

## Desenvolvimento de um novo material produzido com resíduo de madeira e de bananeira

Karla Hikari Akutagawa, Celia Kimie Matsuda, Jeferson Rafael Bueno, Nabi Assad Filho

**Resumo:** Na atualidade, a utilização dos resíduos agrícolas e/ou agroindustriais e da indústria madeireira estão ganhando cada vez mais espaço no mercado, pois os resíduos são matérias primas de baixo custo e ainda favorecem os efeitos de degradação ambiental. O presente estudo teve como objetivo desenvolver amostras com resíduos da madeira (serragem) com o da bananeira, visto que dificilmente deixarão de existir e, nesse caso, é necessário desenvolver formas de reutilizá-los. A sua produção é viável para diversas finalidades como por exemplo, para o acondicionamento como placa para encostas, onde há riscos de desabamento, e também pode ser utilizado para revestimento interno de construções. O material obtido é uma forma inovadora de sustentabilidade, dando uma finalidade correta para os resíduos gerados pela agroindústria e a indústria madeireira, assim também atendendo as exigências do mercado, portanto os resultados foram satisfatórios de acordo com os ensaios realizados pela pesquisa.

**Palavras chave:** Resíduos, Sustentabilidade, Agroindústria.

## Development of a new material produced with wood and banana residue

**Abstract:** Nowadays, the use of agricultural and/or agro-industrial waste and the timber industry, are increasingly gaining space in the market, because the residues are raw materials of low cost and still favor the effects of environmental degradation. The present study aims to develop samples with wood residues (sawdust) with that of the banana tree, since they will hardly cease to exist, and in this case, it is necessary to develop ways to reuse them. Its production is feasible for various purposes, for example, for wrapping as a plate for slopes, where there are risks of collapse, and can also be used for internal coating of constructions. The material obtained is an innovative form of sustainability, giving a correct purpose for the residues generated by agroindustry and the timber industry, thus also meeting the market requirements, therefore the results were satisfactory according to the test performed by the research.

**Key-words:** Waste, Sustainability, Agroindustry.

### 1. Introdução

Os problemas de âmbito social e ambiental são debatidos constantemente devido à grande quantidade de rejeitos originados da disposição inadequada e dos processos industriais (BATTISTELLE; MARCILIO; LAHR, 2009).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira Registrada (NBR) 10.004/2004, define os resíduos sólidos como:

“Resíduos nos estados sólido e semissólido, aqueles que resultam de atividades de origem: industrial, domiciliar, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem

como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível” (ABNT, 2004).

A Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos define resíduos sólidos:

“Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem resultante de atividade humana em sociedade, cuja a destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviável em face da melhor tecnologia disponível “(MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010).

Há uma atenção para a minimização ou reuso de resíduos e ao estabelecimento de novos usos de produtos e subprodutos gerados da agroindústria em substituição aos recursos não renováveis. Em virtude disso, química limpa, a química verde, química ambientalmente benigna, ou química autossustentável, encontra-se presente em países com indústria química bastante desenvolvida e que apresentam controle rigoroso na emissão de poluentes (LEISTRITZ *et al.*, 2007).

No Brasil a quantidade de resíduos gerados anualmente pela agroindústria é grande. No entanto, apenas uma parcela desses resíduos é reaproveitada, visando o âmbito social, ambiental e econômico (TUOTO, 2009).

A indústria madeireira no Brasil gera aproximadamente 60 milhões de toneladas de resíduos, ou seja, o processo de transformação de uma tora de madeira, são aproveitados 40% a 60% do seu volume, ou seja, 2/3 das árvores exploradas se convertem em serragem e somente 1/3 é destinada ao produto final. Esses dados mostram que há um alto índice de desperdício e esses resíduos em sua maioria são manuseados de forma inadequada (MAROZZI, 2012).

Sendo um dos principais resíduos da indústria madeireira, a serragem representa 12% do volume total da matéria-prima (CASSILHA *et al.*, 2003).

Devido a fatores de sustentabilidade e impactos sobre a economia, o cotidiano das pessoas e o meio ambiente, há a necessidade da busca por novos materiais para atender a demanda da sociedade. São realizadas pesquisas para substituição ou incorporação de novos materiais, como a utilização de fibras naturais na fabricação de compósitos. As fibras vegetais são degradáveis, renováveis e não apresentam riscos à saúde humana. No entanto, são mais difíceis de misturar com alguns materiais poliméricos convencionais, devido a sua interação molecular. Uma das soluções para esse problema é o uso da nanotecnologia (KAMEL, 2007).

