ENARC
FOZ DO IGUAÇU-2023

DESENVOLVIMENTO DE PAINÉIS DE PARTÍCULAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE DESCAROÇAMENTO DE ALGODÃO E RESINA DE UREIA-FORMALDEÍDO

Development of particleboards from cotton gin wastes and urea formaldehyde resin

Luciano Gabriel Massons
Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI)
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe | Santa Fe, Argentina | lmassons@frsf.utn.edu.ar
Florencia Araceli Benitez
Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI)
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe | Santa Fe, Argentina | fbenitez@frsf.utn.edu.ar
Regina Rosario Piccoli
Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI)
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe | Santa Fe, Argentina | rrpiccoli@frsf.utn.edu.ar
María Fernanda Carrasco
Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI)
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe | Santa Fe, Argentina | mcarrasco@frsf.utn.edu.ar

Resumo

Este estudo analisa a viabilidade da produção de painéis de partículas utilizando resíduos de descaroçamento de algodão gerados em plantas de descaroçamento no nordeste argentino. Esses resíduos, que representam 40% da produção do algodão colhido no país, oferecem uma matéria-prima barata para a produção de painéis de aglomerado que atendem aos padrões internacionais. Foram avaliados painéis de camada simples e camada tripla, incorporando dois diferentes tamanhos de partícula do resíduo e teores de resina ureia-formaldeído entre 11,9 e 19,3%. Foram testadas a densidade, a resistência à flexão e a resistência à água. Verificou-se melhor comportamento nos painéis de camada tripa, o que por menores teores de resina permite obter maior resistência à flexão e melhor comportamento frente à água. Esses painéis poderiam oferecer uma alternativa de baixo custo para aplicação em móveis e construção civil, reduzindo o impacto ambiental da produção de algodão.

Palavras-chave: Resíduos de descaroçamento de algodão. Resina de ureia-formaldeído. Painéis de partículas. Painéis de camada simples. Painéis de camada tripla.

Abstract

This study analyzes the feasibility of producing particleboards using cotton ginning residues generated in ginning plants in northeastern Argentina. These residues, which represent 40% of cotton harvested in the country, offer a cheap raw material for the production of particleboards meeting international standards. Single-layer and triple-layer panels were evaluated, incorporating two different types of particle sizes distribution for the residue and urea-formaldehyde resin contents between 11.9 and 19.3 %. Density, flexural strength and water resistance were tested. There was better behavior in the triple layer panels, attaining greater flexural strengh and water resistance even with lower resin contents. These panels could offer a low-cost alternative for application in furniture and civil construction, reducing the environmental impact of cotton production.

Keywords: Cotton gin wastes. Urea formaldehyde resin. Particleboards. Single-layer boards. Triple-layer boards.

INTRODUÇÃO

Na Argentina, a produção algodoeira concentra-se principalmente nas províncias do nordeste. Trata-se de uma atividade produtiva com grandes problemas a abordar. Baseados em dados de colheitas anteriores, é possível afirmar que aproximadamente mais de 30% do volume de produção trata-se de resíduos de descaroçamento, composto por fibras curtas, carpelos, ramos, caules e outros componentes (MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN, 2020). A implementação de colheita mecânica aumentou a rentabilidade, mas também gera maiores quantidades de resíduos de descaroçamento, significando mais problemas, processos, e maiores custos para a extração de fibra utilizável (MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN, 2016)).

Os resíduos mencionados atualmente são acumulados ao ar livre, criando um habitat para pragas e roedores. Além disso, por serem auto inflamáveis, representam um perigo para as comunidades próximas (HAQUE, *et al*., 2021). Na maioria das plantas de descaroçamento, diante da falta de soluções efetivas para a grande quantidade de resíduos gerados, opta-se por queimá-los. Isso se torna muito problemático, pois essas instalações estão próximas a centros populacionais, causando importantes contaminações. O algodão é uma das produções agrícolas com maior aplicação de agroquímicos e os riscos ligados à queima e emissão de gases devem ser considerados (CRAVZOV *et al*., 2000; CROSSAN *et al.,* 2006).

