

Uso de resíduos de madeira para produção de materiais de construção alternativos: uma revisão

Jordana Angélica de Faria¹; Marília Tanure Caram Pereira²; Francisco Carlos Rodrigues¹; Sofia
Araújo Lima Bessa²; Rodrigo Barreto Caldas¹

¹ Mestrado em Engenharia de Estruturas / Escola de Engenharia da UFMG;

² Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável / Escola de Arquitetura da UFMG;

Resumo: Neste artigo, buscou-se revisar as possibilidades de uso dos resíduos de madeira (RM) na produção de materiais para a construção civil. Para tal, foi necessário analisar quais tipos de RM são gerados no Brasil e de que formas as características das espécies podem influenciar diretamente na sua aplicação. Estudou-se a incorporação de resíduos de madeira de duas formas: como serragem e como cinzas. Como serragem, o RM foi usado na fabricação de painéis aglomerados, placas de cimento-madeira, como substituição de agregados miúdos do concreto e em tijolos de solo-cimento. Já na forma de cinza, os RM foram utilizados em pavimentações asfálticas e argamassas. Os RM se mostraram viáveis para uso em todas as aplicações, desde que observadas as características mecânicas do material final, já que o tratamento prévio da madeira e o uso de aceleradores de pega do cimento são necessários nos casos das aplicações estruturais.

Palavras-chave: Resíduos de Madeira, Serragem, Agregados do concreto.

Use of wood waste for the production of alternative building materials

Abstract: This article sought to review the possibilities of using wood waste to produce construction materials. For this, it was necessary to analyze which kinds of wood waste are generated in Brazil and how the characteristics of the species can directly influence on its use. In this study two of the main kinds of waste were prioritized: sawdust and ashes. Like sawdust, the wood waste was used in the manufacture of particleboards, cement wood composites, as a substitute for sand in concrete, and in soil cement bricks. On the other side, like ashes, the wood waste was used in asphalt paving and mortars. The wood waste was considered viable to use in all of these applications, as long as the final material's mechanical features are properly observed, since the previous treatment of the wood and the use of accelerator additives in the setting time of cement are necessary for structural uses.

Keywords: Wood waste, Sawdust, Concrete aggregates.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos indicadores de sustentabilidade é a quantidade de resíduos sólidos gerados por um material, em seu processo de transformação, uso e pós-uso, além da sua capacidade de reutilização e reciclagem. O desperdício de matéria prima, tanto no processo de exploração florestal, quanto no industrial da madeira, traz geração de resíduos, prejudicando o desenvolvimento do manejo florestal sustentável, além da perda econômica para as indústrias, comunidades locais e governo que poderiam estar desenvolvendo produtos com estes resíduos.

A madeira, por ser um material biológico natural, tem características e propriedades

diferentes de acordo com o ambiente em que se desenvolve. Dessa forma, as madeiras são classificadas em grupamentos, que avaliam as características semelhantes, como densidade de massa, resistência mecânica, estabilidade dimensional e durabilidade natural. No Brasil, as madeiras são classificadas comercialmente como madeira não selecionada (toda a tora da madeira aproveitável é comercializada), e madeira de primeira qualidade (parte da madeira que não apresenta defeitos). No primeiro caso, apesar de utilizar o máximo possível do lenho, o comerciante é prejudicado já que o material é vendido com preço único, com defeito ou sem. Já na madeira de primeira qualidade, a madeira é altamente desperdiçada por conta dos cortes que contém as partes defeituosas (ZENID, 2015).

Em 2016, o setor de árvores plantadas gerou cerca de 47,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos. Destas, 33,7 milhões de toneladas (70,5%) foram provenientes das atividades florestais e 14,1 milhões de toneladas (29,5%) foram provenientes de atividades industriais. Ressalta-se que, na atividade florestal, 99,7% de resíduos como casca, galhos e folhas são mantidos no campo em forma de proteção e de adubação do solo. Na atividade industrial, 66,0% dos resíduos vão para geração de energia (nas caldeiras de vapor e eventualmente na geração de energia elétrica) e 25,5% dos resíduos (cavacos, serragem e aparas de papel) são utilizados como matéria-prima por empresas do setor de árvores plantadas (JUNIOR *et al.*, 2017), ainda restando 9% de 47,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos..