De acordo com a FAO (2018), estima-se que 18,1 milhões de toneladas de bananas foram exportadas no mundo em 2017, sendo o Brasil o quarto maior produtor de banana no mundo. No ano de 2016, a banana rendeu no mercado interno R\$ 14 bilhões (GOMES, 2017).

De acordo com o IBGE (2018) a safra de 2017 produziu 14.763 toneladas de bananas, com um rendimento médio em kg por hm<sup>2</sup> no Brasil.

De acordo com Soffner (2001), o cultivo da banana gera uma quantidade significativa de resíduos, estima-se em torno de 200 toneladas por ano. Cada planta produz de um a cinco

cachos de bananas, assim levando em consideração o volume, os resíduos mais significativos são as folhas, pseudocaule e engaço. O engaço e as folhas, que normalmente são incorporados ao solo, como cobertura morta para evitar a erosão e manter a umidade, controle de ervas daninhas e fonte de nutrientes. No entanto, caso não haja um controle ou manejo correto, os mesmos podem provocar o desenvolvimento de organismos biodeterioradores ou atraírem animais peçonhentos.

O cultivo da banana possui um ciclo de vida bastante curto, conseqüentemente produz uma grande quantidade de resíduos. É estimado que para uma tonelada de banana, são produzidos, aproximadamente, 4 toneladas de resíduo, ou seja, o pseudocaule da bananeira é um dos mais significantes, seu peso, representando cerca de 75% do peso total de resíduos gerados neste tipo de cultura (Fernandes et al., 2011).

O pseudocaule de bananeira é um material lignocelulósico e seu reuso tem direcionado diversas pesquisas como produção de biogás, papel e polímeros reforçados (VASCONCELOS et al., 2013).

Neste contexto, o objetivo deste artigo é desenvolver amostras com resíduos da madeira (serragem) com o da bananeira.

## 2. Procedimentos para a confecção dos corpos de prova

Os corpos de prova foram confeccionados no Laboratório de Química Aplicada (LQA), da Universidade Estadual do Paraná – Campus de Campo Mourão. E os ensaios de compressão axial foram realizados no Laboratório de Estruturas, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus de Campo Mourão. O presente trabalho é caracterizado como experimental, pois todos os ensaios dos corpos de prova foram elaborados e realizados em laboratórios.

### 2.1 Elaboração das amostras com fibra de bananeira e serragem

Para a fabricação dos corpos de prova inicialmente realizou-se a coleta e padronização dos resíduos utilizados para a fabricação dos mesmos. Os resíduos da bananeira foram coletados em plantações da cultura na região noroeste do estado do Paraná.

Inicialmente foram cortadas em partes menores para serem trituradas e resultando assim em partículas menores aumentando a superfície de contato. Na sequência os resíduos moídos passaram por processo de maceração durante 24 h, ou seja, foi necessário que a palha ficasse submersa em solução com água e hidróxido de sódio (NaOH), como mostra a figura 1. Neste caso para submergir 500g de resíduo, foi utilizado 12 L de água e 120 g de hidróxido de sódio (NaOH), assim foram misturados todos reagentes e a palha obtendo uma mistura homogênea submersa em solução, deixando-a em maceração por 24 h. Após isso o resíduo da bananeira foram peneirados, tirando os resíduos e objetos estranhos, e assim lavados em água corrente. Os resíduos provindos da bananeira foram espalhados em 4 formas. Os resíduos foram colocados nas formas formando uma camada, e posteriormente colocada na estufa para secagem dos resíduos, como mostra a figura 2, por um período de 48h a uma temperatura de 60°C. Em seguida para se obter uma menor fibra e homogênea, os resíduos de bananeira foram triturados na mão.

Figura 1 – Resíduos de bananeira em processo de maceração.



Fonte: Autor (2019).

Figura 2 – Resíduos da bananeira nas formas, no momento que foram colocadas na estufa.



Fonte: Autor (2019).

O processo de maceração realizado para a serragem de madeira foi semelhante ao realizado com o resíduo de bananeira, para 500g foram utilizados 3.6L de água e 36g de hidróxido de sódio (NaOH) e com diferença no final do processo de maceração para obter partículas menores e homogêneas, triturou-se num liquidificador, como mostra a figura 3.