Neste contexto, é encorajador pensar em utilizar estes resíduos para produzir materiais para mobiliário, habitação e outras utilizações gerais. O desenvolvimento destes materiais poderia resolver simultaneamente vários dos problemas acima mencionados (ALMA *et al*., 2005; GÜLLER *et al*., 2008). Com base em estudos nacionais e internacionais sobre o uso de materiais lignocelulósicos e subprodutos agroindustriais, propõe-se a fabricação de painéis de partículas a partir de resíduos de descaroçamento de algodão e resina de ureia-formaldeído (BARBIRATO, *et al*., 2014; BARROS FILHO, *et al.,* 2011; CONTRERAS *et al*., 1999; GARCÍA-ORTUÑO *et al.,* 2011; GATANI, *et al.,* 2013; GÜLLER, *et al.,* 2004). Este artigo apresenta as pesquisas com esses resíduos e resina de ureia-formaldeído, explorando diferentes configurações de camadas, tamanhos de partículas e proporções de resina, juntamente com as propriedades dos painéis obtidos e possíveis otimizações.

MATERIAIS E METODOLOGIAS

Esse resíduo estudado é heterogêneo em termos de forma e tamanho, incluindo ramos, caules, folhas e restos de fibras de algodão. Para torná-lo adequado para uso, é triturado por um moinho de martelos com uma peneira de 16 mm. Sendo classificado por peneiração para remover o pó, passante pelo peneiro Nº30 (600µm) e os restos de fibras, retidos na peneira de ½" (12,5 mm), resultando em um material grosseiro regular (Figura 1). O material resultante do procedimento anterior passa por um segundo processo de trituração no mesmo moinho, usando um peneiro com uma abertura de 3,5 mm. Isso resulta em uma distribuição de partículas ainda mais uniforme (Figura 2). Após a moagem, o resíduo é seco em uma estufa. O resíduo do descaroçamento é misturado com resina de ureia-formaldeído usando um misturador planetário. A resina tem um teor de sólidos de 65% e, para seu uso, é adicionada água até atingir 55% de sólidos, e uma solução de sulfato de amônio a 5% é usada como catalisador.

São avaliadas duas configurações de painéis: uma de uma camada com um único tamanho de partícula e outra de três camadas com diferentes tamanhos de partícula e resina variável. Para os painéis de uma camada, a proporção de resina utilizada, sólidos em relação ao peso do resíduo do descaroçamento, variou entre 11,9% e 19,3%. Para os painéis de três camadas, são executadas três combinações de maior percentagem de resina nas camadas finas externas (F) e menor na camada grossa intermediária (G) detalhados na Tabela 1; respectivamente, mantendo uma relação entre as camadas finas e a camada grossa de 65%G/17,5%F em base do peso do resíduo. Essas proporções foram selecionadas com base em experiências de outros autores (ALMA *et al*., 2005; GÜLLER *et al.* 2004; KHANJANZADEH *et al*., 2012).

Após homogeneização, o material impregnado é manualmente colocado em um molde de placas quentes e prensado a 3; 3,75 e 4,75 MPa a 150°C por 5 minutos, resultando em painéis de 250 x 250 x 8 mm. Nos aglomerados, foram realizadas determinações de densidade (IRAM 9705 (2001), resistência à flexão (IRAM 9706 (2001) e inchamento por imersão em água por 24 horas (IRAM 9720 (1999). Adicionalmente, a absorção de água dos aglomerados foi calculada pela diferença entre o peso seco e o peso após 24 horas de imersão.

Figura 1: Material grosso primeira trituração.



Figura 2: material fino segunda trituração.



Figura 3: Comparação de um painel de cascas de algodão e um comercial.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

