 25% já se notavam algumas fissuras, que se tornaram mais frequentes e evidentes nos traços de 30% e 35%. Para um teor de resina elevado, foi necessária maior quantidade de água para diluir a cola, o que acarretou em uma elevada umidade do colchão, provocando o surgimento de bolhas dentro do painel. Esse problema acabou danificando alguns painéis pelo efeito *blow*, o qual ocorre quando o vapor de água, que deveria ser liberado pelas laterais, fica retido no interior em bolhas de ar que são liberadas durante a prensagem, ocasionando, assim, as fissuras (NAKAMURA, 2018). Como elas se manifestaram, aproximadamente, no centro dos corpos de prova, estes pareciam estar divididos em camadas, conforme Figura 5, o que, possivelmente, levou a um comportamento diferente entre as partes do painel durante os ensaios, reduzindo sua resistência mecânica.

Figura 5 – Placa do traço de 30%, com fissura no centro

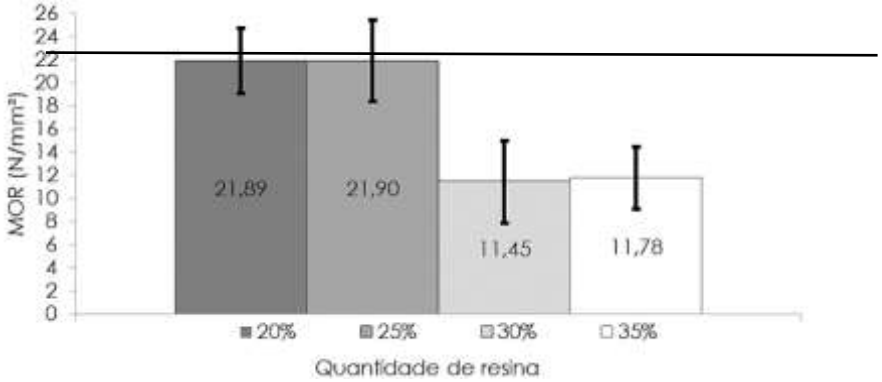


Fonte: Autores (2019).

5.3 Resistência à flexão estática

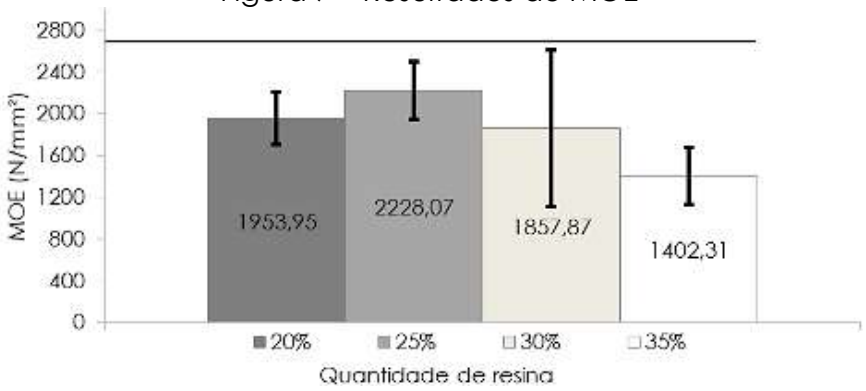
O módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) foram obtidos a partir do ensaio de resistência à flexão estática. A Figura 6 apresenta os resultados para o MOR e a Figura 7, para o MOE. No gráficos, têm-se a média e os desvios padrões (barras verticais) obtidos para cada traço. A linha horizontal indica o valor mínimo exigido pela NBR 15.316-2 (ABNT, 2019) para HDF e MDF para uso geral em condições secas, que é de 23N/mm² para o MOR e 2700N/mm² para o MOE.

Figura 6 – Resultados do MOR



Fonte: Autores (2019)

Figura 7 – Resultados do MOE



Fonte: Autores (2019)

Para o módulo de ruptura (MOR), os painéis com 20% e 25% de resina apresentaram valores muito similares, com resultado médio alcançando 95% do exigido pela norma; a ANOVA mostra que não há diferença significativa entre eles. Considerando o desvio padrão, esses traços podem atingir os 23N/mm² requeridos. Já os traços de 30% e 35% apresentaram valores de MOR muito baixos, com as médias alcançando aproximadamente 50% do valor mínimo exigido.

