

ESCOLA ESTADUAL PROF^a MARIA RAMOS

**G-PETO: USO DE RESÍDUOS DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA PRODUÇÃO DE BIO
MADEIRAS**

São Carlos, SP

2023



Kaio Guilherme de Oliveira
Isadora Ruano Godoy Bueno

Coorientador: Ana Paula da Silva Alves
Orientador: Fabrício Hender Inoue

G-PETO: USO DE RESÍDUOS DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA PRODUÇÃO DE BIO MADEIRAS

Relatório apresentado à 7ª FEMIC - Feira
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação do Prof. Fabrício Hender Inoue e
coorientação de Ana Paula da Silva Alves

**São Carlos, SP
2023**



RESUMO

O presente artigo teve como objetivo testar materiais para produção de uma bio madeira em especial utilizando o bagaço da cana-de-açúcar que é descartado pelos comerciantes de garapa (caldo de cana) da cidade. Partindo da ideia principal, buscou-se na pesquisa bibliográfica fundamentos e sugestões para formalizar o trabalho. A pesquisa bibliográfica concentrou-se em artigos científicos e em publicações que tinham como foco o tema do artigo. Após a pesquisa teórica, estudos e levantamento de possíveis materiais, realizaram-se os testes práticos, o bagaço de cana-de-açúcar foi o material principal e associado a ele usou-se poliestireno expandido (EPS), garrafas PET (polietileno tereftalato), resinas industrializadas e acetona, em síntese foram realizados 8 testes e a cada tentativa analisou-se o aglomerado formado e foram realizados testes de resistência mecânica, testes de absorção de água, teste inflamável e comparativos com o MDF (Medium Density Fiberboard) comercial, de modo a determinar a eficiência e elencar as possíveis utilizações do produto final obtido. Os resultados apontaram as melhores composições para produzir a bio madeira, levando as considerações finais de que a preocupação com o meio ambiente, a economia Circular como modelo de promoção do desenvolvimento sustentável, é um tópico que deve ter atenção constante e a indicação de materiais alternativos com tomadas de atitudes que diminuam os impactos gerados no ambiente além de evitar a extração massiva de recursos naturais, evita o descarte inadequado e acúmulo de resíduos.

Palavras-chave: Bio madeira, bagaço de cana-de-açúcar, poliestireno expandido.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA	6
3 OBJETIVO GERAL	7
4 METODOLOGIA	7
5 RESULTADOS OBTIDOS	11
6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
REFERÊNCIAS	16



1 INTRODUÇÃO

A sociedade moderna mais do que consumir vem demonstrando interesse em tomadas de atitudes que diminuam os impactos gerados no ambiente.

A cidade de São Carlos, localizada no interior do estado de São Paulo, encontra-se entre cidades de forte economia rural, sendo ela principalmente oriunda do plantio de cana-de-açúcar, que além do uso para produção de etanol e açúcar desperta interesse dos comerciantes autônomos que usam da mesma matéria-prima, os garapeiros.

Observando o montante de bagaço de cana que é produzido nos “carrinhos de caldo de cana” e são descartados em lixo comum projetou-se para a quantidade do mesmo material que pode estar sendo descartado nas usinas canavieiras e que poderiam vir a ser utilizados para confecção de outros produtos.

Além da cana, outro ponto de atenção foram o poliestireno expandido, popularmente conhecidos como isopor, um material muito popular nos mercados, usados para acondicionar alimentos dos mais variados tipos. Contudo, são usados por curtos períodos e logo são descartados, e não possuem um atrativo para reciclagem visto que é um material muito leve e no mercado dos reciclados tem pouco interesse de comercialização.

Algumas cadeias de reciclagem acabam não aproveitando o isopor por falta de maquinário, visto que os materiais recicláveis são comercializados com base no peso e, como você pode imaginar, para conseguir um peso significativo de isopor é necessário um volume absurdo. (TRASHIN)

Associado ao tema gerador para a pesquisa, focou-se na teoria da logística reversa e da economia circular, a primeira tem como base a necessidade das empresas em pensar na destinação final dos resíduos gerados, por exemplo, a coleta das bandejas de isopor ao final da sua vida útil.

