



## HIDRÓLISE ÁCIDA DA FARINHA DO MESOCARPO DO COCO BABAÇU, VISANDO A OBTENÇÃO DE BIOETANOL

Abraham Damian Giraldo Zuniga<sup>1</sup>, Pâmella Fronza<sup>2</sup>, Maristhela Ramos da Silveira<sup>3</sup>, Juliana Santos Moura<sup>4</sup>, Edwin Elard Garcia Rojas<sup>5</sup>.

1. Professor doutor da Universidade Federal do Tocantins  
(abraham@mail.uft.edu.br)
2. Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Univ.Fed. de Tocantins
3. Mestre em Agroenergia da Universidade Federal de Tocantins
4. Mestranda em Agronomia da Universidade Federal de Tocantins
5. Professor doutor da Universidade Federal Fluminense  
Palmas – Brasil

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

### RESUMO

O babaçu (*Orbignya martiana*), pertencente à família das palmeiras (*Palmae*), é composto de epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas, sendo que o mesocarpo representa 20% do fruto inteiro e é composto de até 60% de amido, que pode ser utilizado na produção de etanol, uma vez que sua produção é através da conversão de amido. Porém para que essa conversão ocorra, é necessário que o amido seja hidrolisado, e, dessa forma, convertido em açúcares. Essa hidrólise pode ser por via ácida, bem como enzimática. No presente trabalho foi estudado o processo de hidrólise ácida da farinha do mesocarpo do coco babaçu para avaliar a influência do ácido no processo hidrólise e produção de bioetanol. Foram testados três tipos de ácidos (clorídrico, sulfúrico e fosfórico), nas concentrações de 1%, 3%, 5%, 7% e 9% de ácido concentrado, e assim avaliada a influência da concentração dos ácidos durante a hidrólise, no processo de produção de açúcares redutores. Posteriormente o hidrolisado foi utilizado para realizar a fermentação. Verificou-se que os ácidos testado e as concentrações apresentaram efeitos significativos, e que o teor de açúcares redutores foi aumentando de forma gradual à medida que aumentava a concentração dos ácidos. Foi observado também que o ácido sulfúrico foi o que obteve melhor resultado, sendo que ao utilizar ácido sulfúrico na concentração de 9% de ácido concentrado obteve-se um percentual de 67,2% de para produção de açúcar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Amido, coco, fermentação

### ACID HYDROLYSIS OF FLOUR'S MESOCARP, AIMED AT GETTING BIOETANOL

#### ABSTRACT

The babassu (*Orbignya Martí*), belonging to the palm family (*Palmae*) consists of epicarp, mesocarp, endocarp and almonds, and the mesocarp represents 20% of the whole fruit and is composed of up to 60% starch, which can be used on ethanol production, since its production is through the conversion of starch although it is necessary to this conversion that the starch be hydrolyzed and thus converted into sugars, and that the hydrolysis may be acidic as well as by enzymatic activity. In the

present work we studied the process of acid hydrolysis of the flour's mesocarp to evaluate the influence of the acid hydrolysis process and production of bioethanol. Three different types of acids were tested ( hydrochloric , sulfuric and phosphoric acid ) at a concentration of 1 % , 3 % , 5 % , 7 % and 9% of concentrated acid , and thus evaluate the effect of the concentration of acids during the hydrolysis process production of reducing sugars . Subsequently the hydrolyzate was used for fermentation. It was found that the acids and the concentrations tested were significant , and the concentration of reducing sugars was increased gradually with increasing the acid concentration , it was also observed that the sulfuric acid was the one with better results, and that when using sulfuric acid at a concentration of 9% concentrated acid yielded a percentage of 67.2% for sugar production .

**KEYWORDS:** Starch, coconut, fermentation

## INTRODUÇÃO

Diante do problema de aquecimento global, faz-se necessário dar mais atenção aos sistemas energéticos baseados nas “fontes renováveis”, cujo seu aspecto essencial é sustentabilidade ao longo do tempo, a exemplo o uso da biomassa energética (Machado, 2010).

De acordo com Marconato & Santine (2008), Biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica, podendo ser de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizada na produção de energia.

O babaçu (*Orbignya martiana*) é uma espécie de Palmeira morfológicamente variável e economicamente importante principalmente com a produção de seus derivados (rações, óleo, carvão vegetal entre outros), é distribuída em alguns estados brasileiros como Maranhão, Piauí, Goiás, Tocantins, Pará e Mato Grosso, (SANTOS *et al.*, 2013).

