

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO E DESIGN**

**PRODUÇÃO DE CHAPAS DE AGLOMERADO A PARTIR DO BAGAÇO DE
CANA-DE-AÇÚCAR Prensado usando cola a base de fécula de
MANDIOCA, ARROZ E BREU
UM CASO DE DESIGN DO MATERIAL**

HENRIQUE ANDRADE GONTIJO CUNHA

UBERLÂNDIA – MG

2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO E DESIGN**

**PRODUÇÃO DE CHAPAS DE AGLOMERADO APARTIR DO BAGAÇO DE CANA-
DE-AÇUCAR Prensado usando cola a base de fécula de mandioca,
ARROZ E BREU
UM CASO DE DESIGN DO MATERIAL**

HENRIQUE ANDRADE GONTIJO CUNHA

Monografia apresentada como requisito para conclusão do curso
de graduação em Design.

Orientadora: Prof. Dra. Aline Teixeira Souza Silva

UBERLÂNDIA – MG

2019

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Celso e Ana Lupe e dedicar a eles este trabalho, pois sem o suporte que eles me ofereceram nada disto poderia ser concretizado. Quero agradecer também meus irmãos Vitor e Beatriz igualmente minha namorada Maria Cecilia pelo apoio e motivação sempre, em especial minha irmã Beatriz que contribui presencialmente com a concretização deste projeto. Quero também fazer uma dedicação especial a minha querida irmã Jordana que não se encontra mais entre nós. Destaco também minha estimada tia, Roberta de Freitas, técnica do laboratório didático 6 da faculdade de engenharia química, por sua disponibilidade e atenção em me ajudar nesta difícil jornada.

Deste modo, agradeço também minha orientadora Prof. Dra. Aline de Souza, por cumprir este papel com maestria e profissionalismo, me dando uma luz e uma direção sempre quando necessário. Não menos importante, agradeço a Prof. Dra. Leila Motta da faculdade de engenharia civil, por me autorizar o uso do laboratório de estruturas e pela disposição em sanar minhas dúvidas sempre que precisei. Estendo também este agradecimento para a técnica do laboratório, Cristiane Pires, por sua disposição e atenção em me atender e pela paciência de aturar toda minha bagunça.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	
1.1. Introdução.....	4
1.2 Justificativa.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.4 Síntese Metodológica.....	5
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	
2.1 Painéis de aglomerado.....	5
2.1.2 Conceituação.....	5
2.1.3 Contexto histórico.....	8
2.2 Matéria-prima para a proposta de painel.....	9
2.2.1 Bagaço de cana de açúcar.....	9
2.2.2 Fécula de mandioca.....	11
2.2.3 Arroz.....	12
2.2.4 Breu.....	13
2.3 Projeto do material e design.....	13
3 DESENVOLVIMENTO PROJETUAL	
3.1. Problema De Projeto.....	14
3.2. Análise De Similares.....	15
3.3. Estudo de viabilidade.....	16
3.4. Lista De Requisitos.....	17
4. PROJETO.....	18
4.1. Memorial Descritivo.....	25
4.2. Documentação Técnica.....	26
4.3. Imagens Do Protótipo/Renderings.....	28
5 CONCLUSÃO.....	31
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
32	

1. APRESENTAÇÃO

1.1. Introdução

Nos dias de hoje a palavra de ordem é a sustentabilidade. A Confederação Nacional da Indústria – CNI, em um estudo de 2017, dispôs que há uma tendência mundial em desenvolver produtos sustentáveis para atender um novo mercado mais consciente. Como se sabe, o Brasil é historicamente um grande produtor de cana-de-açúcar, fato constatado desde o período colonial. Em consequência a isso surge um subproduto fibroso denominado bagaço de cana, com grande maleabilidade e resistência que o proporciona um amplo potencial construtivo. No entanto, muitas vezes a destinação que lhe é dada não aproveita toda a eficiência de suas propriedades.

Nesta perspectiva, pretende-se elaborar um novo material utilizando o bagaço, adicionado a fécula de mandioca e água, na produção de chapas de aglomerado de fibras. Acredita-se que deste modo conseguirá se atingir um novo produto mais sustentável, possibilitando acrescentar uma nova opção no mercado em detrimento dos modelos tradicionais.

Neste trabalho foi utilizado a metodologia hipotético dedutiva e o método de pesquisa experimental, utilizando de investigações empíricas para a comparação das variáveis existentes. Para tanto, foram realizados teste em laboratório para verificar as propriedades do material, tais como: durabilidade, resistência impermeabilidade. Além do mais, buscou-se aferir a viabilidade de produção e a aceitação comercial do item em questão.

1.2 Justificativa

O projeto foi pensado tendo em vista a questão da sustentabilidade. Devido a grande preocupação do consumidor com a conservação do meio ambiente para as gerações atuais e futuras, a tendência atual é a de consumo inteligente.

Em relação ao *desing*, é um material leve com modo de produção versátil, podendo ser conformado e estudado. Desta forma, o desenvolvimento de um novo

material poderá enriquecer as alternativas ecológicas para o profissional da área de *desing* de produtos.

Além do mais, devido ao baixo custo de produção e matéria-prima, o material será repassa ao consumidor por um valor menor, contribuindo para a função social do *desing*, que é não só desenvolver produtos mais bonitos, mas também mais acessíveis a sociedade.

1.3 Objetivos

Esse trabalho tem como objetivo principal produzir um aglomerado sustentável a partir de matérias primas de fácil acesso, orgânicas e de grande potencial construtivos como o do bagaço da cana-de-açúcar, fécula de mandioca, amido de arroz e breu. Buscando gerando assim uma alternativa mais sustentável e impermeável frente aos aglomerados tradicionais que se encontram no mercado.

1.4 Síntese Metodológica

A metodologia utilizada foi a metodologia hipotético dedutivo. A hipótese levantada foi de que é possível a construção de um material sustentável a partir do bagaço de cana de açúcar, pois além de ser biodegradável, é um material encontrado em abundância como lixo industrial. A partir dessa hipótese foi utilizado da técnica de pesquisa de laboratório para testar a resistência e a durabilidade do material produzido.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Painéis de aglomerado

2.1.1 Conceituação

Neste capítulo será discorrido uma sumária revisão dos conceitos aplicáveis aos painéis de aglomerados de madeira e seu processo de fabricação. O objetivo é

entender a dinâmica de produção deste material, visto que, esta pesquisa tem o intuito de elaborar um aglomerado biodegradável.