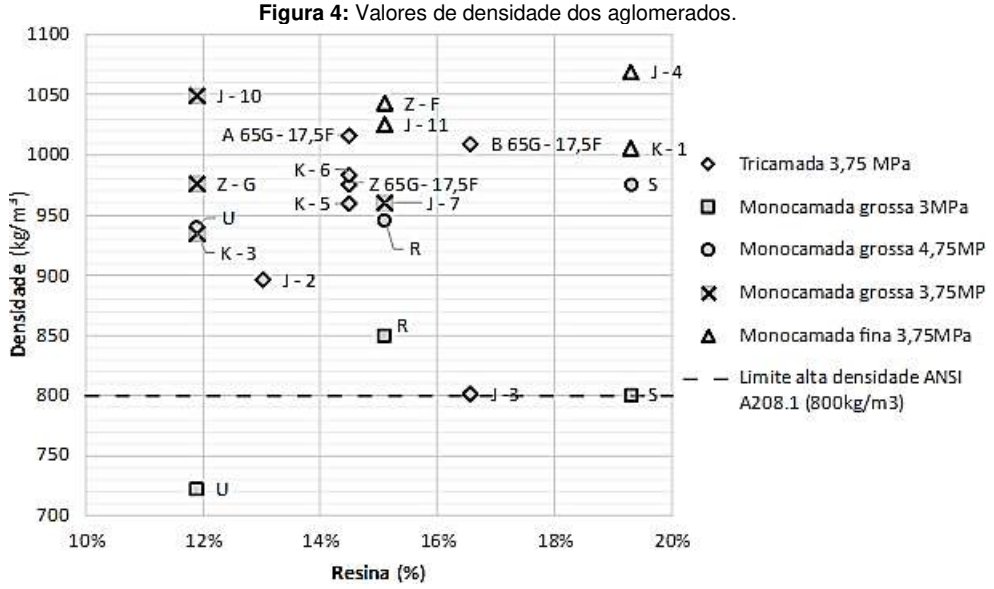
Na Tabela 1 são detalhados os valores médios de densidade, resistência à flexão (MOR), inchamento e absorção de água obtidos para os painéis de aglomerado. Conforme a norma ANSI A208.1 (1999), os painéis monocamada e tricamada são categorizados como de alta densidade (HD), com um limite mínimo de 800 kg/m^3.

Tabela 1: Resumo dos resultados dos testes.

Identificação no gráfico	Configuração e granulometria	Resina *(%)* C. Int. / C. Ext.	Resina proporção Tricamadas *(%)*	Pressão *(Mpa)*	MOR *(Mpa)*	Densidade *(kg/m^3)*	Inchamento *(%)*	Absorção de água *(%)*
U	Monocamada grossa	11,90%	-	3	6,68	723,02	77,46	138,69
U	Monocamada grossa	11,90%	-	4,75	11,18	939,74	84,81	105,96
R	Monocamada grossa	15,10%	-	3	9,57	850,17	58,51	85,07
R	Monocamada grossa	15,10%	-	4,75	14,59	946,49	57,03	74,22
S	Monocamada grossa	19,3%	-	3	10,37	800,90	86,73	123,70
S	Monocamada grossa	19,3%	-	4,75	18,37	975,88	41,47	70,06
Z - F	Monocamada fina	15,10%	-	3,75	17,96	1043,08	43,96	59,49
Z - G	Monocamada grossa	11,90%	-	3,75	16,19	976,29	52,88	68,23
Z 65G - 17,5F	Tricamada	11,9% - 19,3%	14,49%	3,75	18,59	975,44	37,34	48,13
A 65G - 17,5F	Tricamada	11,9% - 19,3%	14,49%	3,75	14,06	1016,77	53,23	64,64
B 65G - 17,5F	Tricamada	15,1% - 19,3%	16,57%	3,75	12,38	1009,51	116,47	125,54
J - 2	Tricamada	11,9% - 15,1%	13,02%	3,75	10,17	896,26	90,26	106,27
J -3	Tricamada	15,1% - 19,3%	16,57%	3,75	8,72	801,86	133,82	154,24
J - 4	Monocamada fina	19,3%	-	3,75	17,47	1069,32	29,44	28,64
J - 7	Monocamada grossa	15,1%	-	3,75	13,93	960,24	52,85	59,56
J - 10	Monocamada grossa	11,90%	-	3,75	8,54	1049,67	82,43	73,17
J - 11	Monocamada fina	15,1%	-	3,75	11,96	1025,21	69,23	73,35
K - 1	Monocamada fina	19,3%	-	3,75	15,13	1006,38	34,40	54,33
K - 3	Monocamada grossa	11,90%	-	3,75	11,20	934,67	48,46	76,63
K - 5	Tricamada	11,9% - 19,3%	14,49%	3,75	12,31	959,63	37,40	62,70
K - 6	Tricamada	11,9% - 19,3%	14,49%	3,75	12,77	983,24	55,08	74,69