2. MÉTODO

Com base em busca bibliográfica nas principais bases de dados nacionais (como Scielo) foram selecionados artigos cujos temas englobassem o aproveitamento dos principais resíduos de madeira encontrados no Brasil e sua utilização em produtos para construção civil, publicados entre 2008 e 2018. Após a leitura dos trabalhos encontrados, fez-se um recorte sobre o uso dos resíduos na forma de serragens e de cinza de madeira. O parâmetro final para a definição dos trabalhos foi a similaridade dos ensaios realizados pelos autores, para que fosse possível comparar os indicadores exibidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, dividiu-se os dois temas principais (resíduos em forma de serragem e resíduos em forma de cinza) em suas principais aplicações. Na Tabela 01, apresentam-se os principais trabalhos encontrados.

Tabela 1. Trabalhos encontrados para os usos dos resíduos e cinzas de madeira em produtos para construção civil. (Fonte: autoria própria).

Tema	Autor (Ano)
01. Produção de painéis aglomerados com resíduos de madeira	Carvalho (2017), Almeida (2012), Macedo (2015), Minini (2017), Weber (2011)
02. Fabricação de placas de cimento-madeira com resíduos de madeira	Garcez et al. (2016), Ribeiro e Vasconcelos (2015), Macedo Souza e Neto (2012), Iwakiri e Lima (2012), Diniane Campos e Valarelli (2014), Santos et al. (2008)
03. Resíduos de madeira como agregado miúdo do concreto	Bijos e Zanatta (2017), Lima e Iwakiri (2014), Kreidlow e Souza (2017), Garcez, Santos e Gatto (2013)
04. Cinza de madeira para pavimentação asfáltica	Bardini (2008), Barros e Melo (2017), Moura (2015)
05 Argamassa produzida contendo cinza de madeira	França (2016), Melo (2012), Pires (2016)

3.1. Produção de painéis aglomerados com resíduos de madeira

A produção de painéis aglomerados está em constante crescimento nos últimos anos, a fim de atender a grande demanda. MDP (Medium Density Particleboard) ou aglomerados são painéis de partícula de madeira de média densidade, feitas com resina sintética por alta temperatura, tempo e pressão controlados.

Em Almeida (2012), avaliou-se as propriedades de painéis aglomerados produzidos com resíduos de serrarias e de 9 espécies de madeiras tropicais da Amazônia. Em Carvalho (2017), avaliou-se o aproveitamento de resíduo de madeira em comparação com painéis de pinus. Em Minini et al. (2017), foi estudado o resíduo de madeira de eucalipto (obtido em serraria) e o adesivo tânico (produto renovável) em painéis aglomerados. Em Weber (2011), foi feito um estudo sobre a viabilidade de uso de resíduos de compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados

Em relação aos valores para os módulos de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR), os valores de Minini (2017) e Weber (2011), apresentam-se muito abaixo dos demais, não atendendo o mínimo exigido, pela EN 312:1993. Em Carvalho (2017), os valores de MOE de pinus foram superiores aos de Jatobá (1116,86), que também ficou abaixo do exigido pela EN 312:1993, porém atendem a norma CS 236-66 (COMERCIAL STANDARD, 1968). Em Almeida (2012), os valores de MOE também superiores ao da norma europeia, de 1600 MPa, assim como os valores de MOR atendem o mínimo. Para os valores de tração perpendicular (ligação interna), em Minini (2017) e Carvalho (2017), o resultado apresentou valores acima do estabelecido pela CS 236-66 (COMERCIAL STANDARD, 1968). Em Weber (2011) e Almeida (2012), os painéis também apresentaram valores superiores para tração perpendicular, estando

em conformidade com a norma europeia EN 312:1993 (mínimo de 0,35 MPa para densidade acima de 0,6 e abaixo de 0,8g.cm³).

3.2. Fabricação de placas de cimento-madeira com resíduos de madeira

Nos estudos de fabricação de placas cimento-madeira com resíduos de madeira, Dinhane, Campos e Valarelli (2014) observaram as propriedades do produto final com resíduos de eucalipto, escória de manganês e o cimento o Portland CP II E 32. Observaram-se que as partículas finas interagem menos com o concreto, o que justifica o fato de a redução da granulometria causar menor densidade da placa final. Da mesma forma, os módulos de elasticidade e de ruptura (MOE e MOR) foram menores nas placas com partículas mais finas. Em Garcez et al. (2016), a madeira utilizada foi a *Pinus Elliottii*. Ocorreu uma redução da massa específica e aparente exibidas no resultado, o que implica em uma diminuição da resistência mecânica, MOE e MOR do compósito. Os dois estudos concluíram que a inclusão de serragem é viável, desde que não tenha finalidade estrutural devido à sua baixa resistência mecânica.