Além disso, é constituído por três camadas: a externa fibrosa, denominada epicarpo; a intermediária, fibrosa-amilácea, mais conhecida como mesocarpo; e a interna, lenhosa (endocarpo), na qual estão inseridas as amêndoas. O mesocarpo, quando fresco, apresenta cor creme clara e pode ser facilmente reduzido a pó (ALMEIDA *et al.*, 1975).

Dentre os combustíveis provenientes de fontes alternativas de energia o etanol é o mais adequado substituto para combustíveis derivados do petróleo.

Diversas são as fontes propícias para obtenção de etanol. Entre elas, encontra-se o babaçu, cuja farinha do mesocarpo, apresenta cerca de 63% de amido.

Para que ocorra a conversão do amido em etanol, é necessário que este seja hidrolisado e desta forma convertido em açúcares, podendo ser por hidrólise ácida ou enzimática, ambas com a mesma finalidade de reduzir o amido a monossacarídeos (COLLARES, 2011).

De acordo com Buckeridge *et al.*, (2010), o processo básico de hidrólise ácida, consiste em utilizar um ácido forte para atacar as ligações glicosídicas entre os monossacarídeos de um polissacarídeo.

Diante do exposto essa pesquisa tem por objetivo avaliar a influência da concentração de ácidos utilizados durante a hidrólise ácida da farinha fina do mesocarpo do coco babaçu, no processo de obtenção de etanol.

## MATERIAL E METODOS

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal do Tocantins-Campus de Palmas, no Laboratório LAPSDEA- Laboratório de Separação de Biomoléculas e Desidratação de Alimentos, a matéria-prima utilizada foi a farinha do mesocarpo do babaçu, obtida na empresa Tobasa S.A. As amostras foram submetidas a hidrólise ácida, onde foram empregados ácido clorídrico, ácido sulfúrico e ácido fosfórico nas concentrações de 1%, 3%, 5%, 7%, e 9% de ácido concentrado, correspondendo a 1ml, 3ml, 5ml, 7ml e 9ml, respectivamente. O meio utilizado foi elaborado a partir de uma suspensão de farinha fina do mesocarpo do coco babaçu e água, formando uma solução a 10% (10g de farinha/100mL de água).

Para realização da hidrólise ácida o experimento foi realizado em autoclave Vertical CS da marca Primatec Autoclaves, conforme descrito na tabela 1.

**Tabela 1:** Delineamento experimental

<b>AUTOCLAVE</b>		
<b>Ácidos</b>	<b>Repetições</b>	<b>Concentrações (%)</b>
<b>HCL</b>	<b>3</b>	<b>1,3,5,7,9</b>
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	<b>3</b>	<b>1,3,5,7,9</b>
<b>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	<b>3</b>	<b>1,3,5,7,9</b>

Após a etapa de hidrólise, o hidrolisado foi conduzido para o processo de fermentação realizada em fermentômetro, no entanto devido à concentração de ácido elevada houve a necessidade de neutralizar a ação do ácido no hidrolisado, dessa forma foi empregada a base hidróxido de potássio (KOH), em concentração de 18,4N (103,6g/100 ml de água), diante disso procurou-se estabelecer dentro do processo de hidrólise uma condição intermediária para desenvolver os ensaios de fermentação, estabelecendo a condição de hidrólise de 5% de ácido concentrado.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado dispostos em parcelas subdivididas e para análise dos dados da hidrólise ácida, os mesmos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa estatístico SISVAR VERSÃO 5.3, e as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando a produção de açúcares redutores, constatou-se a instabilidade da resposta, isto é, aumento da proporcionalidade entre as médias dos grupos experimentais e seus respectivos desvios padrões, configurando a não conformidade com os pré-requisitos exigidos para a análise de variância e, portanto, as médias desta variável sofreram transformações raiz quadrada de x. Pode-se observar na Tabela 2 o resumo da análise de variância da produção de açúcares redutores, verifica-se que os ácidos testados e concentração, bem como suas interações apresentaram efeito significativo ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 2:** Resumo da análise de variância dos dados de açúcar, nas condições de Concentrações do ácido de 1%, 3%, 5%, 7% e 9% de ácido concentrado.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
<b>Acido</b>	2	6,022792*
<b>Concentração</b>	4	51,383501*
<b>Ácido*Concentração</b>	8	0,068469 ns
<b>Erro</b>	150	0,250789
<b>CV (%)</b>	8,06	

\* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; NS Não significativo.

