

Bagaço de cana de açúcar: matéria prima para fabricação de materiais biodegradáveis

DIAS, Breila Pessoa
ROWE, Rosa Valéria Abreu

Resumo

Este trabalho teve por objetivo desenvolver um material a base de fibra de bagaço de cana, biodegradável, que possa ser utilizado para diversos fins, como por exemplo, na confecção de produtos artesanais, para embalagens em geral, dentre outros. Os compósitos foram confeccionados a partir do processo de polpação alcalina para extração das fibras e a estas foram adicionados um ou mais aditivos químicos (emulsificantes, estabilizantes, plastificantes). Os testes foram secos em estufa e posteriormente analisados quanto às variáveis: densidade aparente, temperatura, grau de soltura a placa de petri, resistência, e aparência com outros materiais de uso do homem. Os resultados obtidos apresentaram a formação de compósitos com boas características para embalagens, confecção de peças artesanais e materiais afins.

Palavras-chave: produtos artesanais, materiais compósitos, fibras lignocelulósicas.

Abstract

This study aims to develop a material derived from sugar cane bagasse fiber which can be used for various purposes, e.g., in making handicraft products, for packaging in general, and other uses. The composites were made from the alkaline pulping process for the extraction of fibers, one or more chemical additives being added to the fibers. Test samples were dried and subsequently analyzed for several variables, including density, temperature, degree of loosening the petri dish, and resistance. The results may present the formation of composites with good characteristics for packaging, the making of handicrafts and related materials.

Key words: sugar cane bagasse, composites, lignocellulosic fibers.

Resúmen

Este estudio tuvo como objetivo desarrollar un material derivado de la caña de azúcar fibra de bagazo, biodegradable, que puede ser utilizado para diversos fines, por ejemplo, en la fabricación de productos de artesanía, para envases en general, entre otros. Los materiales compuestos se hicieron desde el proceso de

fabricación de pasta alcalina para la extracción de las fibras y estos se há añadido uno o más aditivos. Las pruebas se secón um horno y posteriormente se analizaron para lãs variables, densidad, temperatura, grado de aflojamiento de la placa de Petri, la resistencia, la apariencia y otros materiales com el uso del hombre. Los resultados podrían proporcionar la formación de compuestos com buenas características para embalaje, fabricación de artesanías y materiales relacionados.

Palabras clave: productos artesanales, materiales compuestos, fibras de lignocelulosa.

INTRODUÇÃO

Diversos produtos ecológicos, na atual era tecnológica, são produzidos a partir de biomassa vegetal. O intuito, meramente altruísta, se faz, por serem de fonte renovável, biodegradável e contribuintes significativos na substituição dos materiais de origem petrolífera, que, poluentes e indesejáveis aos olhares da sustentabilidade ambiental, se tornaram os grandes vilões dos ambientes naturais e urbanos.

O principal uso que se faz da biomassa vegetal, é na extração de suas fibras para a fabricação de papel pelas indústrias de celulose, ou mesmo na confecção do papel artesanal. Porém, novas pesquisas apresentam a possibilidade do uso destas fibras para a fabricação do etanol de segunda geração, além do bioplástico e como aditivo a ração animal.

A maior fonte de fibras vegetais utilizadas para tais fins provém, principalmente, dos resíduos gerados nos processos agroindustriais. A palha do arroz, da soja, o bagaço e a palha da cana de açúcar, a fibra de coco e o bagaço da laranja, são exemplos de resíduos vegetais fibrosos muito utilizados como matéria prima para a fabricação dos produtos sustentáveis citados. É relevante o uso destes, uma vez que, sendo resíduos podem ser vendidos a valores mais baixos como matéria prima, além de serem transformados em embalagens de rápida decomposição em ambientes microbiologicamente ativos, e ainda, a possibilidade da conduta ecológica contribuindo para a redução do seu volume no descarte na natureza.

