



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

CAROLINE FERNANDA OSTAPECHEN URIAS

**OBTENÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE  
CASCAS DE BANANA E ABACAXI E DE  
CAROÇO DE MANGA**

CAROLINE FERNANDA OSTAPECHEN URIAS

**OBTENÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE  
CASCAS DE BANANA E ABACAXI E DE  
CAROÇO DE MANGA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós Graduação em Bioenergia, com área de concentração em Biocombustíveis, para a obtenção do título de Mestre em Bioenergia.

Orientador: Prof. Dr. Olívio Fernandes Galão

Coorientador: Prof. Dr. Dionísio Borsato

Londrina  
2019

Ostapechen, Caroline.

Obtenção de etanol a partir de cascas de banana e abacaxi e de caroço de manga. / Caroline Ostapechen. - Londrina, 2019.

48 f. : il.

Orientador: Olívio Fernandes Galão.

Coorientador: Dionísio Borsato.

Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, , 2019.

Inclui bibliografia.

1. Resíduos - Tese. 2. Frutas - Tese. 3. Etanol - Tese. I. Galão, Olívio Fernandes. II. Borsato, Dionísio. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. . IV. Título.

CAROLINE FERNANDA OSTAPECHEN URIAS

**OBTENÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE  
CASCAS DE BANANA E ABACAXI E DE  
CAROÇO DE MANGA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós Graduação em Bioenergia, com área de concentração em Biocombustíveis, para a obtenção do título de Mestre em Bioenergia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Olívio Fernandes Galão  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Alexandre Orsato  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dra. Cristiane de Conti Medina  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 29 de março de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus primeiramente por ter me dado saúde e inteligência para superar todas as dificuldades e conseguir chegar onde hoje estou. Que por esses últimos dois anos me mostrou que Ele tem o melhor para a minha vida e que independente dos problemas Ele está no controle de tudo. Sem Ele nada sou, e é tudo para a glória dEle.

Agradeço de forma especial ao meu pai José Urias Filho e a minha mãe Maria de Lurdes Ostapechen Urias, por não medirem esforços para que eu pudesse levar meus estudos adiante, por confiarem em mim e estarem do meu lado em todos os momentos da vida. Por terem me apoiado nos momentos mais difíceis. Vocês são um dos maiores motivos que não me deixaram desistir.

Agradeço também a minha irmã Isabela Cristina Ostapechen Urias, que mesmo distante sempre me apoiou, me ouviu, me deu força, sempre falou para eu não desistir, que torceu pelo meu sucesso e orou por mim.

Ao meu noivo Lucas Martins, que entrou na minha vida bem no começo do meu mestrado e desde então me incentivou nos estudos e foi muito paciente nas horas difíceis.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Olívio Fernandes Galão, pela constante orientação neste trabalho e por sempre acreditar em mim.

Ao meu amigo Gabriel Benassi pelo companheirismo nas disciplinas e viagens realizadas pelo programa de mestrado.

Aos professores do mestrado em Bioenergia da Universidade Estadual de Londrina, pelos ensinamentos e especialização.

À todos que tornaram a realização deste trabalho possível, mesmo que de forma indireta, muito obrigado.

“Estas são as palavras daquele que é santo e verdadeiro, o que tem a chave de Davi. O que Ele abre ninguém pode fechar, e o que Ele fecha ninguém pode abrir.”

Apocalipse 3:7

OSTAPECHEN, C. F. **Obtenção de etanol a partir de cascas de banana e abacaxi e de caroço de manga**. 2019. 48 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

## RESUMO

Este estudo teve, como objetivo, obter etanol a partir da fermentação de açúcares de fontes que são normalmente descartadas, como amêndoas de manga ou presentes em cascas de banana e abacaxi. Realizou-se a otimização do processo de hidrólise ácida, tendo como variantes a concentração de ácido sulfúrico, o tempo de autoclavagem e o mesh da peneira. Para otimização do processo de hidrólise na casca da banana o ponto ótimo foi solução de ácido sulfúrico a 5%, peneira de 24 mesh e 35 minutos de autoclavagem. Para as amêndoas de manga o ponto ótimo foi com solução de ácido sulfúrico a 5%, peneira de 24 mesh, 60 minutos de autoclavagem. E para as cascas de abacaxi os pontos ótimos foram com solução de ácido sulfúrico a 5%, peneira de 32 mesh e 10 minutos de autoclavagem. A média dos açúcares da casca de abacaxi foi de 11,94 g, na casca de banana de 5,27 g e nas amêndoas de manga de 18,29 g. O aproveitamento das cascas de banana, de abacaxi e amêndoa do caroço de manga se mostrou úteis como fontes para obtenção de etanol produzindo em média respectivamente 4,16 g.L<sup>-1</sup>, 9,42 /L<sup>-1</sup> e 14,43 g.L<sup>-1</sup> de etanol.

