

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA E FIBRAS DE SISAL PARA FABRICAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER

Léo C. O. Pereira – leocesaroliveira@hotmail.com

Universidade Federal do Pará – ITEC – Faculdade de Engenharia Mecânica
Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá
66075-110 - Belém - Pará

Rafael Takahashi – takahashirafael@hotmail.com

Rômulo V. V. Filho – romulovila@yahoo.com.br

Dênio R. C. de Oliveira – denio@ufpa.br

Roberto T Fujiyama – fujiyama@ufpa.br

Resumo: Neste trabalho, foi realizada a caracterização física e mecânica de materiais provenientes da região norte do país. Sabendo que os resíduos gerados pela indústria madeireira e as fontes de extração de fibra são bastante abundantes nessa região uma das saídas para o reaproveitamento de bens descartados por esse tipo de indústria é, de fato, a produção de materiais compósitos. Para que isto ocorra se torna indispensável caracterizar cada componente separadamente. Isto foi feito de acordo com a massa específica aparente, teor de umidade e no caso da madeira pela granulometria. Atualmente está sendo desenvolvido o compósito de matriz polimérica reforçado com fibra de sisal, com resíduos de madeira e se destaca a possível confecção do compósito híbrido (fibra de sisal/resíduos de madeira) que gera expectativa de bons resultados.

Palavras-chave: Resíduos de madeira, Fibra de sisal, Caracterização, Maçaranduba.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento crescente da produção mundial de produtos industrializados, a reciclagem de materiais tornou-se uma das mais importantes atividades de controle ambiental agregando valores econômicos e desenvolvimento tecnológico (ARAÚJO, 2001). A reciclagem e o reaproveitamento de materiais são formas adequadas de minimizar o problema do lixo, trazendo grandes benefícios às comunidades, incluindo a proteção da saúde pública.

A geração de resíduos no setor madeireiro é inevitável e constitui um grave inconveniente. Dentre os resíduos, o pó-de-lixo e a serragem merecem especial atenção por serem materiais de baixa densidade, exigindo grande espaço para a estocagem, além do pó-de-lixo ser um material altamente explosivo. Apesar de poder ser utilizado como

combustível para caldeiras apresenta certas restrições, pois pode danificar a estrutura interna da caldeira reduzindo sua vida útil.

Assim sendo, o presente trabalho busca utilizar matérias da região, como por exemplo, as fibras vegetais as quais podem ser encontradas abundantemente na região Norte, além de encontrar alternativas para a utilização dos resíduos gerados pela indústria madeireira através do aproveitamento deste material como matéria-prima para a produção de novos produtos, por exemplo, o compósito plástico-madeira.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Resíduos de madeira

A madeira é um dos mais importantes recursos naturais utilizados pelo homem e é um dos poucos que é renovável. Sua presença é importantíssima em nosso dia-a-dia e em nossa economia, seja na forma de material estrutural na construção civil ou na indústria moveleira, como papel, combustível ou mesmo como matéria-prima na indústria química.

A utilização de resíduos contribui para diminuir o impacto ambiental. Quando fica ao relento, a sua decomposição provoca o lançamento do gás metano na atmosfera, que é um dos piores causadores do efeito estufa.

Os resíduos sólidos oriundos da indústria madeireira, formados basicamente por serragem, têm sido aproveitados na mistura com diferentes polímeros como objetivos de se fabricar um novo material com aplicações no setor de móveis, na indústria da construção civil e outros setores.

Coutinho et al. (1999) afirmam que o aproveitamento da madeira está ligado ao manejo, ao sistema de corte e extração, à tecnologia do processamento primário e à capacitação e treinamento de mão-de-obra, sendo que na Amazônia, o desperdício é considerado elevado, causando impactos decorrentes dos resíduos gerados, pelo baixo rendimento da matéria-prima.

Embora a destinação final dos plásticos represente uma das grandes preocupações da sociedade atual, outras atividades como a madeireira também vem afetando o equilíbrio do meio ambiente pelo grande volume de resíduos gerados.