Tendo em vista, que os efeitos isolados dos fatores não explicam toda a variação encontrada, foram realizados os desdobramentos, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey.

A Tabela 3 ilustra o teste de média para concentração do ácido utilizado no experimento demonstrando que todas são estatisticamente diferentes ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 3:** Teste de Tukey para o fator concentração

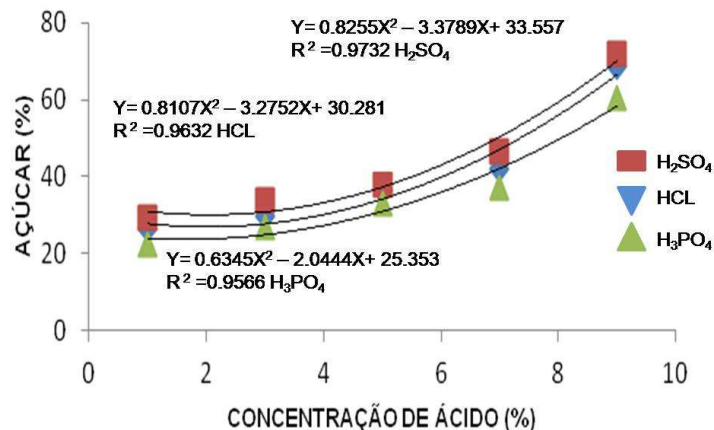
<b>Tratamentos</b>	<b>Médias</b>
<b>T= 1%</b>	26,10 E
<b>T= 3%</b>	30,27 D
<b>T= 5%</b>	35,74 C
<b>T= 7%</b>	41,97 B
<b>T= 9%</b>	67,2 A

Observa-se que o teor de açúcares redutores das amostras de hidrólise teve aumento gradual, conforme a concentração ácida foi aumentada.

Rodrigues (2007), observando a tecnologia de hidrólise ácida, afirma que a concentração e temperatura são as variáveis que mais influenciam no processo de hidrólise.

Resultados semelhantes foram encontrados em um estudo utilizando suspensão de farelo de mandioca 2% diluída em ácido sulfúrico e fosfórico em concentrações de 0,05 e 0,5M hidrolisada em autoclave foi realizado por Gaewchingduang & Pengthemkeerati (2010), onde os autores verificaram que o ácido sulfúrico teve maior capacidade de hidrolisar o farelo de mandioca.

A Figura 1 mostra que a concentração do ácido influencia na concentração de açúcares, e que vai aumentando conforme aumenta a concentração, sendo que quando utilizou ácido sulfúrico na concentração de 9% de ácido concentrado obtiveram-se os melhores resultados para a produção de açúcar com um percentual de 67,2%.



**Figura 1:** Efeito da concentração do ácido utilizado na produção de açúcar.

De acordo com Grzybowski (2008), as hidrólises ácidas são comumente realizadas com os ácidos sulfúrico e clorídrico, porém, como se tratam de ácidos fortes, devem ser removidos do produto, gerando um custo adicional nas etapas de obtenção dos açúcares. A autora destaca ainda, que o uso de ácidos mais brandos, como o fosfórico ou o cítrico, tem a vantagem de não necessitar a remoção do produto de hidrólise e, ainda, propiciam vantagens adicionais se forem mantidos, como para fins fermentativos ou alimentícios, atuando como co-nutrientes.

Gonçalves *et al.*, (2009) estudando a produção de etanol a partir da hidrólise ácida do amido de mandioca verificaram que mandioca branca forneceu o maior teor de glicose durante o processo, 26,4%, com ácido sulfúrico na concentração de 1%.

Para Siqueira (2007) os tratamentos com uma concentração maior de ácido, mesmo produzindo uma melhor hidrólise, parecem ser menos viáveis economicamente, haja vista que uma alta quantidade de ácido exige uma neutralização para que o meio se torne adequado e ocorra uma possível fermentação.