Ribeiro e Vasconcelos (2015) concluíram que a madeira é viável para uso nas granulometrias estudadas para substituir o agregado miúdo (areia) do concreto na proporção entre 2,5% e 7,5%. Iwakiri e Lima (2012) estudaram o acréscimo de cinzas volantes e de escória de alto forno ao compósito cimento-madeira com resíduos de pinus e concluíram a inviabilidade de compósitos cimento-madeira para fins estruturais e, também, verificou-se que o uso do acelerador bem como o pré-tratamento, contribuíram para o aumento da resistência à compressão do compósito. Para o uso de cinzas volantes em 5% e de escória de alto forno a 25% o compósito cimento-madeira apresentou resistência à compressão (após 91 dias de cura) e resistência à tração (após 21 dias de cura) significativamente superiores ao corpo de prova de referência, feito com 100% de cimento Portland, concluindo a viabilidade da utilização.

Santos et al. (2008) trabalharam com resíduos de madeira candeia associada à madeira pinus e/ou eucalipto, com cimento CPV. Observou-se que ocorreu maior absorção de água quando a candeia foi associada ao pinus, o que acarretou em uma menor resistência à compressão. O uso foi considerado viável para a produção, principalmente quando associada aos resíduos de eucalipto, ganhando maiores MOE e resistência à compressão.

3.3. Resíduos de madeira como agregado miúdo do concreto

Bijos e Zanatta (2017) buscaram explicar as principais características físicas e mecânicas da madeira (tais como resistência, variação de volume, condutividade térmica e propriedades acústicas) para averiguar a possibilidade de uso junto ao concreto. Iwakiri e Lima (2014) comprovaram em seus estudos que os resíduos de *Pinus spp.*, quando utilizados substituindo

50% do agregado miúdo mineral do concreto (areia), podem ser utilizados para a fabricação, inclusive, de concreto estrutural. Isso porque, apesar da resistência à compressão diminuir, ela ainda supera o mínimo exigido pelas normas brasileiras. Fora isso, viram que a absorção de água aumenta, mas a condutividade térmica do material diminui, tornando-o interessante para o conforto térmico das edificações. Assim como foi provado na maioria dos estudos, os aceleradores de pega e o tratamento prévio da madeira melhoram consideravelmente o desempenho físico e mecânico do material.

No trabalho de Garcez, Santos e Gatto (2013), utilizou-se a serragem de madeira *Pinus spp.* e o concreto CPIV-32, de forma semelhante ao estudo de Ribeiro e Vasconcelos (2015), substituindo a areia por serragem da madeira em proporções de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Confirmaram os resultados já encontrados nos diversos estudos: quanto maior a porcentagem de serragem, maior a absorção de água do material, menor a sua densidade e menor a sua resistência mecânica. Apesar de enfatizar em seu artigo que o material não poderia ser utilizado para fins estruturais, o estudo de Iwakiri e Lima (2014) sugerem o contrário, desde que a madeira receba pré-tratamento, e que a mistura incorpore um acelerador de pega.

Kreidlow e Souza (2016) também estudaram o concreto com adição de serragem de *Pinus spp.*, porém usaram o cimento CII-F-32. Apesar dos diferentes materiais, os resultados obtidos foram semelhantes: a resistência à compressão do concreto diminuiu devido ao aumento da absorção de água e dos vazios no concreto. Além disso, os autores frisaram a importância de utilizar aditivos e compressão mecânica para viabilizar o uso estrutural do concreto com serragem de madeira.

3.4. Cinza de madeira para pavimentação asfáltica

Com o grande aumento das indústrias que utilizam caldeiras, como fonte principal de energia, aumenta-se a extração de madeira, para servir como combustível. A consequência desse processo é a geração de cinzas, destinadas, principalmente, para produção de energia, adubagem ou depositadas no meio ambiente de forma inadequada.

Um dos estudos atuais para a utilização do resíduo cinza de madeira é utilizá-lo como filer em misturas asfálticas. Em Moura et al. (2015), foi avaliado a incorporação da cinza da Algaroba, gerada pela sua queima como fonte de energia para alguns segmentos industriais do agreste pernambucano, como filer em concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ). Para isso, o estudo se baseou na caracterização dos materiais, na avaliação da interação da cinza dentro da faixa granulométrica e na avaliação das propriedades mecânicas e de adesividade do concreto betuminoso com incorporação de cinza de Algaroba.