A responsabilidade estendida de fabricantes e importadores em relação aos produtos após sua vida útil e embalagens está tornando-se cada vez mais comum em todo o mundo, e o rigor das legislações ambientais tem impulsionado as ações de concretização dos Sistemas de Logística Reversa (SLR). (COUTO; LANGE, 2017)



A economia circular é um conceito de promoção do desenvolvimento sustentável, o antigo modelo usado é comumente adotado é a economia linear que segue um sistema de extração de recursos naturais, fabricação de novos produtos e a geração de resíduos a ser descartado no ambiente após seu uso final. Já a economia circular tem outra visão, prolonga-se a vida útil dos produtos e reduz a extração de matéria-prima do ambiente. A figura 1 resume perfeitamente o processo de cada uma das economias.

Figura 1: Diferenciação entre economia linear e circular



Fonte: [economia-circular-por-que-importa-e-onde-nos-levara/](#)

A economia Circular além de ser ecologicamente mais adequada, tendo em vista que ela diminui a retirada de matéria-prima do ambiente, ela favorece a empresa economicamente, pois ao reciclar alguns de seus produtos a dependência por materiais básicos também se reduz no processo de fabricação de um novo produto.

2 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento humano teve como consequência o uso abusivo dos recursos naturais, como a madeira, tendo como resultado a necessidade de corte de árvores e com isso contribuindo com o desmatamento. Partindo desta constatação buscaram-se alternativas sustentáveis para a produção de aglomerados, utilizando resíduos que apresentassem propriedades similares as da madeira. A priori selecionou-se o bagaço da cana-de-açúcar e o poliestireno expandido (EPS) como alternativas viáveis, uma vez que



a cidade de São Carlos - SP localiza-se numa região produtora de cana-de-açúcar, pensou-se justamente na cana-de-açúcar pela disponibilidade deste recurso como matéria-prima deste projeto e o poliestireno expandido como item ligante por se tratar de um resíduo com pouco interesse em sua reciclagem e seu descarte inadequado.

3 OBJETIVO GERAL

O projeto visa desenvolver uma bio madeira com a utilização do bagaço de cana-de-açúcar. A bio madeira do bagaço de cana-de-açúcar mostrou-se uma alternativa sustentável na busca de novos materiais para a confecção de placas de madeira, como as placas de MDF (Medium Density Fiberboard) e MDP (Medium Density Particleboard), e assim auxiliar na preservação ambiental substituindo as madeiras convencionais retiradas do corte de árvores.

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto seguiu os seguintes passos:

Coletou-se o bagaço da cana-de-açúcar que seriam descartados por comerciantes locais de garapa (caldo extraído da cana-de-açúcar);

Separou-se a parte interna da cana de sua casca picando-as em pequenos pedaços, como observado na figura 2.

Figura 2: Preparação do bagaço de cana



Fonte: próprios Autores



Em sequência triturou-se no liquidificador, primeiro a parte interna e depois a parte externa, reservando-as separadamente e em seguida utilizou-se um forno convencional para desidratar os resíduos, manteve-se a uma temperatura constante de 180 °C por um período de 30 minutos, mexendo-os em um intervalo a cada 5 minutos para evitar a queima da parte em contato com a forma metálica;

Por fim passou-se para produção das placas da bio madeira do bagaço da cana-de-açúcar, foram realizados testes com diferentes composições de reagentes para determinar a melhor composição para sua produção.

Na primeira tentativa de produção da placa de madeira utilizou-se 30 g da parte interna da cana e 15 g da casca, juntamente com 100 g de resina epóxi e 50 g de catalisador. Separou-se em dois moldes com a mesma quantidade em cada. Sendo que os moldes utilizados possuíam respectivamente, o maior 19 cm por 12 cm e o menor 13 cm por 11 cm aproximadamente. Cada molde foi confeccionado a partir de retalhos de laminados de MDF, que seriam descartados por marceneiros locais.

Na segunda tentativa utilizou-se 15 g da parte interna da cana e 7,5 g da casca, com 90 g de cola branca escolar.