Figura 3 – Resíduo de madeira (serragem) em processo de maceração e na forma, no momento que foi colocada na estufa.



Fonte: Autor (2019).

A confecção dos corpos de prova foi elaborada de acordo com a ABNT NBR 5738:2015. Foram utilizados os resíduos nas proporções listadas na Tabela 1 para 80g de material, e pode-se visualizar conforme a figura 4.

Corpo de prova (CP)	Proporção
CP1	25% de fibra de bananeira 75% de serragem
CP2	50% de fibra de bananeira 50% de serragem
CP3	75% de fibra de bananeira 25% de serragem

Fonte: Autor (2019).

Tabela 1 – Proporção dos corpos de prova

Figura 4 – Proporção dos materiais dos corpos de prova CP 1, CP2 e CP3.



Fonte: Autor (2019).

E para as partículas se unirem, foi utilizada uma cola, cuja sua composição era de 25% de farinha de trigo 25% de água e 50% de resina, misturando tudo manualmente até obter uma cola com aspecto homogêneo, ou seja, até a total diluição desses ingredientes (figura 5). Em seguida foi acrescido à mistura da cola 10% de catalisador (sulfato de amônia), que foi misturado manualmente.

Figura 5 –Cola finalizada.



Fonte: Autor (2019).

Para a moldagem da mistura, foi utilizado um cilindro de aço com 10 cm de altura e 3 cm de diâmetro, forrado com papel manteiga o corpo de prova não grudasse no molde. Em seguida o corpo de prova no molde foi prensado na prensa com auxílio de um cilindro de aço com

diâmetro menor e colocado na estufa a uma temperatura de 120 °C por 12h (figura 6). Após dado o horário, o corpo de prova foi retirado do molde.

Figura 6 – Corpos de provas na estufa.



Fonte: Autor (2019).

Para a realização dos ensaios de resistência a compressão axial, utilizou-se o prensa universal Emic DL30000F, do laboratório de Materias e Estruturas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (figura 7), utilizando o programa Tesc versão 3.04 para obtenção das propriedades mecânicas de cada corpo-de-prova.

Figura 7 – prensa universal Emic DL30000F.



Fonte: Autor (2019).

O corpo de prova 1 foi rompido com período de 7 dias, o corpo de prova 2 foi rompido com período de 14 dias e o corpo de prova 3 foi rompido com período de 28 dias. Totalizando três períodos de rompimento dos corpos de prova para análise.

## 2.2 Análise dos corpos de prova

Foram realizados os ensaios de análise visual, teste do aspecto sensorial olfativo, ensaio de ataque de fungos e ensaio de envelhecimento.

No aspecto visual, o corpo de prova foi analisado visualmente em seus aspectos físicos e coloração.

No ensaio sensorial os corpos de prova ficaram condicionados por 24 h em uma estufa em uma temperatura de  $23 \pm 2$  °C. Em seguida foram armazenados em recipientes de vidro para

realização do ensaio, para que o ar não escapasse vedaram-se as tampas antes de fechar os recipientes com papel filtro e os corpos de prova foram armazenados por 24 h a 70 °C.

No ensaio de ataque a fungos, os corpos de prova ficaram condicionados em uma estufa por 48h, em uma temperatura de  $(23 \pm 2)$  °C, com umidade relativa de 50 %.

No ensaio de envelhecimento, inicialmente o corpo de prova foi condicionado à temperatura de  $(23 \pm 2)$ °C e a umidade relativa de  $(50 \pm 5)$  % em uma estufa e mantido nessas condições por aproximadamente 72 h. Após o mesmo foi levado a uma estufa com ar circulante a uma temperatura de 100 °C por mais um período de 72 h.

O ensaio de resistência à compressão e dureza de acordo com a ABNT NBR 5739:2018. Para a realização desse ensaio foram utilizados nove corpos de provas com períodos de 7 dias, 14 dias e 28 dias e uma prensa mecânica. Inicialmente aplicou-se uma carga de ruptura em Newtons (N) sobre cada corpo de prova, até o momento que o mesmo se rompesse, conforme a figura 8. Após aplicada a carga, foi possível analisar a resistência efetiva (MPa) dos corpos de prova.

Figura 8 – CP 1, CP2 e CP3 após a ruptura.



Fonte: Autor (2019).