Dentre todos os tipos de resíduos fibrosos, o bagaço de cana é uma das matérias prima mais utilizada atualmente, seja pelo grande volume gerado e que, conseqüentemente, obtém-se um valor de custo muito baixo, seja pelo olhar ambiental, pois mesmo sendo um composto orgânico, pode causar impactos ambientais se não houver um gerenciamento correto no descarte na natureza. Assim, o homem tem feito bom uso deste resíduo, com a fabricação de produtos atraentes, como por exemplo, a fibra de carbono produzida a partir da extração da lignina do bagaço de cana, o bioplástico, as embalagens de alimento e o etanol de segunda geração. Todos, produtos que direta ou indiretamente contribuem para a sustentabilidade do planeta.

Neste contexto, valorizando o uso destes resíduos fibrosos para fabricação de produtos e sob o olhar da sustentabilidade ambiental, este trabalho teve por objetivo, desenvolver um material a base de fibra de bagaço de cana, biodegradável, que possa ser utilizado para diversos fins, como por exemplo, na confecção de produtos artesanais, materiais para jardinagem, embalagens em geral, sendo precursor, como matéria prima, para geração de renda, principalmente para pequenos empreendedores.

1. REVISÃO DA LITERATURA

1.1 Biotecnologia a favor da sustentabilidade ambiental

A Biotecnologia pode ser definida como a utilização de células ou moléculas orgânicas para produção de diversos bens e serviços de uso do homem, sendo explorada nas áreas da saúde humana e animal, agricultura, energia, engenharia química, meio ambiente, dentre outras (MARX, 1989 *apud* PEREIRA *et. al.*, 2008).

A Sustentabilidade é um conceito de múltiplos aspectos, onde o homem desenvolve ações que satisfaçam suas necessidades sem comprometer as presentes e futuras gerações, podendo ser aplicada em diversas áreas, como a social, econômica, política e ambiental. Já, o termo sustentabilidade ambiental, em um sentido amplo, abrange ações e atividades humanas exploradas em um determinado ambiente que visam suprir as necessidades atuais próprias sem comprometerem a demanda e os processos biológicos naturais deste ambiente, podendo ser este ambiente antrópico ou natural (MANZINI e VEZZOLI, 2005).

Agregar a Biotecnologia como instrumento a favor da sustentabilidade ambiental tornou-se ação imprescindível diante a crise ambiental atual. Hoje, o potencial tecnológico oferecido pela biotecnologia tem sido direcionado para o desenvolvimento de produtos, processos e sistemas que contribuam para a mitigação e prevenção de ações insustentáveis que prejudiquem os ambientes naturais e urbanos. Como exemplos podemos citar o bioplástico e as embalagens de alimentos a base de fibra de bagaço de cana, totalmente biodegradáveis e altamente promissoras para substituírem os termoplásticos e produtos pets derivados do petróleo (TELLES, 2011).

Além deste, muitos outros polímeros estão sendo extraídos pela Biotecnologia para fabricação de outros materiais, como por exemplo, polímeros eficientes na adsorção de compostos tóxicos de efluentes industriais (Gupta, 2009 *apud* Debrassi *et. al.*, 2011) e polímeros para fabricação de gomas e emulsificantes na indústria de alimentos. Todos, extraídos de resíduos fibrosos, principalmente da agroindústria canavieira (*op.cit.*)

Outro produto que merece destaque, procedente de biomassa vegetal, é o bioetanol, que é grande contribuinte para a redução de dióxido de carbono, em relação a gasolina, com significativa parcela de contribuição para a Sustentabilidade Ambiental, por emitir menores proporções de dióxido de carbono (MACEDO *et. al.*, 2004). Além deste, o etanol de segunda geração já é uma realidade, sendo produzido a partir de processos biotecnológicos da hidrólise das fibras de celulose por um complexo enzimático, produzindo monômeros de glicose que, posteriormente, é fermentado e transformado em etanol (CTBE, 2011). A atratividade deste produto está no fato de utilizar fibra vegetal para produzir combustível, todo o mérito para a Ciência e a Biotecnologia, pois, através deste processo proporciona a utilização de qualquer fonte de fibra vegetal para o objetivo específico, e o foco maior está justamente nos resíduos agroindustriais da cana, soja, arroz e milho (*op.cit.*)

Assim, diante o contexto, é relevante a parcela de contribuição da biotecnologia a favor da sustentabilidade ambiental, pois apresenta novos caminhos, processos e produtos verdes que prometem, e se já o fazem, mudanças significativas no gerenciamento dos recursos biológicos, favorecendo medidas preventivas e mitigadoras da crise ambiental.