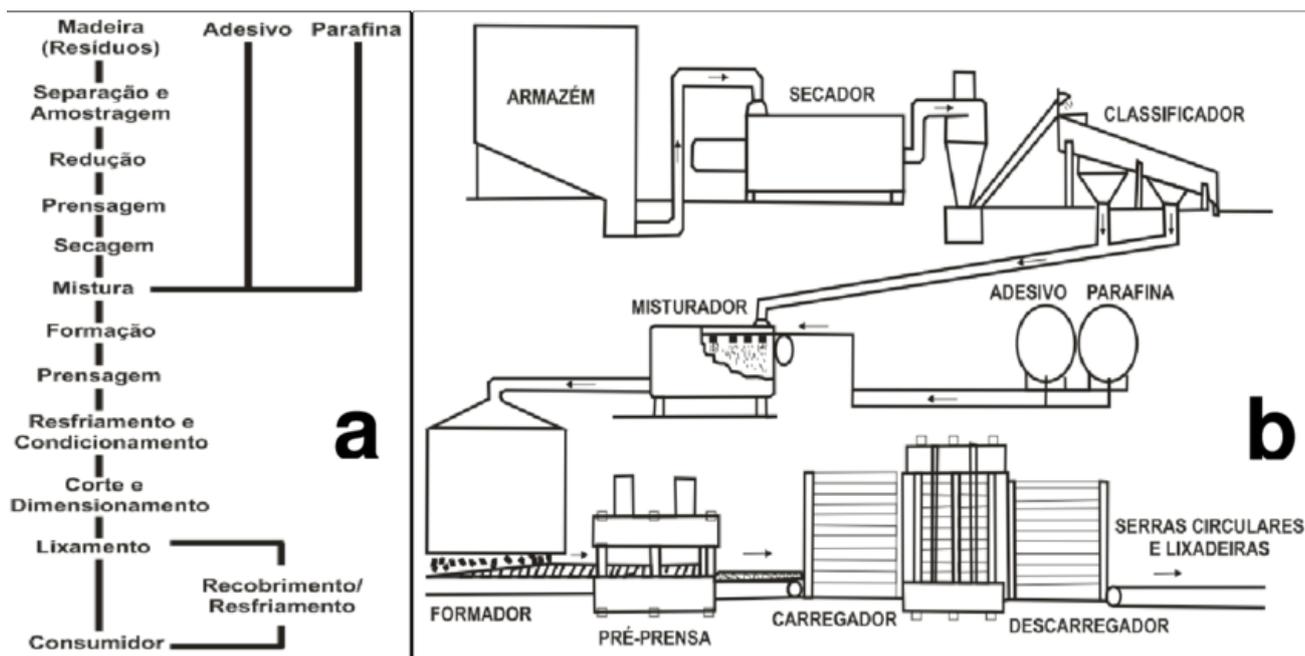
MICHAELIS (2016) dispõe que aglomerado vem do latim *agglomerare* e significa amontoar-se, reunir-se em massa, mais especificamente consiste em uma “mistura constituída de fragmentos de diversos materiais (pedra, madeira, cortiça) ligados por meio de resina ou cimento, geralmente sob a ação de calor e/ou por prensagem”. Já o professor Dr. Setsuo Iwakiri, do Departamento De Engenharia E Tecnologia Florestal – DETF da UFPR, define os painéis de aglomerados como:

Painel produzido com partículas de madeira, com incorporação de resina sintética e reconstituído numa matriz randômica e consolidado através de aplicação de calor e pressão na prensa quente (IWAKIRI, 2005, p.2).

Deste modo, o processo de produção do material em questão se dá pelo descascamento das toras, que em seguida são picadas e transformadas em cavacos. Após este processo podem ocorrer dois procedimentos diferentes, no qual cada um formará produtos distintos.

O primeiro é a geração de partículas menores, através da trituração dos cavacos que, em seguida, vão para o secador, deste processo se origina o OSB. Já no segundo procedimento, os cavacos vão para uma seleção no qual ocorre a lavagem e posteriormente são transformados em fibras que seguirão também para o secador, aqui será formado o MDF.

Após este início divergente, os procedimentos se convergem e passam a percorrer o mesmo curso. As partículas ou fibras são classificadas e recebem uma pulverização de resina, partindo para uma prensagem a quente contínua, com a finalidade de formarem os painéis. Logo após vem o resfriamento e os devidos acabamentos como: lixamento, corte e o embalamento. Conclui-se então que os elementos essenciais na construção deste material são: a madeira, resina, catalizador, parafina e o aditivo. Este processo está bem ilustrado na figura abaixo:



Fluxograma simplificado do processo produtivo (a) (HASELEIN e PAULESKI, 2004) e principais etapas envolvidas na fabricação dos painéis aglomerados (b) (adaptado de MALONEY, 1993)

Nesta perspectiva, os aglomerados são classificados de acordo com suas densidades (podendo ser de baixa, média e alta), tipos de partículas (sendo painéis aglomerados convencional, painéis de partículas *flakeboard*, *waferboard*, *strandboard*), distribuição de partículas no painel (podendo ser homogêneos, painéis de múltiplas camadas, painéis de camadas graduadas, painéis de partículas orientadas – OSB), método de prensagem (prensagem perpendicular ao plano e prensagem paralela ao plano do painel) e tipos de adesivos (painéis para uso interior – UF, painéis para uso exterior – FF) (IWAKIRI, 2005, p.3).

No gráfico abaixo mostra a aplicação das chapas em função da densidade, de acordo com a norma ANSI A208.1 (ANSI, 1993).

Tabela 3. Classificação, valores mínimos e uso recomendado de painéis pela norma ANSI A208.1 (ANSI, 1993).

Classificação quanto a densidade	Categorias	Densidade (g/cm ³)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	TP (MPa)	Uso recomendado
Baixa	LD1	<0,64	3,00	550	0,10	Enchimento de portas
Baixa	LD2	<0,64	5,00	1025	0,15	Enchimento de portas
Média	M1	0,64 a 0,80	11,00	1725	0,40	Comercial
Média	MS	0,64 a 0,80	12,50	1900	0,40	Comercial
Média	M2	0,64 a 0,80	14,50	2250	0,45	Industrial
Média	M3	0,64 a 0,80	16,50	2750	0,55	Industrial
Alta	H1	0,80	16,50	2400	0,90	Industrial
Alta	H2	0,80	20,50	2400	0,90	Industrial
Alta	H3	0,80	23,50	2750	1,00	Industrial

(MOE) Módulo de elasticidade, (MOR) Módulo de ruptura, (TP) Tração perpendicular à superfície, (Mpa) Megapascal – unidade de pressão e tensão, (g/cm³) Unidade que mensura a densidade.

Podemos notar pelo gráfico que a norma ANSI A208.1 especifica as características mínimas necessárias para cada utilização dos painéis de aglomerados. Portanto, a tabela mostra que as chapas de baixa densidade – que vão até 0,64 g/cm³, com módulo de ruptura de até 5 MPa, módulo de elasticidade de até 1025 Mpa e com a tração perpendicular à superfície de até 0,15 MPA – tem como recomendação de uso em forros, divisórias, revestimento e decorativos.