**Palavras chave:** Etanol. Fermentação alcoólica. Biomassa. Resíduos. Frutas.

OSTAPECHEN, C. F. **Ethanol production from banana peels and pineapple and mango seeds**. 2019. 48 p. Dissertation (Master's Degree in Bioenergy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to obtain ethanol from the fermentation of sugars from sources that are normally discarded, such as mango almonds or present in banana and pineapple peels. An optimization of the acid hydrolysis process was carried out, with the sulfuric acid concentration, the autoclaving time and the mesh of the sieve as a variant. The sulfuric acid solution is 5%, 24 mesh sieve and 35 minutes autoclaving. As a solution of 5% sulfuric acid, 24 mesh sieve, 60 minutes of autoclaving. And the pineapple peels the optimal points were with 5% sulfuric acid solution, 32 mesh sieve and 10 minutes of autoclaving. The average of the tomatoes of the pineapple peel was 11.94 g, in the banana peel of 5.27 g and in the mango almonds of 18.29 g. The use of the banana, pineapple peels and of the mango seed it proved useful as sources for obtaining ethanol producing on average respectively 4,16 g.L<sup>-1</sup>, 9,42 /L<sup>-1</sup> e 14,43 g.L<sup>-1</sup> of ethanol.

**Keywords:** Ethanol. Alcoholic fermentation. Biomass. Waste. Fruit.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
2.1	IMPORTÂNCIA DA ENERGIA.....	19
2.2	BIOMASSA.....	12
2.3	BIOMASSAS ALTERNATIVAS NA PRODUÇÃO DE ETANOL .....	19
2.4	RESÍDUOS DE FRUTAS .....	19
2.4.1	Banana .....	19
2.4.2	Abacaxi.....	19
2.4.2	Manga Tommy.....	19
2.5	A FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA .....	19
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	19
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	19
4.1	OBJETIVO GERAL .....	19
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	19
5.1	LOCAL ONDE FORAM REALIZADOS OS EXPERIMENTOS.....	19
5.2	LOCAL DE COLETA DAS AMOSTRAS .....	19
5.3	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	20
5.4	OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE HIDRÓLISE ÁCIDA .....	20
5.5	DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DE GLICOSE .....	21
5.6	DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DE AÇÚCARES TOTAIS – MÉTODO DO FENOL SÚLFURICO(DUBOIS, 1956).....	23
5.7	LEVEDURA .....	25
5.8	MEIO DE FERMENTAÇÃO .....	26
5.9	FERMENTAÇÃO.....	26
5.10	DESTILAÇÃO E DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁLCOOL .....	27

<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
6.1	ABACAXI .....	28
6.2	BANANA .....	33
6.3	CAROÇOS DA MANGA .....	36
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A energia nas suas mais diversas formas é indispensável à sobrevivência da espécie humana. E mais do que sobreviver, o homem procurou sempre evoluir, descobrindo fontes e formas alternativas de adaptação ao ambiente em que vive e de atendimento às suas necessidades.

Com as transformações ocorridas no mundo atual, uma das maiores preocupações nos últimos anos tem sido o fornecimento de energia nas próximas décadas, critério que por sua vez fez reaparecer o cuidado quanto às fontes alternativas de energia.

Qualquer matéria-prima orgânica passível de ser transformada em energia pode ser classificada como biomassa e, de acordo com sua origem, pode ser florestal (madeira), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outras) ou oriunda de rejeitos urbanos ou industriais, sólidos ou líquidos.

Sabe-se que o amido é um dos polímeros mais abundantes na natureza e depois da celulose, é o principal carboidrato sintetizado pelas plantas. O amido acumula-se nas plantas na forma de grânulos insolúveis, sendo constituído basicamente por dois compostos quimicamente muito semelhantes: a amilose e amilopectina. Cada tipo de amido é único na organização e na estrutura dos seus grânulos e geralmente possui estrutura, propriedades e comportamento. Sendo assim, amidos de origens diferentes não se comportam da mesma maneira. As propriedades do amido são determinadas pela estrutura química e molecular dos polímeros e pela quantidade de outros componentes, como os lipídios, proteínas e açúcares.