Analisou-se o peso dos corpos de prova, obtendo-se os seguintes dados de acordo com a tabela 1.

	CP1 (g)	CP2 (g)	CP3 (g)
7 dias	71	87	100
14 dias	77	82	112
28 dias	77	80	97

Fonte: Autor (2019).

Tabela 1 – Dados dos pesos dos corpos de prova.

### 3. Resultados discussões

No presente projeto, os ensaios realizados apresentaram os resultados esperados, pois foi possível observar que os corpos de prova permaneceram com as suas características iniciais preservadas.

No aspecto visual, foi possível observar que os corpos de provas apresentaram boa resistência e adquirindo um formato visualmente homogêneo, ou seja, não apresentando rachaduras. Logo, o resultado obtido nesse aspecto foi satisfatório. Outro resultado analisado no aspecto visual foi à coloração clara da placa, ou seja, permanecendo com as suas características iniciais preservadas, obtendo um resultado satisfatório.

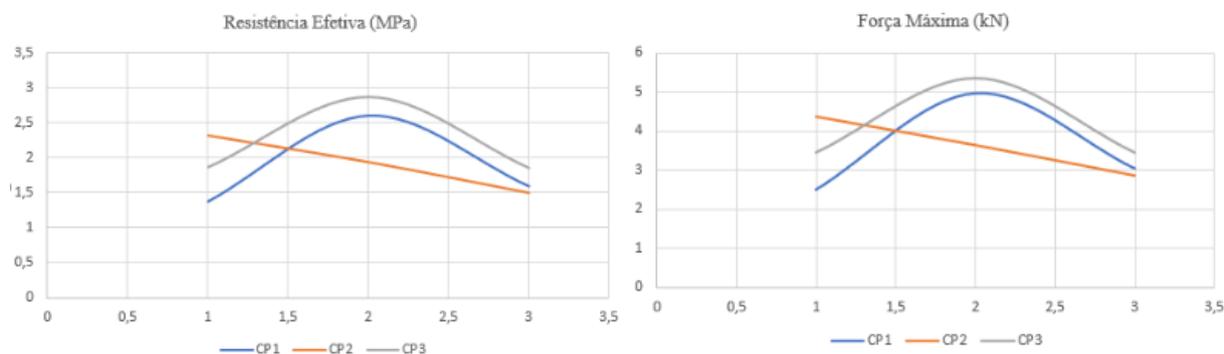
No aspecto sensorial olfativo, os resultados obtidos foram satisfatórios, uma vez que, os painéis apresentaram odores característicos de suas matérias primas utilizados (serragem e resíduo da bananeira). Este teste foi realizado com a colaboração de voluntários.

No ensaio de ataque de fungos e bactérias, foi analisado o olfativo sob a influência da temperatura e clima, por meio da verificação visual. O resultado obtido foi a de que a placa não apresentou colônias de fungos e bactérias, ou seja, a placa permaneceu com as suas características iniciais. Este teste tem por finalidade de verificar o surgimento de fungos ou bactérias em diferentes condições que possam apresentar risco e prejudicar a saúde do ser humano.

No ensaio de envelhecimento, foram analisadas as condições de deterioração das placas em determinadas condições ambientais. Os resultados obtidos pela verificação visual foram satisfatórios, ou seja, após este teste a placa continuou com os seus aspectos iniciais preservados, havendo um leve escurecimento da placa, devido à alta temperatura de 100 °C que foi submetida durante o ensaio.

Por meio do ensaio mecânico de resistência, foi possível analisar a resistência de cada corpo de prova, foi analisado no *software* EXCEL® que o CP3 obteve maior resistência efetiva à compressão axial (MPa) e obteve o maior valor de força máxima (kN), conforme mostra a figura 9.

Figura 9 - Análise da resistência efetiva (MPa).



Fonte: Autor (2019).

Foi utilizado o *software* *Statistica® Version 10*, para observar a diferença estatística ( $p < 0.05$ ) para as força e as resistência dos corpos de provas. Como podemos analisar nas figuras 10.

Figura 10- Análise estatística da força máxima (kN) e da resistência efetiva (MPa).

Tukey HSD test; variable Força (Spreadsheet14), Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = 1.1434, df = 6.0000			
Cell No.	Corpo	Força Mean	1
1	c1	3.490000	****
2	c2	3.613333	****
3	c3	4.083333	****

Tukey HSD test; variable Resistência (Spreadsheet17), Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .31178, df = 6.0000			
Cell No.	Corpo	Resistência Mean	1
1	c1	1.853333	****
2	c2	1.910000	****
3	c3	2.200000	****

Fonte: Autor (2019).