1.2 Produtos a base de fibra de bagaço de cana

A utilização das fibras de bagaço de cana para fabricação de produtos se tornou muito explorada, principalmente, por ser o bagaço, um dos resíduos gerados em maior volume no setor agroindustrial, perfazendo-se assim como uma matéria prima de alta disponibilidade e de baixo custo, além de renovável, biodegradável e muito atrativa para fabricação de produtos ecológicos.

O maior uso que se faz do bagaço é na extração das suas fibras, principalmente de celulose, para a fabricação de materiais diversos. Pode-se citar uma ampla gama de empresas, ONG's, universidades que hoje desenvolvem técnicas, processos e produtos a base de fibra de bagaço de cana, como por exemplo: a Roots Biopack (China) (BIOPACK, 2011), Braskem (Brasil) (BRASKEM, 2011) desenvolvem embalagens, como o bioplástico, para acondicionamento de produtos e alimentos; Dedini Indústrias de Base (DEDINE, 2011) e o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE, 2011) que desenvolveram a técnica para a produção do etanol de segunda geração; a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia que adicionou a ração animal fibras de celulose da cana como suplemento nutricional (Oliveira, 2011) e por fim ONG's como o Projeto Artecana com o papel artesanal e utensílios decorativos (ARTECANA, 2007) que, através da criação de cooperativas de artesãos proporcionaram renda a comunidades carentes.

1.3 Caracterização química e deslignificação das fibras de bagaço de cana

1.3.1 Caracterização Química

O bagaço de cana-de-açúcar é definido como resíduo dos colmos nos processos de produção de açúcar e álcool das indústrias sucroalcooleiras. Seus componentes principais são encontrados na parede celular da célula vegetal, que reúne fragmentos de carboidratos estruturais denominados assim de fibras lignocelulósicas, perfazendo-se em torno de 70 a 85% da massa seca do bagaço. A celulose é a principal fibra (44 a 50%), seguida da hemicelulose (24 a 30%) e da lignina (10 a 20%) (MEDEIROS, 1992 *apud* GERON *et. al.*, 2010; CTC, 2011). Além destes, frações menores de cinzas, extrativos, como graxas, gomas, amidos, alcalóides, pectinas, resinas e óleos essenciais, podem representar 5% da massa total (CANILHA *et. al.*, 2007).

O complexo fibroso é bastante resistente ao ataque de microrganismos, pois tais fibras estão intimamente ligadas por ligações de hidrogênio, o que dificulta a hidrólise dos polímeros para formação de moléculas menores e de fácil digestibilidade.

Dentre os componentes fibrosos, a celulose, cuja estrutura é formada por aproximadamente 10 mil monômeros de glicose ligados por ligações β (1-4) glicosídicas, é a fibra mais explorada pelo homem para fabricação de produtos. Compõem-se em feixes de

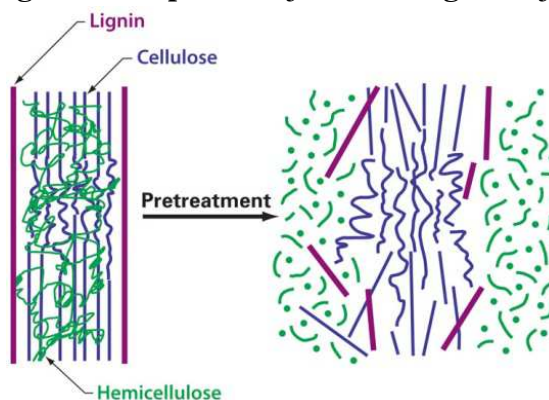
microfibrilas que se dividem em regiões altamente cristalizadas e regiões amorfas, ligadas por ligações de hidrogênio e de *van der Waals*. Esta conformação permite-lhe certo grau de resistência ao ataque de microrganismos tornando-se um produto atrativo como matéria prima para fabricação de materiais diversos e que para extraí-la, a técnica mais utilizada é a deslignificação ou simplesmente polpação química (CASTRO, 2010).