Em Bardini, (2008), utilizou-se a cinza de madeira de pinus, proveniente da fabricação de MDF, além das dosagens Marshall, o que apontaram que misturas entre 3,5% e 6% do resíduo possuem teor ótimo de ligante e, apesar, dos resultados indicarem uma piora de características, os valores obtidos ainda se situam, na maioria dos casos, acima dos limites estabelecidos pelas normas técnicas. Em Barros e Mello (2017), utilizou-se cinza da queima de pinus no concreto asfáltico flexível. Os resultados chegaram no teor ótimo entre 5,7% e 6,3%, de acordo com as características Marshall, ficando dentro dos parâmetros exigidos. Entretanto, observa-se que não ocorreu melhorias na mistura asfáltica com o uso do resíduo, necessitando, ainda de maior consumo de CAP, tornando sua utilização economicamente inviável.

3.5. Argamassa produzida contendo cinza de madeira

As cinzas minerais possuem grande potencial para serem adicionadas a concretos e argamassas em substituição parcial do cimento, pois possui em sua composição química, os principais componentes do clínquer. Em Pires (2016), foram desenvolvidas argamassas com substituição parcial do cimento Portland por cinzas de algaroba. A argamassa produzida foi para assentamento e o cimento Portland foi substituído em 5%, 10% e 20% pela cinza. Os resultados permitiram identificar que é possível a substituição parcial em 5% e 10%, sendo que as argamassas com teores de 5% preservam as propriedades compatíveis com as argamassas de referência (sem cinza).

Em França (2016), foi utilizada cinza residual de eucalipto no estudo, em substituição ao cimento, nos teores de 0, 10, 20 e 30%. Foram feitas avaliações de determinação da reatividade devido à RAA (reação álcalis-agregado) da cinza de eucalipto e, após a produção das argamassas, avaliou-se o seu desempenho (densidade de massa, teor de ar incorporado e índice de retenção de água), e avaliação reológica. Notou-se que a cinza de eucalipto possui características físicas adequadas para adição, pois suas partículas são menores que as do cimento; a elevada área superficial e seu teor de álcalis superior ao do cimento contribuem para o aumento na reação álcalis-agregado; e devido ao fato de as cinzas apresentarem área superficial específica maior que o cimento, demandando maior quantidade de água para o molhamento, argamassas que a contenham apresentaram menor trabalhabilidade inicial.

Da mesma forma, em Melo (2012), foi utilizada cinza residual de lenha de algaroba, para dois tipos de argamassas: revestimento final (reboco) e de alvenarias de tijolo cerâmico. A cinza substituiu o cimento Portland em 5%, 7%, 10%, 12% e 15% de volume e, diante dos resultados, o teor de 5%, apenas para testes peneirados (e não para testes peneirados e moídos), nos dois tipos de argamassa, é possível substituir o cimento Portland.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização deste trabalho, notou-se o grande potencial que a serragem possui para fabricação de painéis e de placas. Ainda é necessário a realização de mais estudos para padronizar estas produções e encontrar propriedades mais alinhadas com as exigidas das normas e dos usuários. Em relação à cinza de madeira, novos estudos devem ser feitos utilizando outras porcentagens de resíduo, além de estudos de cunho ambiental, como por exemplo lixiviação e avaliar o potencial de poluição do resíduo. É necessário que novos estudos verifiquem o comportamento de outras cinzas, como as de serragem ou as de resíduos de construção civil (pedaços de madeira descartados).

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V. C. et al. Avaliação das propriedades de painéis aglomerados produzidos com resíduos de serrarias de nove espécies de madeiras tropicais da Amazônia. 2012.

BARDINI, V. S. S. Estudo da viabilidade técnica da utilização de cinzas da queima da casca de pinus em obras de pavimentação asfáltica. Dissertação Mestrado- São Carlos, 2008.

BARROS, E. T.; MELLO, M. A. S. Estudo da viabilidade mecânica da adição da cinza proveniente da queima de pinus no concreto asfáltico flexível. Ignis, Caçador, p. 113- 133. 2017

BIJOS, A. P.; ZANATTA, L. A. Resíduo de madeira: caracterização e aplicabilidade junto ao concreto. Revista Científica da UNESC, Santa Caratina, v. 15, n. 1, 2017.

CARVALHO, K. M. et al. Aproveitamento de Resíduo de Madeira de *Hymenaea courbaril* Para Produção de Painéis Aglomerados Convencionais em Comparação com Painéis de *Pinus oocarpa*. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer. Goiânia, v.14 n.25; p.127. 2017.

COMMERCIAL STANDARD. Mat formed wood particleboard. CS 236-66. In: Book of Commercial Standards. Wallingford, 1968.