Pode-se dizer de uma maneira simples que a obtenção de etanol a partir de biomassa envolve duas etapas. A primeira consiste na hidrólise dos polissacarídeos, gerando mono e dissacarídeos. A segunda etapa envolve a fermentação dos monos e dissacarídeos em etanol.

A produção de etanol a partir da casca de banana, casca de abacaxi e caroço de manga torna-se um processo bastante atraente, pois, além de permitir a criação de uma fonte alternativa e renovável de energia e de contribuir com a redução de resíduos no meio ambiente, a geração de energia pode agregar valor à matriz produtiva da fruta reduzindo, assim, o risco de perdas provocado por sua comercialização.

Seu uso como combustível demonstra vantagens ambientais, pois por serem combustíveis de origem vegetal, consomem, durante o crescimento das lavouras, o dióxido de carbono expelido pela sua queima nos motores, ou seja, o balanço de CO<sub>2</sub> é bastante favorável. Adicionalmente, seu uso pelos diferentes motores promove a liberação de gases muito menos nocivos que aqueles produzidos pela queima da gasolina e do óleo diesel, quer seja do ponto de vista quantitativo.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 IMPORTÂNCIA DA ENERGIA**

A energia é o suporte do desenvolvimento econômico e social. Nas suas mais diversas formas, é indispensável à sobrevivência dos seres vivos. Mais do que sobreviver, o homem procurou sempre evoluir, descobrindo fontes e formas alternativas de adaptação ao ambiente em que vive e de atendimento às suas necessidades. O progresso humano esteve sempre diretamente ligado à capacidade de capturar, armazenar e aproveitar energia (FAPESP, 2010).

Com as transformações ocorridas no mundo atual, uma das maiores preocupações nos últimos anos tem sido o fornecimento de energia para as próximas décadas, com ênfase nas fontes alternativas de energia (Souza, 2012).

O Brasil consumiu cerca de 3017 mil barris de petróleo por dia em 2017 (ANP,2018). O relatório de Energy Outlook (2019) destacou que as energias renováveis (incluindo biocombustíveis) ganham uma parcela significativa no mix de energia do Brasil, respondendo por 23% até 2040 (ante 14% em 2017). Neste período, está previsto um forte aumento da produção de biocombustíveis no Brasil, com a implementação das regras do Renovabio, sendo a mesma uma política de Estado que objetiva traçar uma estratégia conjunta para reconhecer o papel estratégico de todos os tipos de biocombustíveis na matriz energética brasileira, tanto para a segurança energética quanto para mitigação de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa, que poderia praticamente dobrar a produção de etanol nos próximos dez anos, com a demanda subindo na mesma proporção, 47,1 bilhões de litros em 2028, segundo dados do governo brasileiro. (Dudley, 2019).

A energia é essencial para as atividades humanas, fornece aquecimento, iluminação, saúde, produção e armazenamento de alimentos, produção industrial e transporte (Harmsen et al., 2010).

O consumo de energia aumentou de forma constante ao longo do último século com o crescimento da população mundial e a medida que mais países tornaram-se industrializados. O petróleo bruto tem sido o principal recurso para satisfazer este aumento na demanda de energia (FAO 2004). Diferentes técnicas são utilizadas para estimar a reserva de petróleo bruto, sendo que a produção global anual do petróleo diminuirá dos atuais 25 bilhões de barris para aproximadamente, 5 bilhões de barris em 2050 (Paulova, et al., 2015).

O etanol é o líquido mais empregado como biocombustível ou como potencializador da gasolina. Dado que o etanol tem um teor de oxigênio superior ao de outros biocombustíveis líquidos, é necessária menor quantidade do aditivo. O aumento da porcentagem de oxigênio permite melhor oxidação dos hidrocarbonetos da gasolina com a consequente redução na emissão de CO e compostos aromáticos (Itelima, et al., 2013, Thangavelu; Ahmed, 2014).

Os biocombustíveis são, geralmente, produzidos por fermentação de resíduos agrícolas, resíduos de frutas, resíduos municipais e industriais. Usa-se *Saccharomyces cerevisiae* como fermento (Paulova et al., 2015).

A reciclagem e a utilização de resíduos sólidos são, atualmente, importantes questões de pesquisa ambiental. O tratamento dos resíduos sólidos iniciou no século 18, quando a melhor opção para gerenciamento de resíduos foi o enterro do lixo. Uma quantidade considerável de desperdício termina em lixões abertos ou sistemas de drenagem, sendo ameaça tanto na água de superfície quanto nas águas subterrâneas causando graves problemas ambientais e de saúde. A queima de lixo ao ar livre, combustão espontânea em aterros sanitários e incineração de plantas sem o tratamento eficaz das emissões de gases, estão causando a poluição do ar (Pan et al, 2008., Taherzadeh; Karimi, 2008).