1.3.2 Técnica de Deslignificação

Entende-se por deslignificação, ou simplesmente polpação, a remoção ou desestruturação da lignina e hemicelulose das fibrilas de celulose (figura 1), através de técnicas de pré-tratamento que podem ser físicos, químicos ou biológicos, ou ainda, pela combinação destes, o que dependerá do grau de separação desejado e do fim proposto (CANILHA *et al.*, 2010)

A partir desta técnica, cujo objetivo principal é a utilização da celulose, muitos produtos são fabricados como, por exemplo, a fabricação do papel *kraft*, papelão ondulado, embalagens de alimento, a celulose como aditivo a ração animal, produção de gomas alimentícia, na fabricação do etanol de segunda geração, produção de enzimas, sendo inúmeras as aplicabilidades a que se destina a técnica e o uso da celulose. Para cada tipo de material que se deseja fabricar, uma ou mais técnicas de deslignificação são utilizadas.

Figura 1 – Representação da deslignificação



Fonte: Department of Energy's Genomics Websites (US DOE), 2007.

Entre os tipos de tratamentos que se faz com a celulose, o tratamento químico ainda é o mais usado pelo homem por ser este mais eficiente e de maior rendimento na extração das fibras.

Diversas são as rotas de polpação química para a hidrólise do complexo fibroso, a citar como exemplo, a ozonólise, que utiliza o ozônio para a deslignificação das fibras, sendo um processo que não produz resíduos tóxicos, porém é de alto custo. As hidrólises ácida (H_2SO_4) e

alcalina (NaOH), são as mais utilizadas e eficientes porém, geram resíduos tóxicos significativos e necessitam de gerenciamento no seu descarte na natureza (NAVARRO, 2007). E, por fim, uma técnica muito promissora é a deslignificação por organossolventes, principalmente o etanol, pois não geram compostos tóxicos, o solvente pode ser recuperado e, combinado a outros tratamentos, como um biológico ou físico, tem rendimento e qualidade de celulose muito próxima da polpação química (DEDINI, 2008).

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Produção de Biocombustíveis da Faculdade de Tecnologia de Araçatuba – FATEC, estado de São Paulo, e a biomassa utilizada para a pesquisa foi o bagaço de cana de açúcar, cedido pela usina Destivale, grupo Raízen, de Araçatuba/SP.

Para a confecção do material proposto, foi utilizada a técnica de polpação química com hidrólise alcalina. A solução utilizada para a deslignificação foi de NaOH a 5% em proporção 1:10 (m:v) acompanhado de um pré-tratamento mecânico e um tratamento térmico. O bagaço permaneceu em cozimento, sob solução por 60 minutos em temperatura de 110 °C. Após cozimento e resfriamento, as fibras foram lavadas até sua total neutralidade, secas em estufa e resguardadas para a etapa de confecção dos materiais. O licor de cozimento gerado como resíduo, foi neutralizado com solução ácida, antes do seu descarte final na rede domiciliar de esgoto (FERNANDES, 2010; NAVARRO, 2007).

2.1. Confecção dos Compósitos

Para a confecção dos compósitos, primeiramente, foram medidas em proporções predefinidas quantidades de fibras de celulose (matriz do compósito) e um ou mais aditivo químicos ligantes (espessantes, gelificantes e plastificantes).

Posteriormente, as fibras foram umedecidas com uma solução de peróxido de hidrogênio 3%, como antisséptico ao material, espalhadas sobre uma base fixa de apoio e, a estas, foram adicionados um ou mais aditivos ligantes (emulsificantes, plastificantes). Manualmente, a massa foi homogeneizada até que os aditivos se misturassem por completo às fibras e assim moldadas, em placa de petri, seguiram para secagem em estufa com temperaturas médias de 70°C e 100°C. Após a completa secagem, a massa foi retirada da placa de petri com uma espátula de metal, dando origem ao compósito desejado.