Já as chapas de média densidade – que vão de 0,65 até 0,79 g/m³, MOR de até 12,50 MPa, MOE de até 1900 MPa e TP de até 0,40 MPa – são recomendadas para o uso comercial como em mobiliários, portas e portais. Porém, estas chapas de média densidade – com MOR, MOE e TP superiores ao mencionados – já são recomendados para o uso industrial, assim como as chapas de alta densidade superiores aos 0,80 g/cm³.

2.1.2 Contexto Histórico

A história dos painéis de aglomerados inicia-se em 1941 na Alemanha, em decorrência a escassez de madeira proporcionada pela segunda guerra, no qual a solução encontrada foi o reaproveitamento dos resíduos das indústrias. Ao final da guerra o país estava devastado com uma grande crise política e econômica, fazendo com que houvesse uma carência na disponibilidade de petróleo – matérias primas para as resinas – paralisando assim as produções dos painéis.

Em 1946, houve uma retomada na fabricação, desenvolvimento e aperfeiçoamento de novos equipamento e processos. Já na década de 1960, houve uma expansão mundial no setor, proporcionado pelos avanços tecnológicos e o desenvolvimento de painéis estruturais Wafer (painéis compostos por partículas maiores e encolados com resina fenol-formaldeído) nos Estados Unidos, que, posteriormente, nos anos 70, foram substituídos pelas chapas OSB (*Oriented Strand Board*, na tradução seria, Painel de partículas Orientada). No Brasil, estes novos métodos de uso da madeira só chegaram em meados de 1966 (IWAKIR, 2005, p.1).

2.2 Matéria-prima para a proposta de painel

Ao longo deste capítulo será dissertado uma breve introdução sobre cada matéria prima utilizado no projeto com o intuito de fundamentar a sua escolha.

2.2.1 Bagaço de cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor de cana-de açúcar (*Saccharum officinarum*) do mundo, com uma produção de 625 milhões de toneladas (CONAB, 2018, p 8-10), sendo que a maior parte desta matéria prima é destinada para produção de açúcar e etanol. Em decorrência disto, gera um subproduto que é o bagaço de cana, correspondente a 30% da cana moída. A própria indústria reutiliza este subproduto na geração de energia, entretanto estima-se que há um excedente que pode chegar até 30% de bagaço (FAPESP,1998, p.12), criando assim uma grande quantidade de resíduos.

O bagaço da cana é formado por polissacarídeos (açucares complexos) sendo: 40% de celulose, 35% de hemicelulose (compostos normalmente encontrados nas paredes celulares vegetais), além de 15% de lignina (biomassa lignocelulósica), formando assim 90% do peso seco do vegetal (FAPESP,1998, p.12). Esta última substância é constituída por estruturas complexas, dando assim uma grande resistência mecânica na planta. Estes compostos juntos somam mais de 75% da biomassa do bagaço (SOARES, 2012).

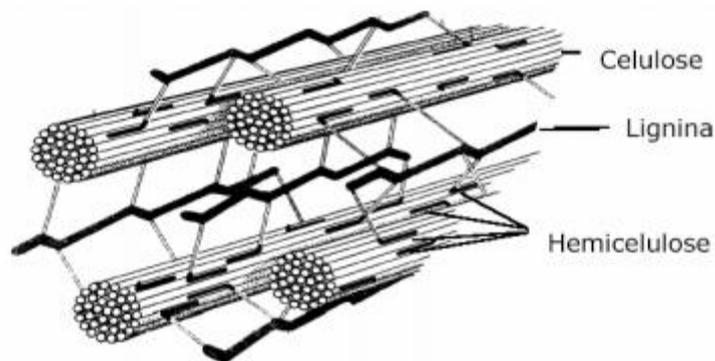


Figura: composição dos materiais lignocelulósicos

Fonte: Pereira Jr.2004.

Como podemos ver na ilustração, compostos lignocelulósicos é um material de parede celular vegetal constituída por várias camadas. A camada externa, composta por lignina, é responsável por realizar a união das células adjacentes. Já a camada interna, constituída por microfibras cilíndricas de celulose e hemicelulose, é responsável por conferir rigidez ao composto através da ligação química destes componentes (AZADI et al., 2013). Nas palavras de BRIZZI (2017, p.19), os compostos lignocelulósicos são:

 materiais fibrosos, que formam matrizes complexas constituídas de celulose, um rígido polímero de glicose, hemiceluloses, pectinas e outras gomas. Adicionalmente, essa matriz é impregnada com lignina, a qual pode ser considerada como uma cobertura de resina plástica, encontrados no bagaço da cana-de-açúcar.

Por conseguinte, a utilização do material no projeto mostrou-se de grande pertinência, visto que é um elemento em abundância, resistente e com uma destinação atual que explora pouco o seu potencial físico-químico.

2.2.2 Fécula de Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é uma das plantas mais lavrado do mundo, principalmente nos trópicos, devido as condições climáticas ideais exigida no plantio deste vegetal, do qual, o Brasil é um dos grandes produtores, cuja sua principal destinação é para a produção da farinha de mesa (SILVA et al., 2012). A fécula de mandioca é uma substância oriunda do processamento das raízes deste vegetal, sendo assim um produto *amiláceo* – que “são aqueles que contêm fontes de amido (carboidratos), provenientes de plantas com órgãos de reserva ricos em amido, considerados fontes de energia” – (AGETEC,).

Abaixo, notamos como é realizado o processamento da fécula de mandioca. Como podemos perceber a partir do fluxograma, após ser colida, a mandioca vai para a indústria onde é descascada e moída. Em seguida, vai para a lavagem, na qual a massa ralada passará pelo processo de decantação, que separará o amido de materiais proteicos e impurezas. Posteriormente seguirá para a secagem, classificação, empacotamento e armazenamento.

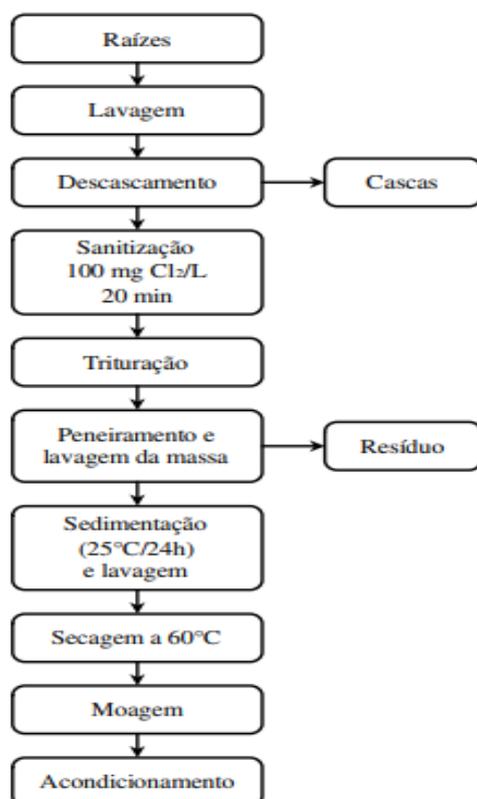


Figura: Fluxograma do processamento das féculas de mandioca

Fonte: Emater, 2004

Atualmente sua utilização se dá a mais de mil segmentos, como, nas indústrias alimentícias, de plásticos e siderúrgicas (SILVA et al., 2012). O amido presente na fécula de mandioca, quando submetido a determinadas condições de temperatura (90 a 180 °C) e pressão, acrescido da presença de um agente plastificante como água ou glicerol, ocorre a destruição da estrutura semicristalina dos grânulos, formando assim uma matéria gelatinosa que ao ser extrudada transforma-se em um fundido, denominado amido termoplástico (SANTOS; COELHO; ASSAD FILHO, 2014).