Os efeitos adversos da deposição inadequada de resíduos sólidos criam questões importantes para a produtividade e o desenvolvimento econômico. Os resíduos sólidos, como as cascas de banana, cascas de abacaxi e caroço de manga são amplamente obtidos em indústrias de processamento de alimentos, plantas de processamento de suco, hotéis e restaurantes.

## 2.2 BIOMASSA

energia de bio massa derivada de at ria viva co o os grãos as árvores e as plantas aquáticas, além de ser encontrada nos resíduos agrícolas, florestais e de rejeitos sólidos municipais. As plantas, no seu processo de

crescimento, funcionam como uma verdadeira usina. Absorvem a energia solar a água e o dióxido de carbono do ar, transformando todo esse potencial em energia química (Reis, 2011).

A biomassa é uma fonte de energia versátil. Em contraste com outras fontes de energia, pode ser convertida em combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. Além disso, pode ser usada para aquecer casas, comunidades e abastecer o setor de transporte.

Globalmente, a bioenergia (incluindo o desperdício) representou 14% do consumo mundial de energia em 2012 (WBA, 2014), com cerca de 2,6 bilhões de pessoas dependentes da biomassa tradicional para as necessidades de energia. O padrão de consumo de bioenergia varia geograficamente. EUA e Brasil são líderes mundiais na produção e no consumo de biocombustíveis líquidos para transporte (representando quase 80% da produção). No setor de transporte, a demanda por etanol de milho nos Estados Unidos e o etanol de cana no Brasil aumentaram significativamente. A produção de todos os biocombustíveis nas Américas aumentou de cerca de 16 bilhões de litros em 2000 para 79 bilhões de litros em 2012 (WBA, 2014).

Um setor significativo para uso futuro de biocombustíveis é o setor de aviação. Os biocombustíveis líquidos são, ainda, a única opção sustentável e viável para a substituição do combustível da aviação e os esforços estão em andamento, onde companhias aéreas, aeroportos, instituições financeiras e universidades estão juntas para explorar caminhos de aviação sustentáveis. As companhias aéreas comerciais que utilizam biocombustíveis já voaram rotas transatlânticas.

Setores igualmente importantes incluem o transporte terrestre e o marítimo, onde os biocombustíveis desempenham seu papel. O biodiesel já está presente em 10% no óleo diesel para caminhões. O uso de biomassa para eletricidade é proeminente na Europa e na América do Norte - predominantemente produzidos a partir de resíduos e produtos florestais. As instalações de cogeração permitem o uso de biomassa com maior eficiência, tanto que a eficiência combinada de produção de calor e eletricidade atravessa 80%.

A Europa e as Américas contribuem com mais de 70% de todo o consumo de biomassa para a eletricidade. Nos últimos anos, a biomassa tem tido aumento de produção nos países em desenvolvimento da Ásia e da África, onde significativa parte da população não tem acesso à eletricidade. E os sistemas de biogás e

bioenergia descentralizados estão se tornando mais competitivos em termos de custos.

### 2.3 BIOMASSAS ALTERNATIVAS NA PRODUÇÃO DE ETANOL

Apesar de o país ser um dos maiores produtores de frutas do mundo, as perdas de frutas, tanto na fase de produção, quanto nas de colheita, embalagem, transporte e pós-colheita, são grandes no Brasil, na ordem de 20 a 50%. Com isso, ao chegar a mercados e feiras, os resíduos (biomassas) dessas frutas são, na sua maioria, descartados e lançados no meio ambiente e não apresentam nenhuma forma de reaproveitamento. Portanto, produzir etanol a partir de biomassa de frutas pode ser forma de agregar valor às sobras destas (Accarine, 2000). Quanto mais açúcar uma biomassa tiver, mais etanol poderá ser produzido, visto que o etanol é oriundo da fermentação do açúcar por leveduras (Figueiredo, 2012).

Fazer o aproveitamento de biomassa de frutas para obtenção de etanol tem como consequência melhoria da qualidade ambiental, impedindo que a mesma seja jogada em aterros sanitários, não causando nenhum malefício à sociedade. Um exemplo disso seria a biomassa gerada em supermercados, a qual, normalmente, não está incluída em programas de aproveitamento. A literatura, geralmente, sugere como alternativa o aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de biofertilizantes, a fim de ser utilizado na agricultura, na produção de biogás e na produção de etanol para a cogeração de energia (Lopes, 2003).