Foram feitos 32 testes diferentes de formação de compósitos, com combinações de proporções de fibras e aditivos ligantes diferentes. Destes, foram selecionados 5 testes para serem apresentados neste trabalho e, em apenas dois destes houve a formação de compósitos significativos para serem utilizados como material para confecção de produtos.

Algumas variáveis foram analisadas, como a presença ou não de aditivo ligante, temperatura de secagem, facilidade de soltura do compósito da placa de petri, densidade aparente, resistência mecânica e aparência com outros materiais.

Para a análise de densidade aparente, esta foi calculada mediante a determinação do volume dos compósitos, através do cálculo da espessura (altura x comprimento x largura), utilizando um paquímetro e micrômetro de precisão (0,01mm), e cálculo do peso seco por balança semianalítica. Os resultados obtidos foram comparados com valores aproximados de densidade aparente de alguns materiais como, por exemplo, a madeira de pinus ($d=0,4 \text{ g/cm}^3$), de eucalipto ($d=0,6 \text{ g/cm}^3$) e papelão ondulado ($d=0,4 \text{ g/cm}^3$) (SÁ et.al., 2010).

Para os ensaios de resistência mecânica, os testes foram realizados e analisados de forma não empírica. Manualmente, foi exercida uma força tensão-tração em sentidos opostos para averiguar se o compósito era dotado de certa resistência física ou não. (BARBOSA, 2008)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos resultados obtidos, os testes 2 e 4 (figura 2 e 3), com presença dos aditivos as fibras de celulose e secos a temperatura de 70°C , mostraram-se satisfatórios com relação a soltura da placa de petri, dotados de boa resistência, não havendo cisalhamento do material ao ser puxado e densidade aparente próxima, por exemplo, ao do papelão ondulado ($d=0,4 \text{ g/cm}^3$) (SÁ et.al., 2010), apresentando-se materiais compósitos com qualidades possíveis para serem direcionados em processos industriais de fabricação de embalagens ou mesmo na confecção de peças ornamentais (figura 4), materiais para jardinagens, dentre outros. Caso seja direcionado para fabricação de embalagens de alimento, é importante destacar a necessidade de novos testes, além dos testes aqui realizados de resistência e densidade aparente, exigidos para tal finalidade.

Com relação ao teste 3 (figura 5), não apresentou formação de compósito, impossibilitando as análises propostas. A justificativa atribui-se, possivelmente, ao fato deste teste não ter apresentado em sua composição aditivos ligantes. O material ao ser manuseado esfarelou. É relevante, uma vez que, uma das propriedades dos aditivos utilizados nesta pesquisa é de formadores de massa, pois são compostos poliméricos de celulose com características aglomerantes, espessantes, muito propício para o agreamento das fibras (PILIZOTA, 1996).

Os testes 1 e 5 (figura 6 e 7) também não apresentaram formação de compósitos. Os mesmos não obtiveram a completa soltura da placa de petri, permanecendo parte do material aderido a ela. Possivelmente, a variável temperatura em consonância com as características físico-químicas dos aditivos utilizados, pode ter sido um fator limitante, pois estes materiais foram secos sob temperatura de 100°C e alguns aditivos espessantes, gelificantes, como os utilizados neste trabalho, perdem suas características de gel em temperaturas altas (NISHINARI, 2000 *apud* INSUMOS, 2010).