Portanto, a produção de produtos de maior valor agregado (PMVA), dentre eles os compósitos polímero-madeira, permitirá o aproveitamento das sobras, descartes e resíduos o que, diante de um quadro de escassez de matéria-prima, é uma das capacitações em que as empresas deverão concentrar algum investimento.

Para Fontes (1994), o extinto IBDF (1998), (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal) e a Universidade Federal do Paraná, citados em (NASCIMENTO et al., 2006), os resíduos podem ser classificados em três tipos distintos:

Serragem: Resíduo originado da operação de serras, encontrado em todos os tipos de indústrias, à exceção das laminadoras.

Cepilho: Conhecido também por maravalha, resíduo gerado pelas plainas nas instalações de serraria/beneficiamento e beneficiadora (indústrias que adquirem a madeira já transformada e a processam em componentes para imóveis, esquadrias, pisos, forros, etc.).

Lenha: Resíduo de maiores dimensões, gerado em todos os tipos de indústrias, composto por costaneiras, aparas, refiles, resíduos de topo de tora, restos de lâminas.

Os resíduos acima citados são provenientes do processamento da madeira bruta, em forma de toras. Outros resíduos são gerados a partir do beneficiamento da madeira já serrada, sendo um dos mais importantes o pó de lixadeira, que vem sendo estudado por diversos pesquisadores, dentre os quais, (YAMAJI, 2004) que propôs sua aplicação em compósitos poliméricos.

Maçaranduba

Maçaranduba é o nome comum a diversas espécies de árvores brasileiras, pertencentes ao gênero *Mimusops*, da família das *sapotaceas*. Suas espécies mais conhecidas são: Maçaranduba Elata, do Rio de Janeiro; Huberi, do Pará; M. Rufula, do Ceará.

Manilkara huberi, popularmente conhecida como maçaranduba é uma espécie amazônica intensamente explorada, cujas árvores podem atingir até 50m de altura. Ocorre na Amazônia Brasileira, do Pará ao Amazonas, nas matas de terra firme e de várzeas pouco inundáveis; é a maior, mais procurada e de mais ampla dispersão das maçarandubas amazônicas, fornecendo quase a totalidade da madeira exportada por Belém.

Manilkara huberi é a espécie do gênero mais valorizada devido sua madeira de cor vermelho-escuro, muito pesada, dura e homogênea, que se destaca por sua resistência à umidade.

A madeira de maçaranduba, por ser muito pesada, de resistência mecânica alta e ter boa durabilidade natural, é indicada para construção de estruturas externas, dormentes, postes, estacas, cruzetas etc. Na construção civil é utilizada como: vigas, caibros, tábuas e tacos para assoalhos.

2.2 Fibras vegetais

As fibras vegetais são classificadas de acordo com a sua origem e podem ser agrupadas em fibras de semente (algodão), fibras de caule (juta, linho, cânhamo), fibras de folhas (bananeira, sisal, piaçava, curauá, abacá, henequém), fibras de fruto (côco) e fibras de raiz (zacatão). As fibras oriundas do caule e das folhas são chamadas de fibras duras e são mais utilizadas como reforço em compósitos poliméricos (SILVA, 2003).

De forma sucinta, podemos enumerar as principais vantagens das fibras vegetais, que são as seguintes: a massa específica; maciez e abrasividade reduzida; recicláveis, não tóxicas e biodegradáveis; baixo custo; estimulam o emprego na zona rural e baixo consumo na energia de produção. Já entre as desvantagens podemos citar: acentuada variabilidade nas propriedades mecânicas e baixa estabilidade dimensional; alta sensibilidade a efeitos ambientais, tais como variação de temperatura e umidade; as de origem vegetal sofrem significativa influência referente ao solo, época da colheita, ao

processamento após a colheita e à localização relativa no corpo da planta; baixas temperaturas de processamento, isto é, não toleram mais que 200°C durante a consolidação no interior da matriz de um compósito (LEVY NETO;PARDINI, 2006). Outras desvantagens são a falta de uniformidade de propriedades, que dependem da origem das fibras, da região do plantio e da habilidade manual durante a colheita e a alta absorção de umidade, que pode causar inchaço das fibras. A absorção de umidade pode ser drasticamente reduzida pela modificação química das fibras e pela boa adesão na interface matriz/fibra.