Em detrimento aos dados apontado, este produto é de fundamental importância para a pesquisa, devido suas características aglutinadoras (quando no estado gelatinoso), de fácil maleabilidade, naturais e renováveis.

2.2.3 Arroz

O arroz (*Oryza sativa*) é uma das culturas cerealíferas mais lavradas do mundo, assumindo a terceira posição, sendo ultrapassado apenas pelo milho e trigo. Só ele é responsável por ser o alimento principal de mais da metade da população mundial.

O Brasil é considerado o maior produtor não-asiático do grão, tendo uma produção de mais 13 milhões de toneladas por ano, que correspondem a 2,17% da produção mundial (FAO, 2006). Sendo assim, por ser um produto culinário muito presente na cultura brasileira, ele se caracteriza por ser muito acessível.

Constituinte	Arroz integral	Arroz branco polido	Arroz parboilizado polido
Amido total	74,12	87,58	85,08
Proteínas (N x 5,95)	10,46	8,94	9,44
Lípidios	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,30	0,67
Fibra total	11,76	2,87	4,15
Fibra insolúvel	8,93	1,05	1,63
Fibra solúvel	2,82	1,82	2,52

Fonte: Adaptado de STORCK (2004).

Tabela de composição do Arroz

Como podemos ver na tabela, o arroz tem como principal composição o amido, que, assim como a fécula de mandioca, ao ser submetido a determinadas condições de temperatura e pressão, acrescidas de um agente plastificante, se transforma em

uma substância gelatinosa. Com isso, busca-se potencializar o poder aglutinador da goma.

2.2.4 Breu

O breu é um produto obtido pelo processo de destilação do alcatrão vegetal, derivado de árvores da família das *Pinaceas*. Em temperatura ambiente, ele consiste em uma substância sólida e quebradiça com aspecto vítreo. Porém, ao ser aquecido entra em um processo de fusão (90 a 115°C), no qual sua viscosidade diminui progressivamente.

Sua composição química é formada por carbono, hidrogênio e por pequenas quantidades de azoto, oxigênio e enxofre, podendo ter algumas variações devido à natureza dos produtos de origem e também dos processos de fabricação (CAETANO, 2019). Este material, devido sua polaridade molecular, é insolúvel em água e óleos parafínicos. Sua aplicação abrange vários setores da indústria, podendo ser utilizado na fabricação do papel, tintas, vernizes, adesivos, borrachas sintéticas, atuando também, nas áreas de cosmética e alimentícia, (Neves et al, 2001).

Portanto, devido as características descritas, este material se mostra de grande relevância para o trabalho, no intuito de ser a substância impermeabilizante.

2.3 Projeto do material e design

Ao se desenvolver um produto, tanto seu processo de fabricação quanto os materiais que serão usados são temas de grande relevância para o *design*. Isto está evidenciado no fato de que além de permitirem a concretização das ideias, carregam uma experiência afetiva que os usuários mantêm com as peças, influenciando assim a decisão de compra e sua opinião em relação a isso. Portanto, ao escolher determinados materiais e métodos construtivos, podem criar uma cultura de sustentabilidade para aqueles que irão usufruir de seus projetos. De acordo com Souza (2018, p. 49):

O design tem o papel de mediador em problemas que envolvem o desenvolvimento de produtos e bens culturais, meios de reforçar a identidade local, utilizar o capital territorial, promover o senso de pertencimento e reelaborar habilidades tradicionais no contexto contemporâneo.

Em razão a isso, o design, a partir da década de 90, começou seus estudos para gerar alternativas que promovessem o senso de pertencimento aos utentes de seus territórios e suas riquezas naturais, com o objetivo de gerar uma consciência coletiva de consumo ecologicamente inteligente.

Atualmente, há vários laboratórios e estúdios de *design* estudando e desenvolvendo matérias em busca de alcançar essas premissas. Em especial, destaca-se o Chris Lefteri Design, em cujo seu próprio site eles dizem “Somos um estúdio de design liderado por materiais que preenche a lacuna entre as indústrias de materiais e a comunidade de *design*”. Além disso, ainda se ressalta o Materfad, denominado como um centro de materiais e situada em vários pontos do mundo, o qual presa pelo desenvolvimento de pesquisa e inovações tecnológicas no campo de novos materiais, fornecendo também consultorias e treinamentos a universidades, centros tecnológicos, empresas e profissionais.

Uma das estratégias propostas pelos *designers* é a utilização de materiais locais para o desenvolvimento de suas criações, pois gera um consumo mais sustentável. Ademais, este rentabiliza os empreendimentos com a diminuição na dependência de recursos de preços oscilantes, em detrimentos do valor de frete ou taxas de importação. Outrossim, contribui para a redução da concentração dos lucros no poder de grandes empresas permanecendo, assim, nos locais de origem.

Portanto, o profissional da área de *design* se mostra de grande importância para criação de novos materiais, que trazem consigo significados que busca associar o material a sustentabilidade. Isso se faz de grande pertinência num mundo onde cada vez mais os recursos são limitados, colaborando assim para o desenvolvimento de uma consciência ecológica na sociedade (SOUZA, 2018).

3 DESENVOLVIMENTO PROJETUAL

3.1. Problema De Projeto

O projeto pretende operar na área da sustentabilidade, inovando no que diz respeito aos materiais e métodos produtivos dos painéis de aglomerados existentes. Estes possuem substâncias não renováveis e sua matéria prima – a madeira – tem na sua produção o objetivo de abastecer somente esta indústria, ou seja, após a utilização da madeira para a produção dos aglomerados, seus resíduos não servem a nenhum outro fim além de abastecimento das caldeiras. Assim, neste modo de produção não há espaço para a reutilização de materiais, sendo totalmente exploratória.

Este projeto visa a reutilização do bagaço de cana na produção de aglomerados. Para isto o bagaço deve ser triturado em um triturador forrageiro e seco em uma estufa com circulação de ar, transformando-o em pequenas fibras e facilitando sua manipulação, fazendo com que ele possa se adequar a qualquer molde.