Figura 2 – Teste 2



Figura 3 – Teste 4



Figura 4 – Abajur confeccionado com o teste 2



Figura 5 – Teste 3

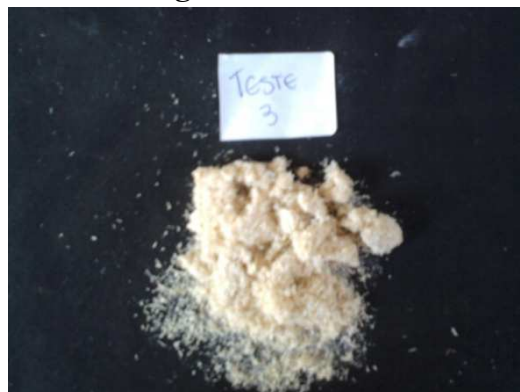


Figura 6 – Teste 1

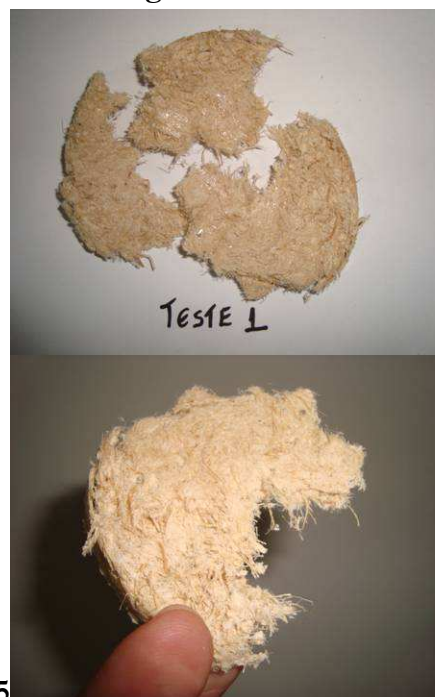
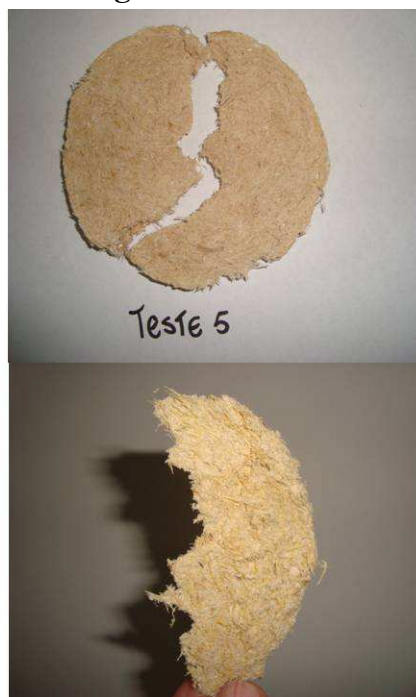


Figura 7 – Teste



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As primeiras considerações a serem explanadas neste trabalho dizem respeito aos resultados da qualidade dos materiais compósitos apresentados.

Os testes 2 e 4 são promissores para o direcionamento na indústria de embalagens porém, se faz necessário testes mais rigorosos indicados pela legislação que regulamenta a produção destes. Além desta premissa, deve-se melhorar o processo de produção, pois averiguou-se nesta pesquisa que a metodologia e os reagentes utilizados geram resíduos tóxicos para o ambiente e um alto consumo de água na lavagem das fibras, havendo a necessidade de práticas sustentáveis que sinergizem com o produto ecológico aqui produzido.

Ainda sim, ambos os testes poderiam ser direcionados para outros fins como, por exemplo, para isolantes térmicos, vibro-acústicos, como aditivos a construção civil, potes para jardinagem, e não menos, para artesanato com um exemplo exposto aqui, a peça de abajur confeccionada com o teste 2.

Outra consideração a ser feita diz respeito às análises dos resultados dos testes 1 e 5. Atribuiu-se, possivelmente, a variável temperatura como fator limitante para a não formação destes compósitos, o que impossibilitou as análises de resistência e densidade aparente. O respaldo a ser dado é que este trabalho não teve por objetivo analisar pormenorizadamente

comportamentos físico-químicos dos materiais em questão, e sim, somente desenvolver testes que pudessem proporcionar a confecção de materiais à base de fibra de bagaço de cana e direcioná-los para fins específicos. Diante disto, fica a proposta para que novas pesquisas sejam realizadas e auxiliem na elucidação do problema em questão.