Analisando a densidade dos painéis, não se observam grandes diferenças entre os painéis monocamada de 4,75 MPa, os monocamada de 3,75 MPa grossos e finos, assim como tricamada de 3,75 MPa. No entanto, as amostras de monocamada de 3 MPa exibem densidades mais baixas, classificando-as como de densidade média (Figura 4). Os valores de densidade não apresentam uma relação clara com o teor de resina. A pressão de moldagem e o tamanho das partículas que compõem o painel afetam essa propriedade. As placas feitas com partículas resultantes da peneira de 3,5 mm têm uma densidade maior do que as placas feitas com material moído passante na peneira de 16 mm. Isso ocorre devido à melhor acomodação das partículas finas, resultando em menos espaços vazios (GARCÍA-ORTUÑO *et al*., 2011; RAHMAN *et al*., 2019; CHOUPANI CHAYDARREH *et al*., 2022).

Figura 4: Valores de densidade dos aglomerados.

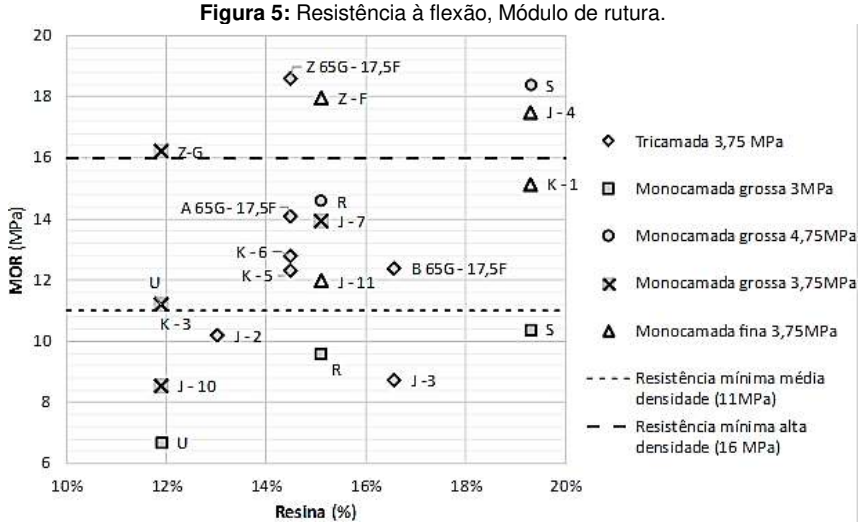


Similarmente ao observado em densidade, em termos de resistência à flexão dos painéis (Tabela 1), não se observam diferenças significativas entre os painéis monocamada de 4,75 MPa e os painéis monocamada de 3,75 MPa de camada grossa e fina. É evidente que as amostras monocamada de 3 MPa apresentam uma resistência inferior, resultando uma pressão de moldagem insuficiente para obter propriedades mecânicas adequadas. Este comportamento difere daquele observado em investigações com menores pressões de moldagem e onde são alcançadas comportamentos satisfatórios (GARCÍA-ORTUÑO et al.,2011; CHOUPANI CHAYDARREH *et al*., 2022; GRANERO *et al*., 2013; PANYAKAEW *et al*., 2011; XIANJUN *et al*., 2010; COSEREANU *et al*., 2015; ROFII *et al*., 2021).

Os painéis tricapa usam resina eficientemente, reduzindo a quantidade total, enquanto mantêm resistências comparáveis ou melhores que os painéis monocapa com maior teor de resina. Vanoli Scatolino *et al*., (2019) definiram o índice de compactação como a relação entre a densidade aparente do painel e a densidade das partículas usadas na produção. Maiores taxas de compactação indicam mais partículas por painel, resultando em menos adesivo por partícula e, portanto, em propriedades mecânicas inferiores (ROFII *et al*., 2021). A baixa densidade básica do resíduo de algodão afeta a espessura da parede celular, influenciando a resistência e rigidez do material. Esse efeito é consistente com o aumento da densidade ao usar partículas mais finas e pressões de moldagem mais altas.