Ribeiro *et al.*, (2009) em sua pesquisa produção de glicose a partir do amido da batata-doce por hidrólise ácida, com um objetivo de otimizar a produção de glicose a partir do amido da batata-doce, através do processo de hidrólise ácida, utilizando ácido clorídrico concentrado (HCl), testando diferentes quantidades de ácido, verificaram que a metodologia utilizando altas temperaturas apresentaram resultados expressivos, mostrando que catalisam a reação. Resultados estes semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

Um estudo feito por Moraes (2008), sobre produção de Xilitol a partir de hidrolisado hemicelulósico de palha de cevada, foi constatado, que os melhores valores são previstos quando utilizado altas concentrações de ácido.

Rodrigues (2007), avaliando a tecnologia de hidrólise ácida do bagaço de cana utilizando ácido sulfúrico observou que quanto maior a concentração de ácido, maior será a concentração de glicose e menor o seu tempo no reator.

Rodonski *et al.*, (2012) ao avaliar o Tratamento da biomassa lignocelulósica da cadeia produtiva de dendê (*Elaeis guineensis*) para produção de glicose por hidrólise ácida, verificaram que a concentração teve influencia significativa, sendo que dentro do domínio estudado as condições de hidrólise que levam à maior resposta são concentração de ácido sulfúrico 0,46 mol L<sup>-1</sup>.

Após ser avaliada a influencia da concentração de ácidos no processo de hidrólise ácida da farinha fina do mesocarpo do coco babaçu estabeleceu-se que o melhor tratamento foi com ácido sulfúrico, a uma concentração de 9%, sendo assim passou-se a etapa da fermentação, porém como a concentração do ácido foi bastante elevada, houve a necessidade de neutralizar a ação do ácido no hidrolisado para que fosse possível realizar a fermentação, para tanto foi empregada a base hidróxido de potássio (KOH), com uma concentração de 18,4N (103,06g/100ml de água), fato este que produziu um caldo com alta concentração de sais, tornando o meio inadequado para que ocorresse o processo fermentativo.

Diante disso procurou estabelecer dentre o processo de hidrólise uma condição intermediária para realizar os ensaios de fermentação, estabelecendo a condição de hidrólise de 5% de ácido concentrado, logo após o processo de hidrólise realizou-se a neutralização.

Para Siqueira (2007), os tratamentos com uma concentração maior de ácido, mesmo produzindo uma melhor hidrólise, parecem ser menos viáveis economicamente, haja vista que uma alta quantidade de ácido exige uma neutralização para que o meio se torne adequado e ocorra uma possível fermentação.

Os resultados encontrados neste trabalho são de 284L de álcool/tonelada de farinha, com o uso de ácido clorídrico no processo de hidrólise, 276 L de álcool/tonelada de farinha, utilizando ácido sulfúrico e 209,34 L de álcool/tonelada de farinha ao utilizar ácido fosfórico.

Resultados estes inferiores quando comparados com BNDES/CGEE, (2008), em estudo sobre produção de bioetanol, reportaram um valor de 460 litros de bioetanol anidro por tonelada de milho.

Tasic *et al.*, (2009) investigou a hidrólise ácida do amido de tubérculos de batata doce utilizando ácido clorídrico e sulfúrico em diferentes proporções de material vegetal e reportou um valor de 31 g/l de produção de etanol obtido no processo de fermentação.

Já Hashem & Darwish (2010), utilizaram no seu estudo o fluxo de resíduos de amido de batata produzidos durante a fabricação de chips, como fonte econômica para a biomassa e produção de bioetanol, e verificaram no final do processo produção de 5,52 gL<sup>-1</sup> de etanol.

## CONCLUSÃO

O estudo foi realizado para avaliar a influência da concentração de ácidos utilizados em hidrólise ácida.

A produção de glicose a partir do amido da farinha fina do mesocarpo do coco babaçu por hidrólise ácida utilizando autoclave apresentou eficientes resultados.

Foi verificado que a concentração de ácido influencia significativamente no processo de hidrólise.

Para o processo de fermentação foi estabelecido a condição de hidrólise de 5% de ácido concentrado.

De acordo com a pesquisa o ácido sulfúrico em concentração de 9% foi o que apresentou melhores resultados para produção de açúcares redutores, onde na produção final este apresentou 276L de álcool/tonelada de farinha.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. P. de. *et al.* O amido de coco babaçu: nova agroindústria. **Informativo INT**, Rio de Janeiro: v. 8, n. 7, p. 2-7, abr./jun. 1975.

BNDES e CGEE. **Bioetanol de Cana de açúcar: Energia para o Desenvolvimento Sustentável**; organização BNDES e CGEE; 1ª Edição; 2008; RJ-RJ; 316p.