Por fim, é reluzente dar atributos ao fato deste trabalho ter alcançado o objetivo de confeccionar compósitos à base de fibra de bagaço de cana, com a produção de uma massa moldável, garantindo que esta poderá ser manuseada em qualquer molde, e esta característica muito se deve a presença dos aditivos químicos, visto que possuem propriedades químicas para este fim. Ainda, os resultados deste trabalho proporcionarão, sem dúvida, um segundo objetivo, em um futuro próximo, da criação de uma cooperativa de artesãos para a confecção e vendas de peças artesanais. Porém, antes, alguns passos serão necessários, como por exemplo, a conquista de uma patente para a proteção e integridade dos resultados aqui obtidos.

5 REFERÊNCIAS

ARTECANA - Núcleo Artesanal com Bagaço de cana CB. ANO: 2007? Disponível em: <<http://www.overmundo.com.br/overblog/artecana-nucleo-artesanal-com-bagaco-de-cana-cb>> Acesso em: 20 fev 2012.

BARBOSA, F.S. Apostila de Resistência dos Materiais. 2008. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/lrm/files/2009/04/resmat2007a.pdf>> Acessado em: 13 mar 2012.

BIOPACK Roots. Disponível em: < <http://rootsbiopack.com/>> acessado em: 10/01/2012.

BRASKEN. Disponível em: < <http://www.braskem.com.br/>> acessado em: 13/01/2012.

CANILHA, L. *et. al.* Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar in natura, extraído com etanol ou ciclohexano/etanol. **Bioquímica e Biotecnologia**. Associação Brasileira de Química – ABQ. 2007. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/11/11-570-713.htm> Acesso em: 12 jun. 2012.

CANILHA, L. *et.al.* Sacarificação da Biomassa Lignocelulósica através de pré hidrólise ácida, seguida por hidrólise enzimática: uma estratégia de “desconstrução” da fibra vegetal. **Revista Analytica**. Dezembro 2009/ Janeiro 2010. Nº44. 2010. Disponível em: http://www.revistaanalytica.com.br/analytica/revista_digital/artigos_analytica_44.pdf Acesso em: 20 mai. 2012.

CASTRO, Aline Machado de e PEREIRA JR, Nei. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Química Nova** 2010, vol.33, n.1, pp. 181-188.

bioenergia em revista: diálogos, ano 3, n. 1, p. 73-87, jan./jun. 2013.

DIAS, Breila Pessoa; ROWE, Rosa Valéria Abreu;

Bagaço de cana de açúcar: matéria prima para fabricação de materiais biodegradáveis

CTBE – Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol. **Etanol Celulósico**. 2011. Disponível em: <http://www.bioetanol.org.br/interna/index.php?pg=MzM=> Acessado em: 11 jun 2011.

CTC– Centro de Tecnologia Canavieira. **Potencial de produção de bagaço e palha**. 2011. Disponível em: <http://www.ctcanavieira.com.br> Acesso em: 11 jun 2011.

DEBRASSI, A. LARGURA, M.C.T. e RODRIGUES, C.A. Adsorção do corante vermelho congo por derivados da o-carboximetilquitosana hidrofobicamente modificados. **Química Nova**, Vol. 34, No. 5, 764-770, 2011. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2011/vol34n5/06-AR10322.pdf> Acesso em: 22 jan. 2012.

DEDINI - Dedini Indústrias de Base. **DHR Dedini Hidrólise Rápida**. Disponível em: <<http://www.dedini.com.br/pt/pdf/dhr.pdf>> Acesso em: 02 nov. 2011.

DEDINI - Dedini Indústrias de Base. **DHR Dedini Hidrólise Rápida**. Disponível em: <http://www.dedini.com.br/pt/pdf/dhr.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2011.

DEPARTMENT OF ENERGY'S GENOMICS WEBSITES (US DOE), 2007. Disponível em: <<http://genomics.energy.gov/>> Acessado em 20 out. 2011.

FERNÁNDEZ, M. A.V. **Avaliação dos processos de polpação soda-antraquinona e bissulfito-base magnésio para bambu**. 2010. 90f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ-USP. Piracicaba, SP. 2010. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/.../Miguel_Fernandez.pdf> Acessado em 20 out. 2011.

GERON, L. J. V. *et. al.* Composição química, valor de ph e temperatura do bagaço de cana-de-açúcar in natura e hidrolisado com cal (CaO) conservados em mini silos. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 57- 68, 2010. Disponível em: http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol8/6_artigo_v8.pdf Acesso em: 11 fev 2012.