A norma ANSI estabelece requisitos de resistência à flexão para diferentes densidades de painéis. Os painéis de média densidade (MD, 640 a 800 kg/m³) devem ter resistência à flexão superior a 11 N/mm², enquanto os de alta densidade (HD, acima de 800 kg/m³) devem atingir resistências maiores: 16 N/mm² para H-1, 20,5 N/mm² para H-2 e 23,5 N/mm² para H-3. Alguns painéis tricapa e monocapa atendem aos primeiros requisitos, mas não aos da norma ANSI. A norma IRAM (IRAM 9723 (2012)) estabelece requisitos de resistência à flexão com base na espessura do painel: 11 N/mm² para espessuras de 6 a 13 mm em ambientes secos e 15 N/mm² em ambientes úmidos (Figura 5). Partículas finas, com superfícies planas, têm melhor adesão à resina, criando placas mais compactas e homogêneas. Partículas maiores, côncavas e irregulares, resultam em placas menos homogêneas devido a aglomerações locais e pontos de contato isolados. Essas diferenças na estrutura explicam as variações no comportamento das placas (COSEREANU *et al*., 2015). A maioria dos painéis, atingem resistência à flexão superior a 11 N/mm², com exceção dos painéis moldados com 3 MPa. Os painéis não atendem aos requisitos de resistência à flexão definidos pela norma ANSI A208.1 (1999).

Figura 5: Resistência à flexão, Módulo de rutura.



Observa-se uma maior resistência à água nos painéis tricapa em comparação com os monocapa devido às camadas externas mais densas e impermeáveis. Nos painéis monocapa, essa resistência aumenta com o aumento da resina (Figuras 6 e 7).

Figura 6: Valores do inchamento porcentual

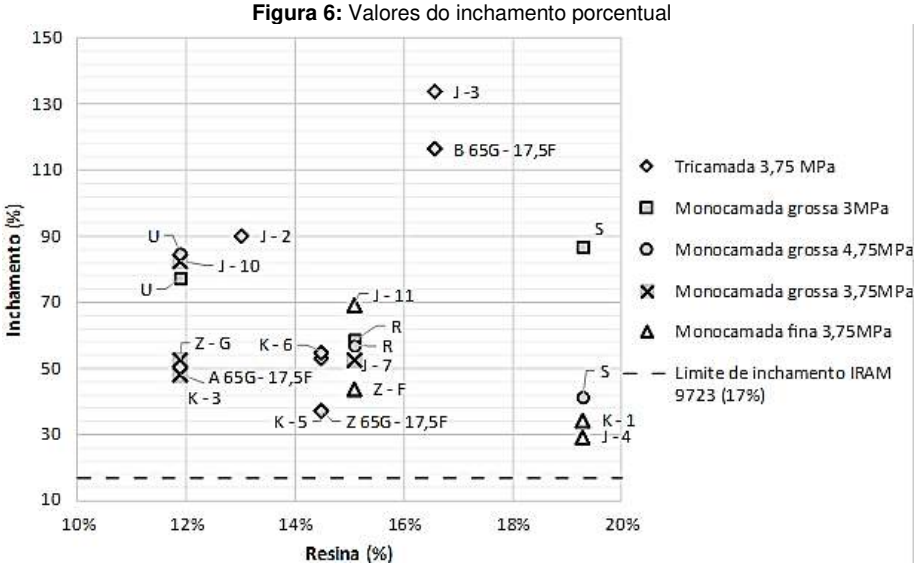
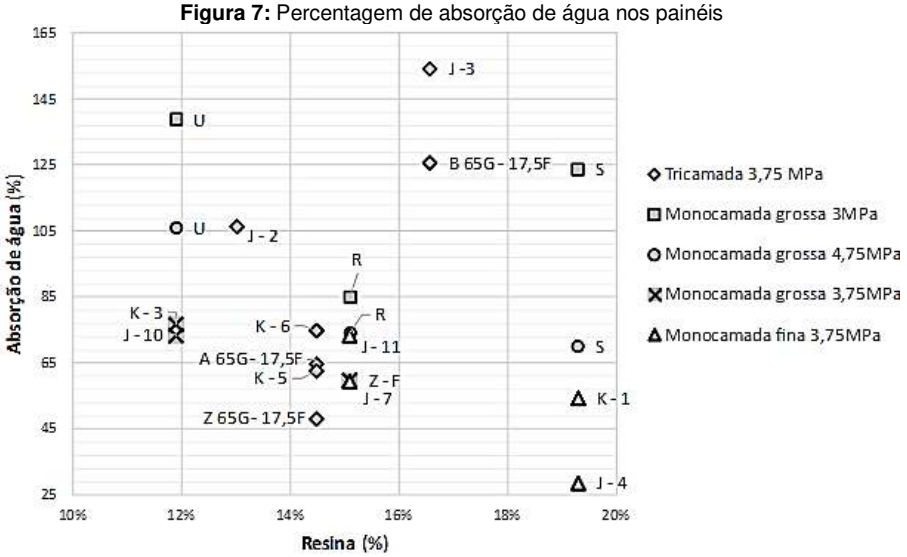