Posteriormente, deve ser adicionada uma goma a base de fécula de mandioca, água e cola de arroz – produtos também biodegradáveis – o objetivando fornecer um agente aglutinador ao experimento. Assim, será obtida uma massa flexível, que poderá ser acomodada em uma forma. Em seguida, ela deve ser concomitantemente prensada e aquecida em uma prensa térmica, de modo que permita que o material se torne mais denso e se conforme em uma chapa.

Seguidamente, a substância deve ser acondicionada em uma estufa com circulação de ar para secagem, permanecendo por 24 horas. Desta forma, a água que ainda restava no produto será evaporada, solidificando a peça.

Para a impermeabilização, deve ser utilizado a resina breu que, após aquecida, formará um líquido no qual o material deverá ser banhado. Com isso, uma camada fina de breu percorrerá o produto que, após a secagem, garantirá sua resistência a água.

3.2. Análise De Similares

Atualmente o *Medium-Density Fiberboard* (MDF) é o material mais popular no mercado, no entanto este produto tem um grande inimigo que é a água, pois ao entrar em contato com as fibras de madeira, ela é absorvida, fazendo com que o produto inche, deformando-o. Assim, devido ao seu alto uso em áreas molhadas – como cozinhas e banheiros – quando o fato ocorre, pode gerar um grande transtorno ao consumir.

Além do mais, é importante ressaltar que em sua composição utiliza-se de uma resina não renovável denominada ureia-formaldeído, derivada de petróleo, que além de elevar o custo do adesivo – que será refletido no preço das chapas – gera um grande impacto ambiental.

Nesta perspectiva, como uma alternativa sustentável temos as Chapas Ecológicas de Caixinha de Leite da empresa Ecopex. Com uma proposta de reutilizar “lixos” domésticos, como as caixinhas de leite longa vida, a empresa desenvolve chapas que podem ser utilizadas na construção civil, como canteiros de obras, *outdoors*, divisórias, forros, entre outros.

Estas chapas possuem em sua composição a presença de alumínio, Pet, Polietileno e Polinylon, fornecendo assim umas grandes resistências mecânicas ao material. Desta forma, elas podem ser atiradas ao chão sem sofrerem maiores danos, além de serem bons isolantes térmicos.

No entanto, apesar da utilidade, ela perde campo no quesito estético, o que pode gerar uma resistência do consumidor em adotar a proposta. Além do mais, por ser composta de várias substâncias sintéticas, os resíduos gerados na sua utilização, ainda sim, podem causar impactos ao meio ambiente. Portanto, em relação ao ponto mencionados, este trabalho tem um diferencial, pois como utiliza como base o bagaço de cana-de-açúcar – um subproduto natural da industrial – seus resíduos também são biodegradáveis.

Não obstante, reconhecendo a relevância do trabalho da Ecopex para o incentivo da reciclagem, ressalta-se que este trabalho tem um foco diferente desta empresa. Acredita-se que este projeto objetiva atuar em outras áreas não abrangidas pelos produtos da já mencionada companhia e, desta forma, complementar o compromisso com a sustentabilidade.

O produto desenvolvido a base de bagaço de cana de açúcar, fécula de mandioca e arroz pretende maximizar o uso de materiais renováveis advindo da

agricultura. Desta forma será capaz de apresentando materiais de baixo custo, renováveis, de uso inovador e com modo de produção ecologicamente inteligente.

3.3. Estudo de viabilidade

O projeto, assim como os modelos similares, tem uma aplicabilidade versátil. Por ser um painel de aglomerado, constitui matéria prima para construção de diversos objetos. Porém, este trabalho tem o foco de atingir aplicações residenciais, como móveis, artesanatos e decorações.

Quanto ao processo de fabricação, apesar de utilizar um método pouco complexo, a exigência de equipamentos e tecnologia, inviabiliza o modo artesanal de produção. Logo, o trabalho visa o fabrico industrial, e apresenta uma viabilidade positiva.

Por utilizar recursos de baixo custo, renováveis e encontrados em abundância no mercado – parte obtidos de subprodutos da indústria – o material pode ser facilmente replicado em escala industrial, tendo como principal vantagem a sustentabilidade, a leveza, a impermeabilidade e o baixo custo.

Pontos forte <ul style="list-style-type: none">• Baixo custo de produção• Matéria prima sustentável• Material impermeável	Pontos fracos <ul style="list-style-type: none">• Baixa resistência a impactos/esforços mecânicos.
Oportunidades <ul style="list-style-type: none">• O bagaço é um subproduto descartável pela indústria.• Proposta inovadora, cujo mercado apresenta abertura	Ameaças <ul style="list-style-type: none">• Receptibilidade pelo consumidor

3.4. Lista De Requisitos

Para a idealização do projeto foram requisitadas algumas premissas:

- Utilização de matérias primas renováveis e de baixo custo;
- Produzir um composto impermeável;
- Produto leve e versátil;
- Biodegradável

4. Projeto

O projeto iniciou-se com a coleta do bagaço de cana na feira livre da avenida Monsenhor Eduardo na cidade de Uberlândia-MG.



Figura 1 – Bagaço de cana coletado na feira livre.

Após a coleta do bagaço (figura 1), ele foi triturado em um triturado picador forrageiro de facas (marca e modelo não indentificado) usando a peneiras de malha 8mm (figura 2 e 3).



Figura 2 – Triturador picador forrageiro de faca.



Figura 3 – Processo de Trituração do bagaço.



Figura 4 – Bagaço triturado com fibras em tamanho médio de 8mm

Em seguida o bagaço foi levado para a estufa com circulação de ar de marca odontobras, modelo MOL – EL – 1.3, 1000W, na qual foi seco a uma temperatura de 60°C por 24 horas (figura 5 e 6).



Figura 5 – Estufa com circulação de ar, marca odontobras, modelo MOL – EL – 1.3, 1000W.