3 MATERIAIS E METODOS

3.1 Materiais

Resíduos de madeira

Os resíduos de madeira maçaranduba utilizados neste trabalho para a fabricação do material compósito, foram obtidos no pátio de uma indústria madeireira (serraria) localizada na zona rural da cidade de Benevides-PA. Este resíduo é proveniente do processo de beneficiamento da madeira através da ação de lixamento, e foi recolhido imediatamente após o mesmo, com o intuito de garantir uniformidade (em relação à espécie).

Fibras de sisal

As fibras de sisal utilizadas na confecção do material compósito foram obtidas no comércio da cidade de Belém-PA, e foram cortadas no comprimento de 10 mm. As fibras foram utilizadas na forma como adquiridas, sem tratamento superficial e em condições ambientais. Os comprimentos desejados foram obtidos através do corte manual (com tesoura) a partir de feixes de fibras.

3.2 Metodologia

Caracterização dos resíduos de madeira

Os resíduos de madeira foram caracterizados quanto a suas granulometria, seu teor de umidade e massa específica aparente.

A granulometria das partículas foi determinada de acordo com os procedimentos descritos na norma ASTM D 1545:2001. Os resíduos foram submetidos a peneiramento em conjunto de peneiras padronizado, equipado com peneiras de Mesh's 20, 40, 60, 100 e mais a bandeja coletora. A amostra permaneceu sobre vibração mecânica por um período de 20 minutos a uma frequência de 1,5 Hz. De posse do valor de massas retidas em cada peneira, foi determinado o diâmetro médio representativo da amostra.

A determinação do teor de umidade foi realizada pelo método direto de acordo com os procedimentos descritos na norma ASTM D3030: 1995. O procedimento consiste em submeter a amostra à secagem convectiva a 105°C com circulação de ar, até que a massa torne-se constante. De modo que ao fim apresente-se um gráfico de curva de perda de umidade, ou seja, demonstrar o comportamento do material que fora submetido a secagem por um determinado período de tempo, esse processo foi realizado em seis amostras, medindo-se a umidade perdida em intervalos de tempo pré-determinados. Os intervalos foram definidos em 10min., 20min., 30min., 2h, 3h, 4h, 7h, 10h e 24h,

contados a partir do momento em que as amostras foram colocadas na estufa de secagem.

Os resíduos de Maçaranduba foram caracterizados também quanto a sua massa específica aparente. A massa específica aparente de um pó é a relação da massa por unidade de volume do mesmo em um estado não compactado (RODOLFO JR., 2005). Neste trabalho a massa específica aparente foi determinada seguindo o processo descrito por YAMAJI; BONDUELLE (2004), que consiste em determinar a densidade aparente por meio de relação massa/volume utilizando um Becker contendo uma quantidade de massa conhecida.

Além da caracterização granulométrica, umidade e massa específica aparente, os resíduos de madeira também tiveram sua geometria avaliada através de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Caracterização das fibras de Sisal

Para este trabalho as fibras de sisal foram caracterizadas quanto a sua resistência a tração, alongamento, teor de umidade e densidade.

Os ensaios de resistência a tração foram realizados no laboratório de engenharia química (LEQ), utilizando-se uma máquina de ensaio de tração específica para este tipo de procedimento.

Foram ensaiadas 50 amostras da chamada fibra técnica, para se obter maior confiabilidade nos resultados.

O teor de umidade de sisal foi determinado de forma análoga ao realizado para os resíduos de madeira. Foram secadas seis (6) amostras contendo fibras de sisal, por um período de 24h a uma temperatura de 105°C, monitorando-se o decréscimo da massa em função do tempo e em intervalos pré-determinados.