DINHANE, F.C.; CAMPOS, R. C. I.; VALARELLI, I. D. Utilização de resíduos de madeira na confecção de compósito cimentício. III Workshop do PGR em Gestão de Resíduos da UNESP: o uso de ferramentas de gestão na Universidade. Archives of Health Investigation, Araçatuba, São Paulo, v.3, n. 2, p. 26-29, 2014.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Norma EN 312. Particleboard - Specifications. Bruxelas. 1993.

FRANÇA, et al. Avaliação da reologia, da RAA e das propriedades de argamassas no estado fresco utilizando cinza de eucalipto como substituição parcial ao cimento Portland. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 153-166, jul./set. 2016.

GARCEZ, M. R. et al. Propriedades físicas de compósitos cimento-madeira com serragem de *Pinus elliottii* tratada. Revista Ciência da Madeira, Rio grande do Sul, v.7, n. 2, p 70-80, out, 2016.

GARCEZ, M. R.; SANTOS, T.; GATTO, D. A. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos pré-moldados com adição de serragem em substituição ao agregado miúdo. *Revista Ciência & Engenharia*, Rio Grande do Sul, v.22, n. 2, p. 95-104., dez, 2013.

IWAKIRI, S.; LIMA, A. J. M. Utilização de resíduos de madeira de *Pinus spp.* cinza volante e escória de alto forno em compósitos cimento-madeira. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 42, n. 3, p 639-650, jul./set. 2012.

JUNIOR, M. A. L. et al. O Contexto Brasileiro e as Oportunidades de Aproveitamento de Resíduos de Madeira. *Revista Saúde e Meio Ambiente - RESMA*, Três Lagoas, v. 5, n.3, pp. 24-40, agosto/dezembro 2017.

KREIDLOW, K.; SOUZA, M. A. Utilização de resíduo de madeira pinus como agregado para produção de blocos de concreto. *Ignis*, Caçador, v.6, n.2, p. 35-46, maio/ago. 2017.

LIMA, A. J. M.; IWAKIRI S. Utilização de resíduos de madeira de *Pinus spp.* como substituição ao agregado miúdo na produção de blocos de concreto para alvenaria estrutural. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 223-235, jan./mar., 2014

MACÊDO, A. N.; SOUZA, A. A. C. NETO, B. B. P. Chapas de cimento madeira com resíduos da indústria madeireira da Região Amazônica. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 131-150, abr./jun. 2012.

MACEDO, L B. et al. Propriedades físicas de painéis aglomerados de madeira produzidos com adição de película de polipropileno biorientado. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online]. vol.19, n.7, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p674-679>>

MELO, F. C. A. C. Análise de argamassas com substituição parcial do cimento Portland por cinza residual de lenha de algaroba. *Dissertação Mestrado Natal*, 2012.

MININI, D. et al. Resíduo de Madeira de Eucalipto e Adesivo Tânico em Painéis Aglomerados. *Ciência da Madeira*. p. 101-113, 2017.

MOURA, L. S.; et al. Incorporação de cinzas de algaroba geradas no APL de confecções do agreste pernambucano em concreto betuminoso usinado a quente - CBUQ. In: 44ª RAPv - Reunião Anual de Pavimentação e 18º ENACOR - Encontro Nacional de Conservação Rodoviária. Foz do Iguaçu, Caruaru, 2015.

PIRES, D. R. Desenvolvimento de argamassas com substituição parcial do cimento Portland por cinzas de algaroba geradas do APL (arranjo produtivo local) de confecções pernambucano. *Dissertação Mestrado Caruaru*, 2016.

RIBEIRO, U. G.; VASCONCELOS, R. P. Compósitos cimentícios produzidos com resíduos da indústria madeireira de porto velho. II Encontro de Ciência e Tecnologia. *Revista Farociência*, Porto Velho, v. 2, n. 2, jul./dez. 2015.

SANTOS et al. Aproveitamento de resíduos da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*) para painéis cimento madeira. *Cerne*, Lavras, v. 14, n. 3, p. 241-250, jul./set. 2008

WEBER, C. Estudo Sobre Viabilidade de Uso de Resíduos de Compensados MDF e MDP para Produção de Painéis Aglomerados. Curitiba, 2011.

ZENID, G. J. Madeira na Construção Civil. 2015. Disponível em: <<<http://www.estruturas.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/02/MADEIRA-NA-CONSTRUÇÃO-CIVI.pdf>>> Acesso em: 8 nov. 2018.