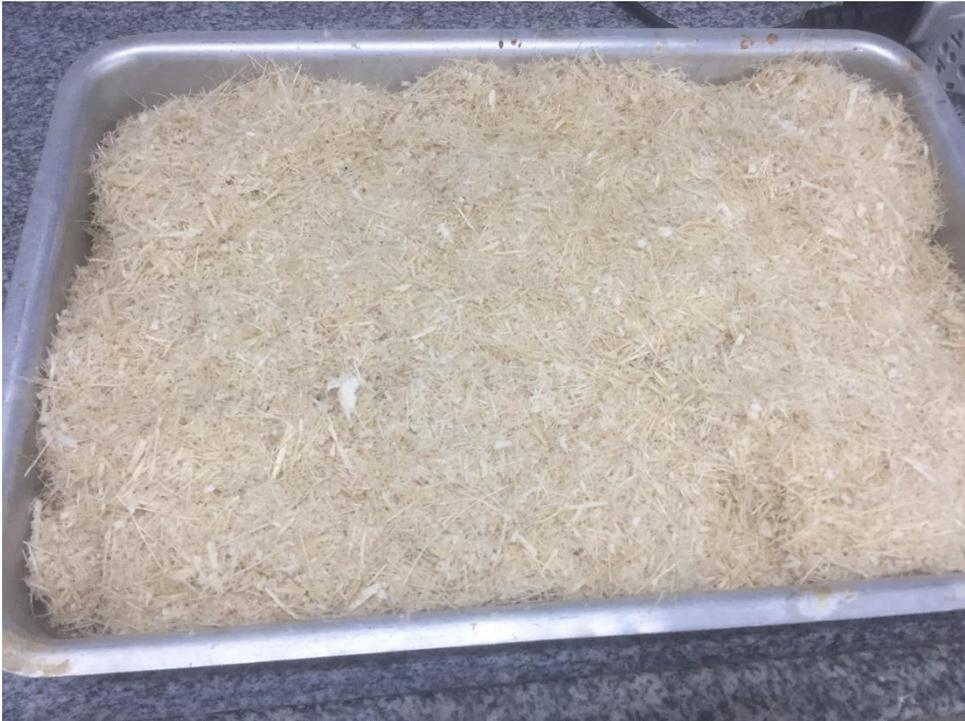


Figura 6 – Bagaço de cana seco após 24 horas na estufa a 60°C.



Figura 7 e 8 – Goma de fécula de mandioca e arroz após 2 min de cozimento acrescido do bagaço.

Após, a fécula de mandioca e a cola de arroz foram colocados na panela e cozinhados por cerca de 2 minutos até se transformarem em uma goma, na qual foi adicionado o bagaço e misturada até formar uma massa homogênea (figura 7 e 8). Esta foi colocada no molde para prensagem, formando, assim, um corpo de prova (CP) nas dimensões de 200mm x 200mm. Para isso, ele foi embalado em papel celofane culinário para evitar os respingos na máquina (Figura 9 e 10).



Figura 9 – Massa acomodada no molde. **Figura 10** – Massa já preparada para prensagem.



Figura 11 – CP sendo compactado na prensa hidráulico-térmica.



Figura 12 – Pressão de 10 Bar.

Em seguida, a massa foi levada a uma prensa hidro-térmica, no qual foi compactada a uma temperatura de 70°C, e pressão de 10 Bar, por 10 minutos (Figura 11 e 12). Nesta fase, devido a construção artesanal do molde, houve falha em sua vedação, ocasionando o extravazamento de bagaço, de modo que ele não atingisse sua compactação ideal (Figura 13).



Figura 13 – Falha na vedação do molde.



Figura 14 – CP conformado.



Figura 15 – CP sendo seca na estufa por 24h.

Seguidamente, o corpo de prova foi retirado da prensa e levado para uma estufa com ventilação, em uma temperatura de 100°C em que ficou por 24 horas (Figura 14 e 15).



Figura 16 e 17 – CP seco e fatiado, nas dimensões de 200mm x 40mm x 14mm.

Após, o corpo de prova foi desmoldado e fatiado em quatro tiras das dimensões de 200mm x 40mm (Figura 16 e 17), com espessura de 14mm, pronto para a realização dos testes físico-mecânicos.



Figura 18 – Breu no processo de moagem.



Figura 19 – Breu sendo derretido m fogareiro a gás.

O breu, que foi usado como agente impermeabilizante, foi moído e prontamente derretido (Figura 18 e 19). Em seguida, o CP foi submerso na substância, criando uma camada externa que vitrificou o material, impedindo a absorção de água pelo composto (Figura 20).



Figura 20 – CP impermeabilizado pronto para uso.

4.1. Memorial Descritivo

O molde de aço foi produzido em laboratório com chapas e cantoneiras de 8mm, as laterais foram soldadas e o fundo e a tampa permaneceram soltas para facilitar a remoção do CP.

Para a confecção do CP, com as dimensões de 200mm x 200mm, foram utilizados 125g de bagaço de cana, 100g de polvilho, 50g de cola de arroz, 70g breu e 500ml de água.

Para a execução do projeto foram utilizados alguns materiais de uso domésticos devido a limitação tecnológica, como panela de 20 litros (caçarola), colher de pau, fogareiro a gás para camping.

Além do mais, foram utilizadas máquinas de testes laboratoriais como prensa hidráulico-térmica, estufa com circulação de ar, balança de precisão de 0,1g e triturado picador forrageiro de faca.

Para o teste de resistência foi utilizado a máquina de ensaio de marca INSTRON modelo 5982.

4.2. Documentação Técnica

Com o CP desenvolvido foi realizado o teste de flexão na máquina de ensaio de marca INSTRON modelo 5982 (Figura 21). Os resultados obtidos estão demonstrados no gráfico e na tabela abaixo.

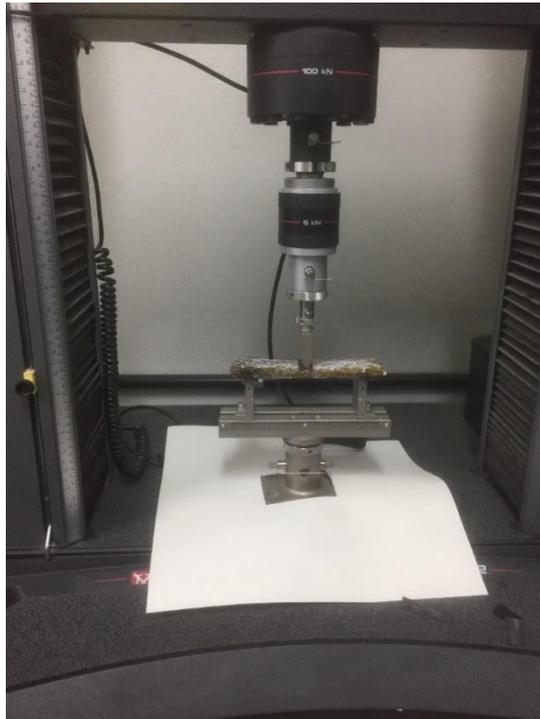
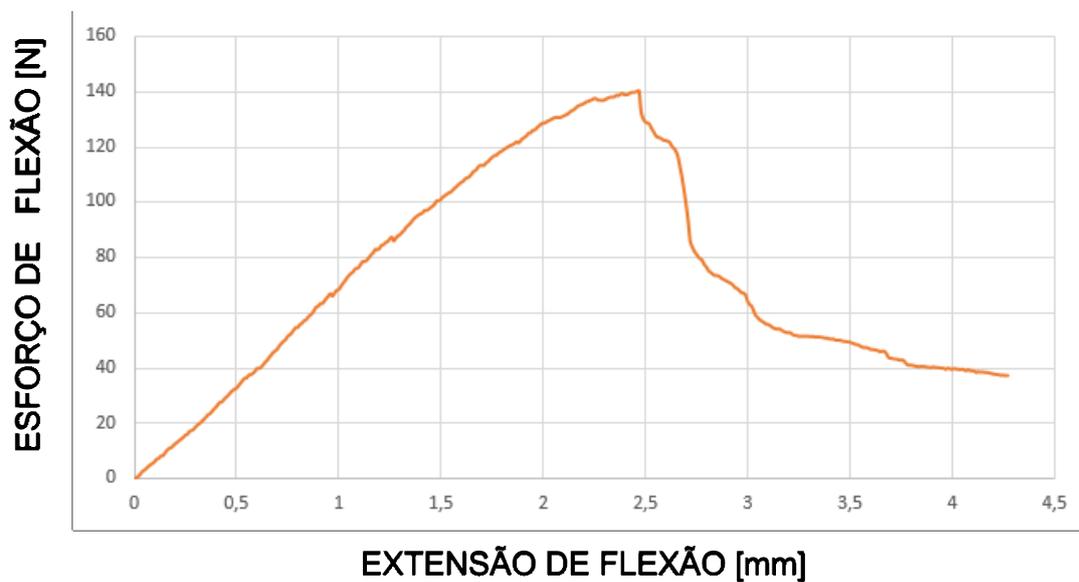