Para o valor da massa específica das fibras de sisal, utilizou-se o valor admitido por (RODRIGUES 2008), onde o mesmo adotou uma média de valores encontrados por vários autores.

Destes valores, definiu-se o valor médio para a massa específica da fibra de sisal em 1,48 g/cm³.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização dos Resíduos de Madeira

A Tabela 1 apresenta a distribuição granulométrica do pó de lixadeira da madeira.

Tabela 1: Distribuição granulométrica dos resíduos de madeira.

Peneiras (Mesh)	Abertura (mm)	Massa Retida(g)	Massa Retida (%)
20	0,85	13,8592	22,63
40	0,425	22,182	36,22
60	0,25	10,7472	17,55
100	0,15	7,4074	12,09
Bandeja Cega	0	7,0494	11,51

Como demonstrado na Tabela 1, o diâmetro médio representativo total de toda a amostra peneirada foi de 0,24mm e a maior parte dos resíduos ficaram retidos nas peneiras de mesh 20 e 40. Logo abaixo se encontra resultados gráficos do processo de peneiramento, Figura 1.

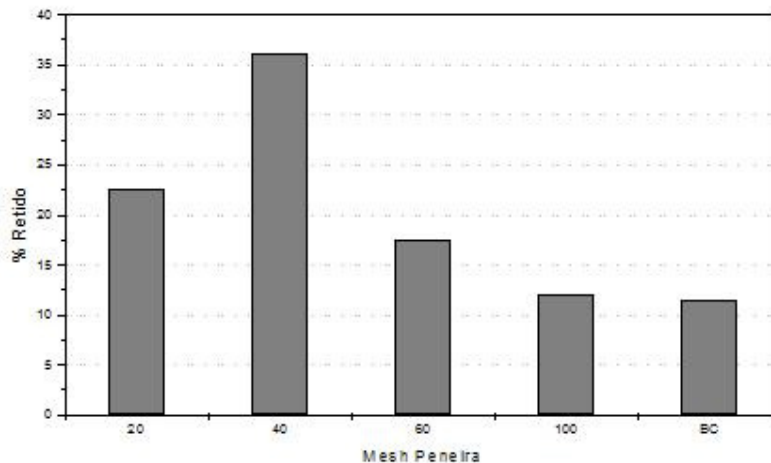


Figura 1: Histograma de distribuição granulométrica do pó de Maçaranduba.

A densidade aparente do pó de Maçaranduba foi determinada pela relação massa/volume de 3 amostras no estado não compactado. O resultado obtido foi de $0,23\text{g/cm}^3$.

O teor de umidade do pó de Maçaranduba foi determinado pela secagem de 6 amostras do resíduo a 105°C por 24 horas.

Foi levantada a curva de perda de umidade em função do tempo para estas amostras, pesando-se as mesmas em intervalos de tempo pré-determinados. O gráfico demonstrado na figura 2 demonstra a curva de umidade da amostra versus tempo de secagem para os primeiros 120 minutos de ensaio. A partir deste ponto a curva se manteve praticamente constante até o término do ensaio.

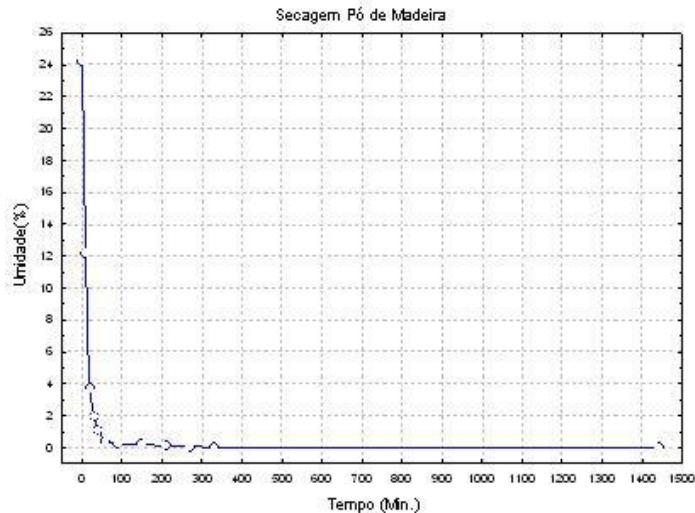


Figura 2: Curva de secagem da madeira maçaranduba.