Entretanto, a produção de biocombustíveis surge como alternativa para substituir combustíveis fósseis ou amenizar o seu uso. E também diminuir o uso da cana de açúcar para obtenção de álcool, sendo substituído por outras fontes, cuja finalidade foi objeto desse estudo.

### 2.4 RESÍDUOS DE FRUTAS

#### 2.4.1 Banana

Segundo Dossa (2017) o estado do Paraná produziu, aproximadamente, 205 mil toneladas de banana em 2016. Com seu consumo *in natura*, processamento ou descarte, tem-se a geração de resíduo (casca), que é composto, principalmente, de lignina 20,31%, hemicelulose 57,76%, e cinza 13,63% (Gaddafi, 2016).

A celulose é o polímero dominante entre os três componentes. A conversão eficiente da biomassa lignocelulósica para açúcares fermentáveis é o passo limitante do processo. A celulose é um polímero estrutural de glicose, unido por ligações  $\beta$ -1,

4 glicosídicas. Devido à essa ligação, a celulose é conferida com uma estrutura cristalina altamente resistente e compacta, que é capaz de sustentar algumas hidrólises biológicas e químicas. A hemicelulose é encontrada quase em conjunto com celulose na parede celular da planta. Isto consiste em vários heteropolímeros com estrutura principal do xilana da cadeia ( $\beta$ -1, 4 ligações), como glucuronoxilano, arabinoxilano, glucomanano, xiloglucano e outros açúcares como manose, xilose, galactose, ramnose e arabinose. Não é tão resistente à hidrólise como a celulose devido à sua natureza amorfa pouco forte. A hemicelulose pode ser hidrolisada facilmente por tratamento ácido ou atividade enzimática. O tipo de planta tem influência no conteúdo da hemicelulose a ser encontrado. O último componente na biomassa lignocelulósica é a lignina, um polímero complexo de álcoois aromáticos conhecidos como monolignóis, que fornecem suporte às plantas (Farrell et al., 2006).

Os frutos são produtos altamente perecíveis, cujas perdas podem ocorrer devido ao decaimento fisiológico, perda de água, dano mecânico durante a colheita, empacotamento etc. Nos últimos anos, cascas de banana descartadas foram direcionadas como substrato alternativo para produção de biocombustíveis, como o etanol (Ajay, 2014).

A produtividade e a relação custo-eficácia na produção do etanol podem ser reforçadas pela utilização de resíduos agrícolas como matéria prima (Ko et al., 2009; Voca et al., 2009). A matéria prima deve ser hidrolisada em açúcares fermentáveis por enzimas (Yan et al., 2011) ou ácidos inorgânicos (Avci et al., 2013; Scholz et al., 2013). Depois disso, os açúcares são fermentados por levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Kim et al., 2013; Louhichi et al., 2013; Le et al., 2014).

#### 2.4.2 Abacaxi

O abacaxi (*Ananas comosus* L. Merril), pertencente à família Bromeliaceae, consiste em uma espécie originária do Brasil, de clima tropical, monocotiledônea, herbácea e perene, com talo curto e grosso, ao redor do qual crescem folhas estreitas, compridas e resistentes, quase sempre margeadas por espinhos e dispostas em rosetas. O fruto é utilizado tanto para o consumo *in natura* quanto para a industrialização, gerando grande variedade de produtos, como fruta em calda, suco, pedaços cristalizados, geleia, licor, vinho, vinagre e aguardente. O processamento dessa fruta gera um alto volume de resíduos e encontrar outro destino para esses resíduos, que não seja o descarte, tem sido a preocupação de

muitos estudiosos. Com o aproveitamento desses resíduos, pode-se obter álcool, ácidos cítrico, málico e ascórbico, rações para animais.

O Brasil é um dos principais produtores mundiais desta fruta produzindo 795 toneladas no ano de 2016 (Dossa 2018). E a região sudeste é responsável por 40% da produção nacional (Agrianual, 2014). Segundo Carvalho & Clemente (1981), o abacaxizeiro é uma planta da qual apenas 22,5% correspondem à polpa do fruto, comestível e altamente industrializada. Dos 77,5% restantes, a casca contribui com 4,5% e a parte vegetativa com 73%.