BUCKERIDGE, M. S.; SANTOS, W. D.; SOUZA, A. P. **As rotas para o etanol celulósico no Brasil**. Departamento de Botânica – IBUSP, 2010. Disponível: <http://mundodacana.blogspot.com.br/2010/08/as-rotas-para-o-etanolcelulosico.html>. Acesso em 14 de setembro de 2013.

COLLARES, M.R. **Otimização do processo de hidrólise da mandioca “In natura”, com o uso de enzimas Amilolíticas e Pectinolíticas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria- Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos, Rio Grande do Sul, 2011.

GAEWCHINGDUANG, S.; PENGTHEMKEERATI, P. Enhancing efficiency for reducing sugar from cassava bagasse by pretreatment. *World Academy of Scien., Eng. and Tech.*, v.70, 2010.

GONÇALVES, R.S.; SILVEIRA, J.R.P.; BATTISTIN, A.; FERMINO, M.H.; BUSNELLO, C.A. Determinação do Teor de Glicose de Diferentes Acessos de Mandioca a partir da Hidrólise Ácida das Raízes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. Vol.15, nº1, 2009.

GRZYBOWSKI, A. **Hidrólise Parcial Cítrica ou Fosfórica de Inulina para Obtenção de Fruto-oligossacarídeos (FOS)**. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas (Mestrado). Curitiba – PR, 2008. 78p.

HASHEM, M.; DARWISH, S.M.I. Production of bioethanol and associated by-products from potato starch residue stream by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biomass and Bioen.*, v. 34, p. 953-959, 2010.

MACHADO, A.M.C. **Potencial das Biomassas Disponíveis no Nordeste Brasileiro como Fontes Alternativas de Geração de Energia**. Universidade Federal de Sergipe, Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Mestrado). 111p. São Cristóvão – SE, 2010.

MARCONATO, M.S.; SANTINI, G.A.; **Alternativas para a Geração de Energia Renovável no Brasil: a Opção pela Biomassa**. Julho-2008. Disponível em: [www.ecodesenvolvimento.org.br/.../energias-alternativas...opcao-pela.../Energia-Renovavel-no-Brasil.-A-opcao-pela-Biomassa.pdf](http://www.ecodesenvolvimento.org.br/.../energias-alternativas...opcao-pela.../Energia-Renovavel-no-Brasil.-A-opcao-pela-Biomassa.pdf) Acessado em 09 de Setembro de 2013

MORAES, C.J.E. **Estudo de Viabilidade Econômica da Produção de Xilitol a partir de Hidrolisado Hemicelulósico de Palha de Cevada.** Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, Lorena, 2008.

RADOMSKI, M.B.; GONZALEZ A.W.; FIAUX, B.S. **Tratamento da biomassa lignocelulósica da cadeia produtiva de dendê (*Elaeis guineensis*) para produção de glicose por hidrólise ácida.** Artigo Técnico- Universidade Federal Fluminense, Instituto Militar de Engenharia-IME, 2012.

RIBEIRO, N.; GODINHO, A.M.M.; MARQUES, T.A. Produção de Glicose a partir do Amido da Batata-Doce por Hidrólise Ácida. **Colloquium Agrariae**, vol. 5, n. Especial, 2009.

RODRIGUES, A.F. **Avaliação da tecnologia de hidrólise ácida de bagaço de cana.** Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, Julho de 2007.

SANTOS S.D.; SILVA, G.I.; ARAÚJO, Q.B.; , LOPES, A.C.J.; MONÇÃO, N.B.N.; CITÓ, L.G.M.A.; SOUZA, L.S.H.M.; NASCIMENTO, B.S.D.M.; COSTA, P.C.M. Extraction and Evaluation of Fatty Acid Composition of *Orbignya phalerata* Martius Oils (Arecaceae) from Maranhão State, Brazil. **Brazilian Journal of Chemical Society** Vol. 24, No. 2, 355-362, 2013.

SIQUEIRA, P. F. de. **Production of Bio-Ethanol from Soybean Molasse by *Saccharomyces cerevisiae*.** Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos (Mestrado). Curitiba – PR, 2007. 72p.

TASIC, M.B.; KONSTANTINOVIC, B.V.; LAZIC, M.L.; VELJKOVIC, V.B. The acid hydrolysis of potato tuber mash in bioethanol production. **Biochem. Eng. J.**, v. 43, p. 208-11, 2009.