ROWELL (2006) e FERRIGNO apud RODOLFO JR. (2005) em (RODRIGUES, 2008) diferenciam fibras de partículas conceituando fibras como componentes que apresentam uma razão de aspecto, relação entre a maior e menor dimensão do resíduo, maior que dez. Avaliando-se visualmente as micrografias pode-se constatar a heterogeneidade da amostra, confirmando o que foi observado nos ensaios de peneiramento. Na Figura 3 amostra apresenta uma grande variação na razão de aspecto entre as partículas, não se caracterizando propriamente como um pó, mas também longe de poder ser considerado como fibra. A partir desta análise, convencionou-se classificar ao longo de todo este trabalho os resíduos de madeira como pó.

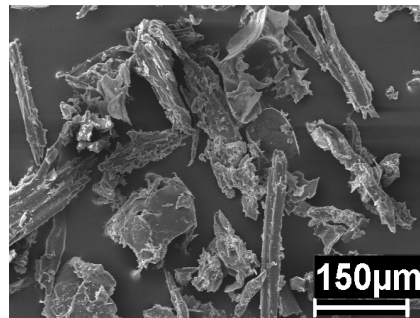


Figura 3: Microscopia eletrônica de varredura dos resíduos de madeira. Maçaranduba na forma de pó de lixadeira com aumento de 100x.

4.2 Caracterização das Fibras de Sisal

As fibras de sisal (fibra técnica), que na verdade são constituídas por diversas fibras elementares ligadas entre si, foram caracterizadas quanto à sua resistência à tração, alongamento e umidade. A Tabela 2 ilustra os resultados. As fibras foram caracterizadas e utilizadas na produção dos compósitos da forma como foram recebidas, sem tratamento superficial, ou seja, *in natura*. Segundo RODRIGUES (2008), as propriedades em tração nas fibras de sisal foram encontradas admitindo-as com sessão circular.

Tabela 2: Resultados de resistência a tração e alongamento das fibras de sisal.

Resistência a tração (MPa)	Alongamento (%)
Média (Desvio)	Média (Desvio)
304,55 ($\pm 115,73$)	5,80 ($\pm 1,97$)

A secagem das fibras de sisal foi feita de maneira análoga à secagem, dos resíduos de madeira, onde foram secadas seis (6) amostras contendo fibras de sisal, por um período de 24h a uma temperatura de 105°C, monitorando-se o decréscimo da massa em função do tempo e em intervalos pré-determinados. A curva da perda de umidade em função do tempo, ilustrada na Figura 4 mostra que as fibras de sisal perderam umidade mais rapidamente que os resíduos de madeira, com a curva praticamente alcançando estabilidade a partir dos 60 minutos de ensaio.

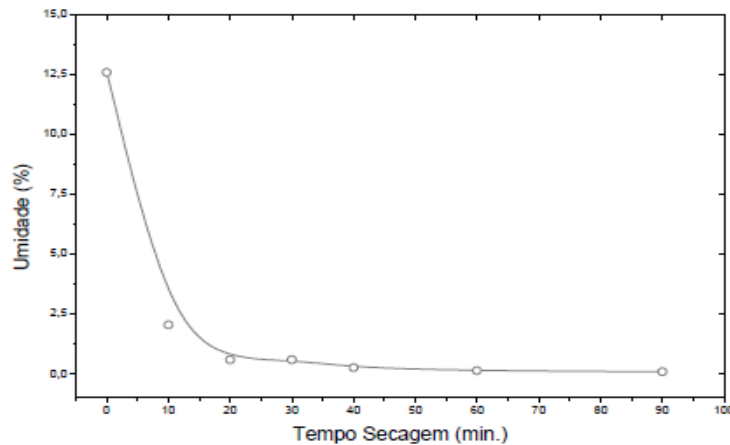


Figura 4: Curva de secagem para fibras de sisal

5 CONCLUSÕES

Com valores obtidos nestas caracterizações é constatado que as fibras de sisal apresentam potencial para serem empregadas na fabricação de compósitos poliméricos. As fibras de sisal possuem características e propriedades mecânicas, físicas e microestruturais semelhantes a outras fibras vegetais que tradicionalmente são utilizadas na fabricação de compósitos, como, as fibras de juta e malva