Os melhores resultados de MOE foram para 20% e 25%, mas ainda abaixo do esperado, alcançando 72% e 82% do valor mínimo exigido pela norma, respectivamente. Os CPs do traço de 30% apresentaram uma diferença de comportamento nos ensaios, refletida no desvio padrão muito elevado. Este fenômeno e o baixo valor de MOE para 35% podem ser explicados pelas fissuras presentes nos corpos de prova. Há diferença significativa entre os traços de 30% e 35% e o traço de 25%, que se sobressai com o maior resultado; porém, quando o traço de 25% foi comparado ao de 20%, não foram encontradas diferenças significativas. Comparando esses valores ao de um MDF comercial, que atinge uma média de 38,9 N/mm² para o MOR e um MOE de 2288,2 N/mm² (FERNANDES *et al,* 2019), os valores obtidos nos traços de 20% e 25% são os mais próximos.

6 CONCLUSÃO

Algumas conclusões podem ser apresentadas sobre os aspectos analisados. Todos os traços apresentaram densidade média superior a 800 kg/m³, sendo classificados como HDF. Para a resistência à tração, o traço de 20% apresentou os melhores resultados médios, embora não haja diferenças significativas entre este e os traços de 25% e 30%. Não foram encontradas diferenças significativas entre os traços de 20% e 25% para os resultados de MOR e MOE. Para o MOR, o resultado médio alcançado foi 95% do valor exigido pela norma para ambos os traços; enquanto que para o MOE, o traço de 20% alcançou 72%, e o traço de 25% alcançou 82% do mínimo exigido. A queda nas propriedades com o aumento do teor de resina, observada principalmente nos traços de 30% e 35%, pode ser explicada pela presença de fissuras nos painéis provocadas pelo efeito *blow*.

Recomenda-se dar seguimento à pesquisa com os traços de 20% e 25%, que apresentaram resultados mais próximos aos valores exigidos pela NBR 15316-2 e ao MDF comercial. Este estudo contribuiu para expandir os conhecimentos sobre painéis fabricados com fibras naturais reaproveitadas, e, embora não tenha atendido a todas as exigências normativas, demonstra potencial para o desenvolvimento de uma solução inovadora a ser empregada em alternativa ao MDF.

AGRADECIMENTOS

À CAPES. À empresa Iapacoco Nordeste.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Anna Cristina de. **Análise SWOT do Gerenciamento de Resíduos do coco verde em duas agroindústrias do estado do Rio Grande do Norte.** 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2011.

ARAÚJO JÚNIOR, Celso Pires de. **Painéis de fibras elaborados a partir da casca do coco verde sem adição de resinas aglutinantes**. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS – (ABNT). **NBR 15316-2**: Painéis de fibras de média densidade Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2019.

BIAZUS, A.; HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. **Panorama de mercado: painéis de madeira**. BNDES setorial, 2010.

CARRIJO, Osmar Alves; LIZ, Ronaldo Setti de; MAKISHIMA, Nozomu. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola**. Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 20, n. 4, p.533-535, dez. 2002. FapUNIFESP (SciELO).

FERNANDES, Cristiane do Nascimento et al. Painéis de partículas elaborados do mesocarpo do dendê como alternativa ao MDF utilizado na construção civil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 24, n. 1, p.169-176, 1 abr. 2019. FapUNIFESP (SciELO).

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Countries by commodity**. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 25 jun. 2020.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2019**. Brasil: IBÁ, 2017. 80p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola**: dezembro de 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 112p.

KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. (1975). **Principles of wood science and technology**. New York: Springer-Verlag.

MARAFON, A. C.; NUNES, M. U. C.; AMARAL, A. F. C.; SANTOS, J. P. **Aproveitamento de cascas de coco para geração de energia térmica: potencialidades e desafios**. 234. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019. (1678-1953).

MELO, R.R.. Estabilidade Dimensional de Compostos de Madeira. **Revista Ciência da Madeira - Rcm**, [s.l.], v. 4, n. 2, p.152-175, 30 nov. 2013. Revista de Ciencia de Madeira.

NADHARI, W.N.AW et al. "Utilization of Oil Palm Trunk Waste for Manufacturing of Binderless Particleboard: Optimization Study." **Bioresources**, v.8, n. 2, pp. 1675-1696, 2013.

NAKAMURA, Ana Paula Diniz. **Propriedades de painel biocompósito produzido com fibras de coco da baía e ácido cítrico como adesivo**. 2018. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2018.

REDELEASE PRODUTOS PARA INDÚSTRIA LTDA. **Boletim Técnico - Redemite**. Acesso em 22 de julho de 2019.

SILVA, Diogo Aparecido Lopes et al. Life cycle assessment of medium density particleboard (MDP) produced in Brazil. **The International Journal Of Life Cycle Assessment**, [s.l.], v. 18, n. 7, p.1404-1411, 9 maio 2013. Springer Science and Business Media LLC.

TAJUDDIN, M.; AHMAD, Z.; ISMAIL, H. A Review of Natural Fibers and Processing Operations for the Production of Binderless Boards. **BioResources**, 11, n. 2, 5600-5617, 2016.