Figura 7: Percentagem de absorção de água nos painéis



A norma IRAM 9723 (2012) exige um inchamento inferior a 17% para painéis em ambiente úmido, valor superado por todos os painéis. Placas com partículas grossas apresentam maior absorção, devido à porosidade pela concavidade e variedade de formas do resíduo de descaroçamento. Placas com partículas finas têm menor absorção e menor inchamento devido à maior compactação e menor molhabilidade (GÜLLER *et al*., 2008; GÜLLER *et al*., 2004; KHANJANZADEH *et al*., 2012; PANYAKAEW *et al*., 2011; VANOLI SCATOLINO *et al*., 2019).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados, pode-se concluir que:

- É possível produzir aglomerados de partículas com resíduos de descaroçamento e resina ureia-formaldeído, atendendo aos requisitos para propriedades mecânicas adequadas.
- Painéis de três camadas são mais eficientes, reduzindo a quantidade de resina necessária e melhorando o desempenho, mas a morfologia das partículas requer uma quantidade significativa de resina, necessitando avaliação das emissões de formaldeído.
- A baixa resistência à água das placas exige controle da morfologia das partículas durante a moagem e a adição de produtos para controlar o inchamento, permitindo o uso em ambientes úmidos.

AGRADECIMIENTOS

A realização deste trabalho foi possível graças à colaboração da descaroçadora de algodão ACRIBA S.A de Villa Minetti (Santa Fé), ao financiamento da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Nacional e à colaboração do Instituto de FIQ -Tecnologia Celulósica UNL.

REFERENCIAS

ALMA, M.H., KALAYCIOGLU, H., BEKTAS, I., TUTUS, A. Properties of cotton carpel-based particleboards. **Industrial Crops and Products** 22 141–149. 2005.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. ANSI 208.1: **Particleboard**. 1999

BARBIRATO, G.; FIORELLI, J.; BARRERO, N.G.; AGNOLON PALLONE, E.M.J.; ROCCO LAHR, F. A.; CHRISTOFORO, A.L.; SAVASTANO JR. H. Painel aglomerado híbrido de casca de amendoim reforçado com partículas de madeira Itaúba. **Ciência Florestal,** 24(3), 685-697. 2014.

BARROS FILHO; R.M., MENDES, L.M., MONTEIRO NOVACK; K., OLIVEIRA APRELINI, L., BOTARO, V.R. Hybrid chipboard panels based on sugarcane bagasse, urea formaldehyde and melamine formaldehyde resin. **Industrial Crops and Products,** 33, 369–373. 2011.

CONTRERAS M. W., OWEN DE C. M. E., GARAY J. D. A., CONTRERAS M. Y. Elaboración de tableros aglomerados de partículas de caña brava (Gyneriumsagittatum) y adhesivo urea-formaldehído. Rev. Forest. Venez. 43 (2), 129-135. 1999.

COSEREANU, C.; BRENCI, L.; ZELENIUC, O.; FOTIN, A. Effect of particle size and geometry on the performance of single-layer and three-layer particleboard made from sunflower seed husks**. BioResources** 10(1),1127-1136. 2015. https://doi.org/10.1016/10.15376/biores.10.1.1127-1136

CRAVZOV, A. L., CHOMICZAK, S., DALLA FONTANA, L., MARINICH, J. **Evaluación del uso de plaguicidas en cultivos de algodón**. In: VI Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la UNNE, Resistencia, Chaco (Argentina), 2000.

CROSSAN, A., SANCHEZ BAYO, F., KENNEDY, I., BODNARUK, K. Risk of pesticide contamination in cotton seed and livestock. **The Australian cotton grower**, 27 (1), 54-56. 2006.

CHOUPANI CHAYDARREH, K., LIN, X., GUAN, L., CHUANSHUANG, H. Interaction between particle size and mixing ratio on porosity and properties of tea oil camellia (Camellia oleifera Abel.) shells-based particleboard**. Journal of Wood Science** 68(43). 2022. https://doi.org/10.1186/s10086-022-02052-3.