Analisou-se que não houve diferença estatística ( $p < 0.05$ ) para as força e as resistência dos corpos de provas. No entanto, por não apresentar diferença significativa nos corpos de provas, o corpo de prova 3 apresentou melhor resultado de força e resistência.

#### 4. Considerações finais

Na atualidade, a utilização dos resíduos agrícolas e/ou agroindustriais e da indústria madeireira, estão cada vez mais ganhando espaço no mercado, pois os resíduos são matérias primas de baixo custo e ainda favorecem os efeitos de degradação ambiental.

De acordo com a elaboração e a avaliação dos corpos de prova, pode-se perceber que a sua produção é viável para diversas finalidades como por exemplo, o seu acondicionamento como placa para encostas, onde há riscos de desabamento, e também pode ser utilizado para revestimento interno de casas. Portanto, os resultados foram satisfatórios de acordo com os ensaios realizados pela pesquisa.

O material obtido é uma forma inovadora de sustentabilidade, dando uma finalidade correta para os resíduos gerados pela agroindústria e a indústria madeireira, assim também atendendo as exigências do mercado.

Para futuras pesquisas recomenda-se ensaios com aplicações em finalidades de acondicionamento como placa para encostas e para revestimentos, e uma análise de aceitação de mercado.

#### Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR – **Norma Brasileira Registrada 10.**

**004. Resíduos Sólidos:** Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR – **Norma Brasileira Registrada**

**5738:2015. Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova:**

Classificação. Rio de Janeiro, 2015.

BATTISTELLE, R. A. G.; MARCILIO, C.; LAHR, F. A. R. **Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* na produção de chapas de partículas.** Artigo Minerva, Pesquisa e Tecnologia, 2009.

CASSILHA, A. C. *et al.* **Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental.** CEFET, Minas Gerais, 2003.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Banana - world exports**. Disponível em: <<http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/bananas/en/>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **.Faostat**. Disponível em: <<http://http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 27 fev. 2018.

FERNANDES, E.R.K.; AFUSO, R.K.S.; SCHMITT, C.C.; SELLIN, N.; SOUZA, O.; MEDEIROS, S.H.W. **Avaliação do potencial para reaproveitamento de resíduos da bananicultura por pirólise**. In: **II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais**. 2011, Foz do Iguaçu. Anais: Foz do Iguaçu. 1 CD-ROM.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rendimento médio, por ano da safra e produção da lavoura**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/188#resultado>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

KAMEL, S. **Nanotechnology and its applications in lignocellulosic composites**: A Mini Review. EXPRESS Polymer Letters, v.1, n.9, p. 546–575, 2007.

LEISTRITZ, F. L.; HODUR, N. M.; SENECHAL, D. M.; STOWERS, M. D.; MCCALLA, D.; SAFFRON, C. M. **Biorefineries Using Agricultural Residue Feedstock in the Great Plains**, 2007. Disponível em: <<http://www.agecon.lib.umn.edu/>>. Acesso em 01 mar. 2018.

GOMES, M. Correio Braziliense. **Produção brasileira de banana atinge R\$ 14 bilhões por ano**. Disponível em: <[http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2017/10/23/internas\\_economia,635500/producao-brasileira-de-banana-atinge-r-14-bilhoes-por-ano.shtml](http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2017/10/23/internas_economia,635500/producao-brasileira-de-banana-atinge-r-14-bilhoes-por-ano.shtml)>. Acesso em: 28 fev. 2018.

MAROZZI, C. R. B. **Caracterização de resíduos Agroindustriais e Florestas Visando a Briquetagem**. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Industrial Madeireiro) –

Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

SOFFNER, M. L. A. P. **Produção de polpa celulósica a partir de engaço de bananeira**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TUOTO, M. **Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado**. Projeto PNUD BRA 00/20 – Apoio às políticas públicas na área de gestão e controle ambiental, Curitiba, 2009.

VASCONCELOS, N. F. et al. **Otimização do processo de obtenção de nanocelulose do pseudocaule da bananeira por hidrólise ácida**. VII Workshop de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio, São Carlos, p. 334-336, jun. 2013. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/964782/1/2013055.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2018.