Na terceira tentativa utilizou-se 15 g da parte interna da cana e 7,5 g da casca, juntamente com 100 g de resina cristal (resina poliéster) com 10 g de catalisador.

Na quarta tentativa processou-se mais o bagaço da cana-de-açúcar, sem separação da parte interna e casca, resultando num composto mais fino quando comparado com os utilizados nos testes anteriores. Para a confecção desta placa usou-se 30,47 g do composto, 90 g da resina epóxi e 50 g de endurecedor.

Na quinta e sexta tentativa continuou-se com o composto da tentativa anterior e substituindo a resina por poliestireno expandido (EPS) e acetona pura (P.A.). Na quinta tentativa, o EPS foi triturado em liquidificador e misturado ao composto na proporção de 1:1 (30 g) e foi acrescentado 80 ml de acetona pura. Já na sexta tentativa a diferença foi que o EPS foi cortado em pedaços grosseiros e acrescentado 80 ml de acetona pura, esperou-se a total dissolução do EPS para misturar ao composto da cana-de-açúcar.

Em todas as tentativas o tempo de secagem foi de 24 horas para verificar os resultados e utilizou-se plástico filme e papel manteiga para evitar que as placas ficassem grudadas nos moldes. Utilizando-se a força das mãos para realizar a compactação inicial,



improvisou-se uma prensa colocando objetos com cerca de 1 kg de massa sobre as placas para que estas permanecessem compactadas até a total secagem do composto.

As tentativas 7 e 8 foram realizadas com PET reciclado. Na tentativa de número 7 usou bagaço da cana processado e PET moído, figura 3, na proporção de 1:1, ou seja, 30g de cada.

Figura 3: PET minimamente moído



Fonte: Próprios autores

Já na oitava tentativa usou-se o PET ultraprocessado, a resina PET, figura 4, na mesma proporção da tentativa 7. Após misturadas, elas foram levadas ao forno a 260 °C, temperatura máxima do forno convencional, em forma revestida com papel alumínio.

Figura 4: PET, ultraprocessado e lavado



Fonte: Próprios autores

Na tentativa 9, colocou-se uma pequena quantidade de flakes em uma extremidade da forma e na outra a resina PET-Pós-Consumo, imagem A, levou-se ao forno a 100 °C e manteve-se essa temperatura por 7 minutos e então aumentou-se a temperatura para 140 °C. Após 4 minutos aumentou-se a temperatura para 180 °C. Com mais 4 minutos de espera elevou-se a temperatura para 220 °C e em 8 minutos de espera aumentou-se a



temperatura para 260 °C, temperatura limite do forno utilizado. Manteve-se o PET a essa temperatura por mais 9 minutos, a figura 5 evidencia os procedimentos.

Figura 5: Processo de derretimento do PET, marcação A, preparação do PET e marcação B, processo de derretimento.



Fonte: próprios Autores

Na tentativa 10, utilizou-se o bagaço da cana processado fresco, sem a secagem no forno, misturou-se 15g de bagaço com 33ml de resina epóxi e 1,66 ml de catalisador, esperaram-se 24h para observar a secagem.

Na tentativa 11, colocou-se 100g de bagaço de cana picado em imersão de 500ml de água sanitária e deixou-se por 1 dia em repouso e depois coou-se a mistura para retirada da água sanitária. Procedeu-se com o preparo, com a trituração da cana. Misturou-se 15g do preparo com 33ml de resina epóxi e 1,66 ml de catalisador, aguardaram-se 24h de secagem, o processo descrito encontra-se referenciado na figura 6.

Figura 6: Desinfecção do bagaço da cana com água sanitária



Fonte: Próprios autores



Por fim, os últimos procedimentos foram a confecção dos tabuleiros de dama, uma peça utilitária. Produziu-se dois tabuleiros, um com 180g de bagaço de cana ultraprocessado e 480 ml de resina epóxi misturada com 260g de catalisador, misturou-se tudo e colocou-se na forma/molde do tabuleiro, onde permaneceu por 24h para secagem total.