As quantidades elevadas de açúcar e lignocelulose encontradas em abacaxis são fonte potencialmente interessante para fermentação. A lignocelulose compreende duas classes principais de polissacarídeos estruturais, celulose e hemicelulose. Se hidrolisados, eles podem fornecer açúcares fermentáveis (glicose e xilose, respectivamente). Os polissacarídeos, no entanto, são bem embalados nas paredes das células da planta e são, frequentemente, cercados por lignina, formando estruturas altamente recalcitrantes, resistentes ao ataque enzimático direto (Sun; Cheng, 2002; Himmel et al., 2007).

Celulose e hemicelulose, as frações de resíduos agroindustriais, podem ser despolimerizadas para açúcares fermentáveis, dando origem, respectivamente, a hexoses (glicose e manose) e pentoses (xilose e arabinose), substância que podem ser obtidas por hidrólise enzimática ou química (Sun; Cheng, 2002; Himmel et al., 2007).

#### 2.4.3 Manga Tommy

A manga (*Mangifera indica* L.) está entre as 10 culturas mais plantadas no mundo (FAO, 2010). A produção anual é da ordem de 7.257 toneladas no Brasil em 2016 (Dossa, 2018).

O processamento industrial da manga para elaboração de polpas, néctar, chutney, geleia, fruta desidratada, entre outros derivados, resulta num grande volume de resíduo, que, embora seja biodegradável, necessita de um tempo mínimo para ser decomposto (Couto Filho et al., 2007). Os resíduos do processamento da manga são resultantes da remoção das cascas (12 a 15% do peso da fruta) e sementes com as amêndoas em seu interior (15 a 25%) (Mirghani et al., 2009).

Uma de suas variedades é a Tommy, cuja origem está na Flórida, EUA. Possui fruto de tamanho médio para grande (460 g), com casca espessa e formato oval. Apresenta coloração do fruto laranja-amarela coberta com vermelho e púrpuro

intenso. É uma das variedades de manga mais cultivadas mundialmente para exportação. Apresenta facilidade para indução floral em época quente, alta produtividade e boa vida de prateleira. Essa variedade representa 90% das exportações de manga no Brasil (Costa, 2004).

A atividade da mangicultura é caracterizada pelas constantes intempéries do clima, solo, fauna e flora, ou seja, o meio ambiente como um todo. E isso é um obstáculo à continuidade da atividade, que necessita constantemente de pesquisas e uso de tecnologia que propiciem a realização da atividade de maneira sustentável e viável econômica, social e ambientalmente (Pontes Filho et al., 2010).

## 2.5 A FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

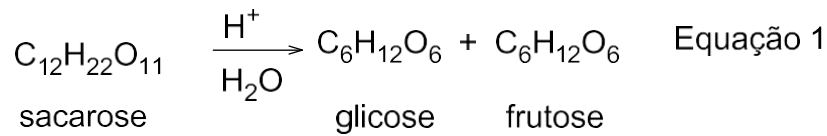
O processo de fermentação alcoólica é biológico, tendo como principal agente a levedura, processo este em que ocorre a transformação de açúcares em álcool e gás carbônico. A cepa mais utilizada na fabricação de álcool é a *Saccharomyces cerevisiae*. Essa levedura, quando em contato com um meio contendo glicose, e sobre condições de anaerobiose, produz álcool etílico e gás carbônico, entre outros produtos. O pH tem papel importante na fermentação, sendo que para favorecer o desenvolvimento das leveduras deve estar na faixa entre 4,5 e 5,5 (Jones, Pamment; Greenfield, 1981).

A forma mais simples e antiga de se obter álcool, descoberta pelo homem há milhares de anos antes de Cristo, é a fermentação. Com esse processo, é produzido o álcool utilizado para todos os fins. Essa técnica consiste, basicamente, em se adicionar ao caldo, seja da cana-de-açúcar ou de outra biomassa que contenha açúcar, microrganismos que quebrem moléculas de açúcar, transformando-as em duas moléculas de etanol mais duas moléculas de gás carbônico. Nas usinas produtoras de etanol, a biomassa utilizada passa por diversos processos, até se obter os álcoois anidro e hidratado (Lima, 2001).

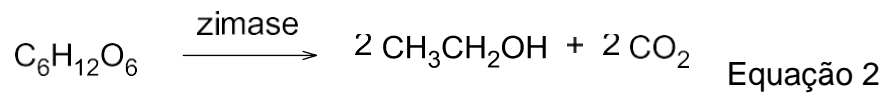
Todo e qualquer produto que contenha açúcar ou outro carboidrato, constitui-se como matéria prima para a produção de etanol, tanto quanto as sobras e resíduos de produtos naturais. É preciso que os substratos (mostos) sejam adequados ao desenvolvimento do microrganismo e à finalidade de sua atividade, que é produzir uma determinada substância. Também é preciso que a composição do meio seja capaz de suprir as exigências do microrganismo, para seu melhor desempenho, como pH, temperatura, assepsia ou esterilidade dentre outros (Lima, 2001).