GRANERO, V.; GATANI, M.; MEDINA, J. C.; RUIZ, A.; FIORELLI, J., KREIKER, J., LERDA, M. J. Determinación de la influencia del tamaño y forma de partículas de cáscaras de maní en paneles aglomerados. **Revista Quebracho** Vol. 21(1,2),67-80. 2013.

HAQUE, A.N.M.A, REMADEVI, R. NAEBE, M. A review on cotton gin trash: Sustainable commodity for material fabrication. **Journal of Cleaner Production** 281, 125300. 2021.

GÜLLER, C., CÖPÜR, Y., TASCIOGLU, C. **The manufacture of particleboards using mixture of peanut hull (Arachis hypoqaea L.) and European Black pine (Pinus nigra Arnold) wood chips.** Bioresource Technology 99, 2893–2897. 2008.

GARCÍA-ORTUÑO, T., ANDRÉU-RODRÍGUEZ, J., FERRÁNDEZ-GARCÍA, M.T., FERRÁNDEZ-VILLENA, M.,

FERRÁNDEZ-GARCÍA, C.E. Evaluation of the physical and mechanical properties of particleboard made from giant reed (Arundo Donax L.). 2011. **BioResources** 6(1), 477-486.

GATANI, M.P.; FIORELLI, J.; MEDINA, J.C.; ARGUELO, R.; RUIZ, A.; NASCIMENTO, M.F.; SAVASTANO JR., H. Viabilidade técnica de produção e propriedades de painéis de partículas de casca de amendoim. 2013. **Revista Matéria**, 18 (2), 1286-1293.

GÜLLER, C.; OZEN, R. **Some properties of particleboards made from cotton stalks (Gossypium hirsitum L.)**. 2004. HolzRohWerkst 62, 40–43.

KHANJANZADEH, H., BAHMANI, A.A., RAFIGHI, A, TABARSA, T. Utilization of bio-waste cotton (Gossypium hirsutum L.) stalks and underutilized paulownia (paulownia fortunie) in wood-based composite particleboard. **African Journal of Biotechnology***, 11*(31), 8045-8050. 2012.

IRAM 9705: **Tableros derivados de la madera. Determinación de la densidad**. 2001.

IRAM 9706. **Tableros derivados de la madera. Determinación del módulo de elasticidad en flexión y de la resistencia a la flexión**. 2001.

IRAM 9720. **Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación del hinchamiento del espesor después de inmersión en agua**. 1999

IRAM 9723: 2012 - **Tableros de partículas. Requisitos**.

PANYAKAEW, S., FOTIOS, S. **New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse**. 2011. Energy and Buildings, 43, 1732–1739.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN. **Situación del algodón en la Argenti-na - Informe campaña 19/20** - Comité Consultivo Internacional del Algodón. https://icac.org/Content/Event Documents/PdfFilesf65365a1_cdae_46a2_ba9b_45d0295f4137/Argentina-2020_spanish.pdf.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN. **Informe sobre situación actual y perspectivas de la producción algodonera Argentina**. 69° Reunión de CCIA (Comité Consultivo In-ternacional del Algodón); Lubbock, Texas (EE. UU.), 2016.

RAHMAN, W.M.N.W.A., Yatim, A.A.M., Zlan, A.A.M., Kasim, J., Yunus, N.Y.M. **Resin contente & particle size.** BioResources 14 (3), 6079-6087. 2019.

ROFII, M.N.; YUMIGETA, S.; SUZUKI, S.; PRAYITNO, T.A. **Mechanical Properties of Three-Layered Particleboards Made from Different Wood Species**. Actas de 3rd International Symposium of Indonesian Wood Research Society, Aruna Senggigi, Lombok, Indonesia, 152-161. 2021.

VANOLI SCATOLINO, M.; DE PAULA PROTÁSIO, T.; SOUZA, V. M.; LAÍS FARRAPO, C.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; SORATTO, D.; FARINASSI MENDES, T.; MARIN MENDES L. Does the Addition of Cotton Wastes Affect the Properties of Particleboards? **Floresta e Ambiente**; 26(2): e20170300. 2019.

XIANJUN, L., ZHIYONG, C., WINANDY, J.E., BASTA, A.H. **Selected properties of particleboard panels manufactured from rice straws of different geometries**. Bioresource Technology, 101, 4662–4666. 2010.