MACEDO, I.C. *et. al.* Balanço das emissões de gases do efeito estufa na produção e uso do etanol no Brasil. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. Abril, 2004.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

NAVARRO, R. M. S.; NAVARRO, F. M.S.; TAMBOURGI, E. B. Estudo de diferentes processos de obtenção da pasta celulósica para fabricação de papel. **Revista Ciência&Tecnologia**. Campinas, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2007. Disponível em: http://www.unicamp.br/revistas/revista_e/artigo4.pdf. Acesso em; 20 mar. 2012.

OLIVEIRA, F.M. **Hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado com uréia.** – Itapetinga-BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011.

86fl. Dissertação (Mestre em Zootecnia). Disponível em:

<<http://www.uesb.br/ppz/defesas/2011/mestrado/fabio-martins.pdf>> Acessado em: 13 mar 2012.

PEREIRA JR., Nei. Tecnologia de bioprocessos. In: **Séries em Biotecnologia.** Nei Pereira Jr., Elba Pinto da Silva Bon, Maria Antonieta Ferrara. – Rio de Janeiro: Escola de Química/UFRJ, 2008. 62 p. Disponível em: <http://www.eq.ufrj.br/vestibular/nukleo/pdfs/series-em-biotecnologia-vol-i-tecnologia-de-bioprocessos.pdf> Acesso em: 10 fev. 2012.

PILIZOTA, V.; SUBARIC, D.; LOVRIC, T. Rheological properties of CMC dispersions at low temperatures. **Food Technology and Biotechnology**, 34(2–3), 87–90, 1996.

PRADELLA, J.G.C. **Biopolímeros e Intermediários Químicos.** Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Ciência, Tecnologia e Inovação de Produtos. Laboratório de Biotecnologia Industrial- LBI/CTPP. Disponível em: http://www.anbio.org.br/pdf/2/tr06_biopolimeros.pdf. Acesso em: 22 mar. 2012.

REVISTA INSUMOS. Aditivos e Ingredientes: Celulose Microcristalina, ou simplesmente CMC. **Revista Insumos** Nº 64 - Setembro/Outubro. 2010. Disponível em: http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/130.pdf Acesso em: 13 mar. 2012.

SÁ JUNIOR, V. A. de *et al.* Absorção de superfície de painéis compensados. *Cerne*, Lavras, v. 16, **Suplemento**, p. 53-57, jul. 2010. Disponível em:

<http://www.dcf.ufla.br/ebramem/Artigo%2008.pdf> Acesso em: 20 mar. 2012.

TELLES, Mirel. **Bioplastics by Biodegradable Plastics from Sugar.** Disponível em: <http://www.mirelplastics.com/about/default.aspx?ID=618> Acesso em: 15 fev 2012.

US DOE. May 2007. **Biofuels Primer Placemat: From Biomass to Cellulosic Ethanol and Understanding Biomass: Plant Cell Walls**, US Department of Energy Office of Science.

Disponível em:

<https://public.ornl.gov/site/gallery/detail.cfm?id=248&topic=&citation=26&general=&restsection=>Acesso em: 13 mar 2012.

- 1 Breila Pessoa DIAS possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2000), graduação em Tecnologia em Biocombustíveis pela Fatec Centro de Paula Sousa e mestrado em Educação Para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2008). Atualmente é educadora - Fenix Colégio e Cursos, Colégio Impacto e colégio Integrado e educadora da Universidade Paulista (UNIP). Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Educação Ambiental, e em tecnologia em produção de biomateriais lignocelulósicos.
- 2 Rosa Valéria Abreu ROWE possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (1995) e mestrado em Química pela Universidade Estadual de Maringá (1999) . Atualmente é Professor Adjunto I da Universidade Paulista, Professor do Centro Universitário Católico Auxilium Salesiano e Professor Associado I da Faculdade de Tecnologia de Araçatuba - Centro Paula Souza. Tem experiência na área de Química , com ênfase em Físico-Química.