A fermentação alcoólica apresenta dois processos básicos:

1° hidrólise da sacarose: a sacarose é formada por dois monossacarídeos, unidos por uma ligação glicosídica. Em meio ácido, a sacarose hidrolisa em glicose e frutose, numa reação denominada como inversão da sacarose, conforme a reação descrita na equação 1 a seguir:



2° fermentação alcoólica: a levedura e outros microrganismos fermentam a glicose em etanol e CO<sub>2</sub>, como apresentada na reação descrita na equação 2 a seguir:



### 3 JUSTIFICATIVA

A matriz energética é baseada nos combustíveis fósseis não renováveis, os quais resultam na emissão de gases poluentes, além do fato de suas reservas serem esgotáveis, o que requer a busca de fontes alternativas de energia. Fator que reforça a necessidade de estudar e promover uma diversificação da matriz bioenergética brasileira. Dentro desse contexto, surge a necessidade de novas matérias-primas que possam ocupar faixas de solos menos valorizadas, tendo em vista a ampla dimensão do Brasil que possui diferentes condições edafoclimáticas.

A bioenergia é vista como uma das opções fundamentais para atenuar as emissões de gases de efeito estufa e substituir os combustíveis fósseis. Este fato tem sido bastante evidenciado em nível mundial nos últimos anos. Neste panorama, faz-se evidente a importância de desenvolvimentos de estratégias para o aproveitamento de fontes de energia e bicompostíveis.

Os rejeitos orgânicos da banana, do abacaxi e da manga podem ser usados como fontes de energia, visto que estes resíduos possuem alto conteúdo de celulose, que pode ser hidrolisada para a produção de glicose e, posteriormente, fermentada.

A produção de etanol constitui um mercado em ascensão para a geração de combustível renovável e para o estabelecimento de uma indústria química de base, sustentada na utilização de biomassa de origem agrícola e renovável. Justificando-se o estudo e o domínio da tecnologia que inclua novas matrizes energéticas

(biomassas) com potencial de serem utilizadas na produção de biocombustíveis. Portanto, faz-se evidente a importância do desenvolvimento de um estudo sobre esta temática.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GERAL**

Obter etanol a partir da fermentação de açúcares de resíduos que normalmente, são descartados, como amêndoa de caroço de manga, cascas de abacaxi e de banana.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Quantificar a glicose e os açúcares totais das amostras.

Otimizar o processo de hidrólise ácida, tendo como variantes a concentração de ácido sulfúrico, o tempo de autoclave e a granulometria das peneiras.

Fermentar os açúcares hidrolisados das cascas do abacaxi e da banana, e das amêndoas dos caroços de manga.

## **5 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1 LOCAL ONDE FORAM REALIZADOS OS EXPERIMENTOS**

As análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisa LAQUIBIO, pertencente ao Departamento de Química, e no Laboratório de Pesquisa 2 pertencente ao Departamento de Bioquímica. Os laboratórios citados estão localizados na Universidade Estadual de Londrina, os quais possuem equipamentos básicos para a realização da proposta de pesquisa.

### **5.2 LOCAL DE COLETA DAS AMOSTRAS**

As cascas de abacaxi foram coletadas em frutaria localizada em Londrina. Já as cascas de banana foram coletadas no restaurante universitário da UEL após o horário de almoço. Em relação aos caroços de manga Tommy, estes foram extraídos das mangas no próprio laboratório, sendo a fruta adquirida em uma frutaria localizada em Londrina.

### 5.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de cascas de abacaxi e de banana e amêndoas do caroço da manga foram secas em estufa ventilada por 48h a 50°. Foram trituradas em liquidificador industrial da marca Fak, e tamisadas em peneiras com granulometria de 16, 24 e 32 mesh.

### 5.4 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE HIDRÓLISE ÁCIDA

Os experimentos para otimização da hidrólise ácida nas amostras foram conduzidos conforme planejamento experimental Box Behnken, testando as variáveis: concentrações de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), granulometria (mesh) e tempo de autoclave (min.) (Tabela 1). Foi utilizado 1g de cada amostra para 10 mL (volume final) de ácido sulfúrico, com sua respectiva concentração.