Figura 21 – Teste de resistência mecânica.

Gráfico de teste de flexão



PARÂMETROS AVALIADOS	RESULTADO	UNIDADE
Carga máxima	140,5962	N
Carga máxima de deformação	140,5962	N
Extensão em carga máxima	2,47003	mm
Extensão em tensão máxima à flexão	2,47003	mm
Esforço de flexão em Estresse máximo à flexão	2,72214	MPa
Extensão de flexão em Estresse máximo à flexão	2,47036	mm
Propriedades do corpo de prova: Espessura	14,31	mm
Propriedades do corpo de prova: Largura	45,4	mm

No teste feito o material obteve as seguintes características fisco-mecânicas:

- MOE : 3,402679 MPa
- MOR : 549,5727 MPa
- Densidade: 0,52 g/cm³

Ao comparar os resultado obtido com as informações da norma ANSI A208.1, apresentada no ponto 2.1.1, o composto é classificado como de baixa densidade, tendo recomendação de uso para forros, revestimentos, divisórias e decorações.

4.3. Imagens Do Protótipo e Rendering

Abaixo podemos verificar o produto já finalizado, com um aspecto vitrificado, rígido, de coloração amarelada e de superfície lisa (Figura 22).



Figura 22 – Produto final já impermeabilizado

Com base no melhoramento do método produtivo do material, ambiciona-se a substituição de algumas áreas no qual materiais degradantes, como o MDF, são utilizados. Devido à baixa resistência apresentada nos teste físico-mecânicos, ainda não é possível afirmar a utilização do material em espaços que exigem maiores esforço mecânicos. No entanto, o produto será efetivo em áreas no qual este esforço não é exigido, como divisórias e forros.

Além do mais, a qualidade impermeável apresentada pelo material o torna ideal para ambientação de áreas externas, podendo também ser um substituto a coberturas tradicionais, como, a telha de fibrocimento (Figura 25). Outra característica importante que pode ser observada é sua estética, com a tendência atual de valorizar materiais em sua textura *in natura*, ele já possui um mercado em expansão (Figura 24).

Abaixo foi apresentado um modelo de divisória sustentável e impermeável para área externa como sugestão de uso do material, em conformidade com o desempenho apresentado nos ensaios de resistência físico-mecânicas (Figura 23).



Figura 23 – A característica impermeável do produto o tornou ideal para ambientação de área externa.

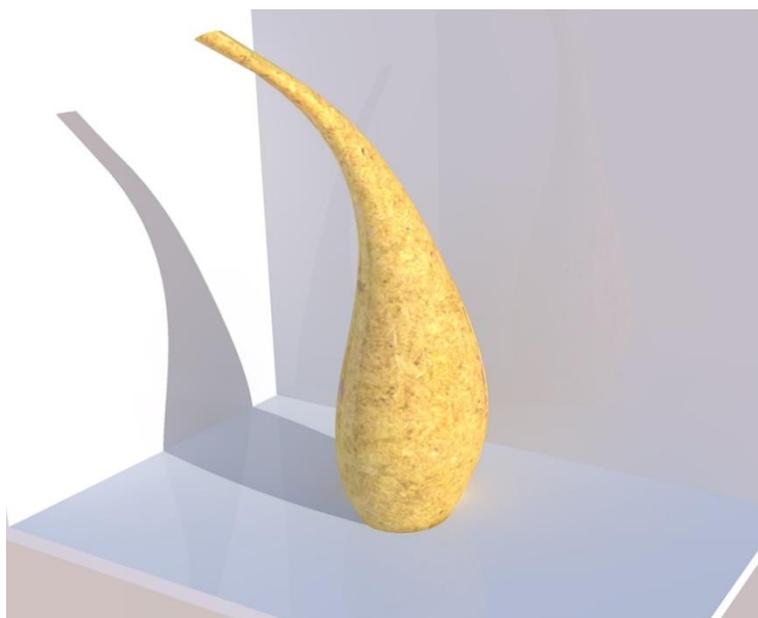


Figura 24 – Foi proposto um modelo orgânico de vaso, no intuito de demonstrar a versatilidade de formas que o material pode tomar.



Figura 25 – De acordo com suas características e resistência constatada nos ensaios, foi apresentado um protótipo de cobertura ecológica, que pode substituir até mesmo as convencionais telhas de fibrocimento.