As fibras de sisal são encontradas em abundância na região norte, possuem boa produtividade na extração, e conferem uma certa rentabilidade aos ribeirinhos da região.

Já a maçaranduba demonstrou uma possibilidade de reaproveitamento dos resíduos de madeira, e uma boa aplicabilidade a área de materiais compósitos. O que dependendo, principalmente, da granulometria ou dimensão da partícula a ser trabalhada deverá render um bom resultado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ e ao Instituto de Tecnologia Galileu da Amazônia – ITEGAM.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, E.M.; MELO, T.J.A.; CARVALHO, L. H.; ALVES, K. G. B.; CARVALHO, R. S.; ARAÚJO, K. D.; SOUSA, T. L. F.; SANTOS, J. P. **Aproveitamento de Resíduos de Fibra de Vidro Provenientes de Indústrias da Paraíba na Produção de Compósitos**. Anais do I Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, Paraíba, 2001.

RODRIGUES, Jean da Silva. **“Comportamento de material compósito de matriz poliéster reforçado por sistema híbrido fibras naturais e resíduos da indústria madeireira”**. Dissertação de mestrado. UFPA, Fevereiro-2008.

COUTINHO, L.; SILVA, A. L. G. da; SANTOS, R. M. dos; PAMPLONA, T.; FERREIRA, M. J. B. **Design como fator de competitividade na indústria moveleira**. Campinas: SEBRAE/FINEP/ABIMÓVEL/FECAMP/UNICAMP/IE/NEIT, 1999.

NASCIMENTO, S. M., DUTRA, R. I. J. P., NUMAZAWA, S. **“Resíduos de indústria madeireira: Caracterização, conseqüências sobre o meio ambiente e opções de uso”**. HOLOS Environment, v.6 n.1, 2006.

YAMAJI, F. M.; BONDUELLE, A. **Utilização da serragem na produção de compósitos plástico-madeira**. Revista Floresta, Curitiba, n. 34, p. 59-66, abr. 2004.

SILVA, R. V. **Compósito de Resina Poliuretano Derivada de Óleo de Mamona e Fibras Vegetais**. 2003. 157 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

LEVY NETO, F.; PARDINI, L. C. **Compósitos estruturais: ciência e tecnologia**. São Paulo: Edgar Blucher, 2006.

RODOLFO JR., A. **Estudo da Processibilidade e das Propriedades de PVC Reforçado com Resíduos de Pinus**. 2005. 247 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ROWELL, R. M. **Advances and challenges of Wood polymer composites**. In: Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, 8., 2006, Kuala Lumpur. Proceedings... Kepong: Forest Research Institute Malaysia, 2006.

WASTE WOOD AND FIBER SISAL CHARACTERIZATION FOR MANUFACTURE OF POLYESTER MATRIX COMPOSITE MATERIALS

Abstract: *In this study, we characterize the physics and mechanics of materials from the region north of the country. Knowing that the waste generated by the timber industry and fiber extraction are quite abundant in this region, one of the solutions to the recycling of discarded property for this type of industry is, in fact, the production of composite materials. For this to happen becomes essential to characterize each component separately. This was done according to the bulk density, moisture content and in the case of the wood grain. Currently being developed for polymer matrix composites reinforced with sisal fiber, with waste wood and stands out the possible construction of the hybrid composite (sisal fiber / wood waste) that generates expectations of good results.*

Keywords: *Wood waste, Characterization, Massaranduba, Sisal fiber.*