Para o segundo tabuleiro usou-se 180g de bagaço de cana ultraprocessado, 180g EPS e 500ml de acetona pura. Primeiro misturou-se os dois sólidos e gradualmente a acetona foi sendo incluída na mistura que foi transferida para forma/molde finalizando-se a montagem do tabuleiro.

Para os testes de resistência procedeu-se com o teste de suporte de carga, teste de resistência à água e a chama.

Na resistência à carga colocou-se matérias de diferentes massas sobre elas, já no teste a água as peças preparadas durante o projeto e uma placa de MDF comercial foram colocados em contato com a água e no teste de chama as peças foram colocadas sobre uma chama.

5 RESULTADOS OBTIDOS

Quanto aos resultados obtiveram-se os seguintes dados:

Na primeira tentativa, formou-se o aglomerado e no teste de resistência ele suportou uma carga de 1,748 kg, não foi possível realizar testes com cargas maiores que a descrita, uma vez que a balança disponível tinha um limite de massa de 2 kg, no quesito, aparência pode-se verificar na figura 7.

Figura 7: Placas de aglomerados da tentativa 1



Fonte: próprios Autores



Na segunda e terceira tentativa as placas de aglomerado não apresentaram uma boa aderência e nem rigidez, de modo que não foi possível realizar os testes de resistência, como observado na figura 8, a imagem A refere-se a tentativa 2 e a imagem B a tentativa

Figura 8: Placa da tentativa 2 e 3.



Fonte: próprios Autores

Na quarta tentativa formou-se um aglomerado com maior resistência do que a primeira e apresentou uma maior compactação, como pode ser observado na figura 9 a seguir.

Figura 9: Placa da tentativa 4

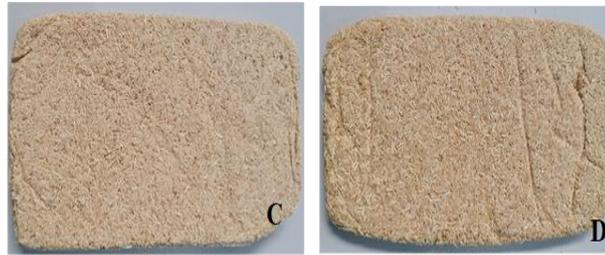


Fonte: próprios Autores

Na quinta e sexta tentativa, formou-se o aglomerado, contudo o resultado da placa 5 demonstrou uma resistência de carga média, mas com potencial para chegar a uma alta eficiência aumentando a proporção de EPS. Ela ainda apresentou uma resistência superior em alguns pontos, fato justificável pelo fato que o EPS não ficou distribuído de modo uniforme, realizou-se uma agitação manual resultando com alguns pontos com maior concentração de EPS. Na figura 10, encontra-se duas fotos, a identificada com a letra C é resultado da tentativa 5 e a com a letra D é da tentativa 6.



Figura 10: Placas das tentativas 5 e 6



Fonte: próprios Autores

Os testes realizados com PET e bagaço de cana, não alcançaram resultados satisfatórios, o bagaço da cana-de-açúcar queimava antes do PET alcançar seu total derretimento.

Quanto à tentativa 9 não se formou o aglomerado, o PET em flakes e a resina PET-Pós-Consumo derreteram ao atingir a temperatura de 260 °C e um tempo de 30 minutos de aquecimento com a subida gradativa da temperatura até o máximo de 260 °C.

Importante ressaltar que na temperatura de 180 °C observou-se uma redução da quantidade da amostra que estava no forno. Há 220 °C o PET apresentava uma característica retorcida. Já em 260 °C a resina PET-Pós-Consumo começou a derreter em um intervalo de tempo de 1 minuto os Flakes também começaram a derreter. Após o derretimento, retirou-se do forno e tentou-se unir o bagaço de cana ao material derretido, contudo o procedimento não se mostrou eficiente, não se teve uma liga. O material começou a endurecer em um curto intervalo de tempo e dificultou a mistura do bagaço da cana ao PET derretido.

Nas tentativas 10 e 11, não se formou um aglomerado resistente, a tentativa 11 ficou com um aspecto mais melado, figura 11.