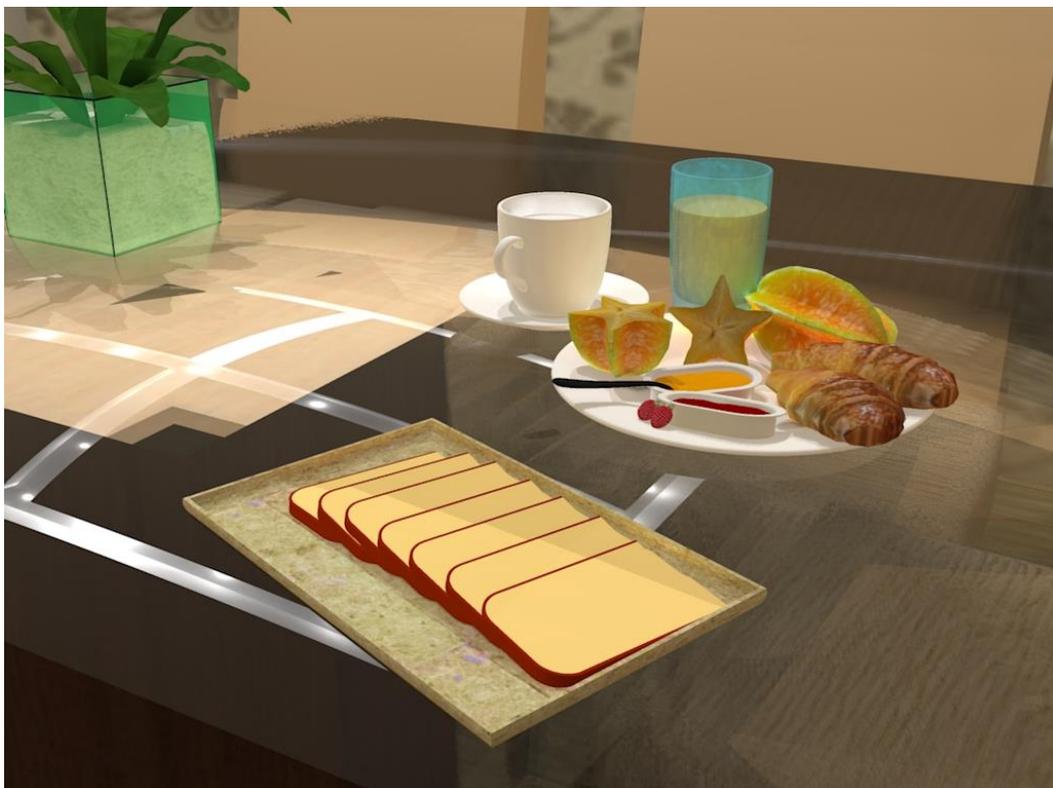


Figura 26 – Nos testes feitos, comprovamos que o material, mesmo sem a presença do agente impermeabilizante Breu – que é uma substância não recomendada para o contato com

alimentos – ofereceu uma considerável resistência a água. Desta forma, se possibilita sua utilização no desenvolvimento de bandejas ecologicamente corretas para o armazenamento e transporte de frios, contrapondo, deste modo, às sintéticas e cancerígenas bandejas de Poliestireno.

5 CONCLUSÕES

1. A matéria prima é de fácil obtenção e é um subproduto industrial descartável, tendo sido obtido gratuitamente em feira livre, podendo também ser adquirida por um baixo custo na indústria.
2. A fécula de mandioca, juntamente com a cola de arroz, fora eficaz na formação de um agente aglutinante natural, e seu valor agregado de mercado é muito menor do que as resinas tradicionais. Deste modo, a produção deste material terá um valor final bem mais acessível ao consumidor.
3. Para maior resistência do material foi adequada a utilização da proporção de 4/5 de bagaço em função do agente aglutinante.
4. O breu conseguiu impermeabilizar o material totalmente, sendo um produto renovável e natural, atingindo a proposta sustentável do projeto.
5. Na obtenção de um melhor resultado, o molde precisa ser vedado de forma a não permitir o vazamento do bagaço, mas apenas do excesso de goma. Pois, ao ser pressionado, o vazamento do bagaço poderá comprometer sua compactação, o que reduzirá a resistência do material.
6. Como o produto não conseguiu a compactação esperada, acarretou uma baixa resistência mecânica, o tornando inadequado para utilizações que sofra grandes esforços. No entanto, o material não foi inviabilizado, possuindo recomendação de uso, de acordo com a norma ANSI A208.1, para painéis de baixa densidade, como decorações, preenchimentos, divisórias e forro.
7. Em relação ao *desing*, o produto atingiu as expectativas com relação a sua versatilidade de aplicação, podendo ser acomodado em qualquer molde. Assim, ele pode adquirir vários formatos distintos, ampliando as opções de materiais ecologicamente corretos do profissional do *desing* de produtos.
8. O produto atingiu a sustentabilidade esperada.

6 REFERÊNCIAS

ANDRÉA CURIACOS BERTOLINI. **Amiláceos**. Elaborada por Agência de Embrapa de informações tecnológicas (AGEITEC). Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000fid57plx02wyiv80z4s4737lcrsun.html>. Acesso em: 16 nov. 2019.

AZADI, Pooya et al. Liquid Fuels, Hydrogen and Lignin Chemicals. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, Amsterdã, v. 21, p.506-523, maio 2013

American National Standards Institute - “Mat-formed wood particleboard: Specification; National Particleboard Association; ANSI A208.1-1993”, Gaithersburg (1993).

BRIZZI, Priscila da Silva. **Extração da lignina do bagaço de cana-de-açúcar e seu emprego na melhoria da resistência a compressão do cimento odontológico**. 2017. 64 f. Tese (Doutorado) - Curso de Licenciatura em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

CAETANO, Mário. **Breu**. Disponível em: <<https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/materias-primas/agentes-de-pegajosidade/tipos-agentes-de-pegajosidade/breu/>>. Acesso em: 10 out. 2019

Companhia Nacional de Abastecimento - Conab Safra 2018/19 - N.1 - Primeiro Levantamento | Maio. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília - DF: Conab, 2018.

EXPLORAÇÃO DE PINUS RESINÍFERO EM PEQUENOS MÓDULOS RURAIS.

2001. 48 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Agribusiness, Pensa - Programa de Estudos dos Negócios do Sistema Agroindustrial (USP), Sorocaba, 2001. Disponível em:<<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/neves.ga.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

HASELEIN, C.R.; PAULESKI, D.T. Caderno didático da disciplina de Tecnologia da Madeira II – Parte II. Imprensa Universitária – UFSM: Santa Maria, 53p. 2004.

IWAKIR, Prof. Setsuo. **PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA**. 2005. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassetso/setsuo-pma.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2019.

MICHAELIS (Ed.). **Michaelis - Dicionário Escolar - Língua Portuguesa**. 4. ed. São Paulo: Melhoramentos, 2016. 992 p.

NEVES, Generci Assis et al. **ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA**

SOARES, L. C. S. R. Destoxificação biológica do hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar para utilização em processos fermentativos. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial na Área de Microbiologia Aplicada) – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2012.

SANTOS, Bruna dos; COELHO, Tânia Maria; ASSAD FILHO, Nabi. PRODUÇÃO DE PLÁSTICO BIODEGRADÁVEL A BASE DE AMIDO MODIFICADO. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA – EPCT , 9, 2014, Campo Mourao. **Anais**. Campo Mourao: Unespar, 2014. p. 1 - 11.

SILVA, P. A. et al. OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS FÉCULAS DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA PRODUZIDAS NO ESTADO DO PARÁ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA-COBEQ, 19., 2012, Búzios- Rj. **Anais**. Búzios - Rj: Cobeq, 2012. p. 8259 – 8268

SOUZA, Aline Teixeira de. **Materiais autóctones e técnicas experimentais**. 2018. 234 f. Tese (Doutorado) - Curso de Faculdade de Arquitetura, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2018.