Figura 11: Placas das tentativas 10 e 11



Fonte: próprios Autores



Na tabela 1, encontra-se um resumo dos testes feitos com a placa de bio madeira, realizou-se uma comparação da aparência da placa e as suas respectivas resistências. Como descrito na tabela.

TABELA 1 - TESTES DE FORMAÇÃO DOS AGLOMERADOS E TESTE DE RESISTÊNCIA.

Tentativa	Formação de aglomerado	Resistência (até 1,748 kg)	Resistência à água	Resistência ao fogo
1	Sim	Alta	Média	Queimou
2	Não	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
3	Não	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
4	Sim	Alta	Alta	Não queimou
5	Sim	Média	Média	Queimou
6	Sim	Média	Média	Queimou
7	Não	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
8	Não	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
9	Não	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
10	Não	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
11	Não	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica

Fonte: próprios Autores

Os testes de resistência à água dos aglomerados produzidos no decorrer do projeto mostraram-se ter uma resistência superior ao MDF comercial. No aglomerado 4 a água não penetrou, nos aglomerados 1, 5 e 6 a água penetrou, mas ficou restrita ao ponto de contato, enquanto no MDF comercial a água subiu por toda extensão da placa.

Quanto à resistência à chama, somente a peça 4, ao ser colocada em contato com a chama, não queimou.

A primeira tentativa de montagem do tabuleiro de dama encontra-se ilustrada na figura 12.

Figura 12: Tabuleiro de Dama, produzido com bagaço da cana-de-açúcar



Fonte: próprios Autores



As tentativas seguintes resultaram em peças com melhor acabamento, figura 13.

Figura 13: Tentativa 2 do tabuleiro de Dama



Fonte: próprios Autores

6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto desenvolvido mostrou ter alto potencial, sendo necessário, entretanto, a realização de algumas análises e alterações complementares. Em resumo, os testes feitos apontaram resultados satisfatórios, além até do esperado inicialmente, o que despertou o interesse em realizar outros testes com outros materiais.

Usar o bagaço de cana-de-açúcar para produzir uma madeira alternativa mostrou-se uma prática ecologicamente sustentável, pois além de ajudar a preservar o meio ambiente, altera a destinação final desse resíduo. O que outrora seria descartado em lixos comuns é reaproveitado, o que pode contribuir para evitar o corte de árvores.

As pequenas mudanças na sociedade com novas tecnologias e a busca de materiais que proporcionam o desenvolvimento sustentável devem sempre ser incentivadas.



REFERÊNCIAS

COUTO, Maria Claudia Lima; LANGE, Liséte Celina. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, [S.L.], v. 22, n. 5, p. 889-898, out. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017149403>. Acesso em: 11 set. 2022.

ROCHA, Bruna Bessa. Aproveitamento de resíduos de madeira e bagaço de cana-de-açúcar na produção e avaliação de painéis aglomerados. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/143911>. Acesso em: 15 ago. 2022.

SOARES, Suzane Sarno; GUIMARÃES JÚNIOR, José Benedito; MENDES, Lourival Marin; MENDES, Rafael Farinass; PROTÁSIO, Thiago de Paula; LISBOA, Fernando Noraga. Valorização do bagaço de cana-de-açúcar na produção de painéis aglomerados de baixa densidade. *Revista Ciência da Madeira - Rcm*, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 64-73, 5 maio 2017. *Revista de Ciência de Madeira*. <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v8n2p64-73>. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/10589#:~:text=Os%20resultados%20demonstraram%20que%20at%C3%A9,pain%C3%A9is%20aglomerados%20de%20baixa%20densidade>. Acesso em: 10 ago. 2022.

SOLUTIONS (ed.). BIOMADEIRA: perfeito substituto da madeira natural. Perfeito Substituto da Madeira Natural. 2022. Disponível em: <https://www.xsts.com.br/biomadeira.html>. Acesso em: 10 ago. 2022.

TRASHIN (Porto Alegre) (comp.). Afinal de contas, isopor é reciclável? SD. Porto Alegre - RS. Disponível em: <https://trashin.com.br/afinal-de-contas-isopor-e-reciclavel/>. Acesso em: 10 set. 2022.