**Tabela 1.** Matriz do delineamento para otimização da hidrólise ácida.

Ensaio	Variáveis decodificadas			Variáveis codificadas		
	% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Tempo de autoclave (min.)	Granulometria (mesh)	Delineamento		
1	1	10	24	-1	-1	0
2	5	10	24	1	-1	0
3	1	60	24	-1	1	0
4	5	60	24	1	1	0
5	1	35	16	-1	0	-1
6	5	35	16	1	0	-1
7	1	35	32	-1	0	1
8	5	35	32	1	0	1
9	3	10	16	0	-1	-1
10	3	60	16	0	1	-1
11	3	10	32	0	-1	1
12	3	60	32	0	1	1
13	3	35	24	0	0	0
14	3	35	24	0	0	0
15	3	35	24	0	0	0
16	3	35	24	0	0	0

Fonte: o próprio autor

Sendo as variáveis estudadas apresentadas na Tabela 2, a seguir.

**Tabela 2.** Níveis codificados (-1,0,1) do delineamento em esquema fatorial Box-Behnken para as variáveis concentração de ácido sulfúrico, tempo de autoclavagem, mesh da peneira.

Variável	Níveis		
	-1	0	1
Conc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	3	5
Tempo de autoclave	10	35	60
Mesh da peneira	16	24	32

Fonte: o próprio autor

Após a hidrólise ácida, as amostras tiveram seu pH ajustado para 5, com solução de carbonato de cálcio saturado.

#### 5.5 DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DE GLICOSE

Método de Somogyi – Nelson (Somogyi (1952)(Nelson (1944))).

A glicose, em filtrado livre de proteínas, reduz o reativo cuproalcalino de Somogyi, dando óxido cuproso. Este, em presença do reativo arsenomolibdico de Nelson, forma um complexo de óxido de molibdênio de cor azul estável.

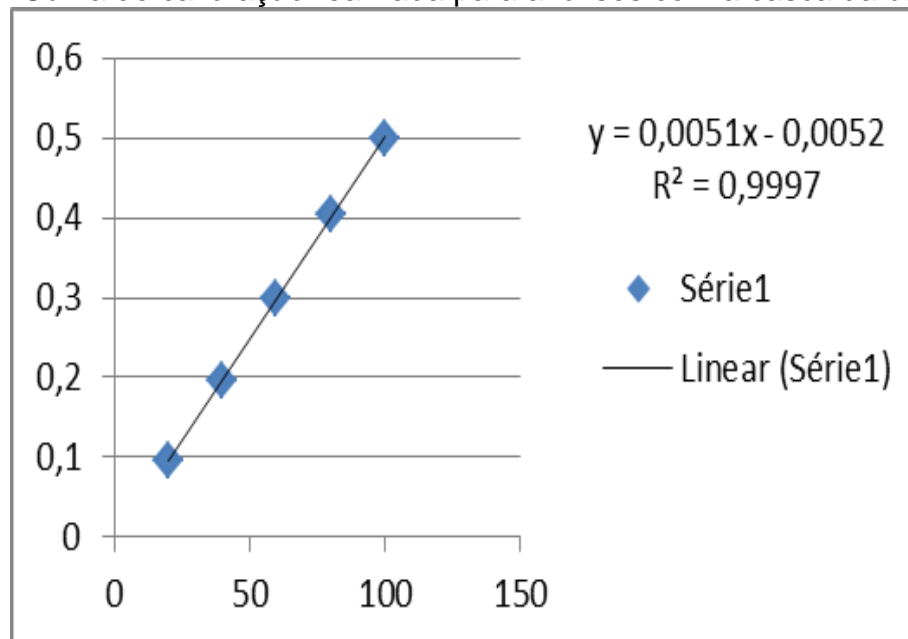
A cor desenvolvida é proporcional à concentração de açúcar presente e é estável por várias horas.

**Tabela 3.** Ensaios para curva de calibração do método de Somogyi e Nelson.

Curva De Calibração							
Tubo	Padrão 100 µg/ml	H <sub>2</sub> O destilada(mL)	Reativo de Somogyi (mL)	b.m. 100°C 10 min.	Reativo de Nelson(mL)	H <sub>2</sub> O destilada(mL)	[ ] µg/ml
B	-	1,0	1,0		1,0	9,5	0
1	0,1	0,9	1,0		1,0	9,5	10
2	0,2	0,8	1,0		1,0	9,5	20
3	0,4	0,6	1,0	Resfriar	1,0	9,5	40
4	0,6	0,4	1,0		1,0	9,5	60
5	0,8	0,2	1,0		1,0	9,5	80
6	1,0	-	1,0		1,0	9,5	100

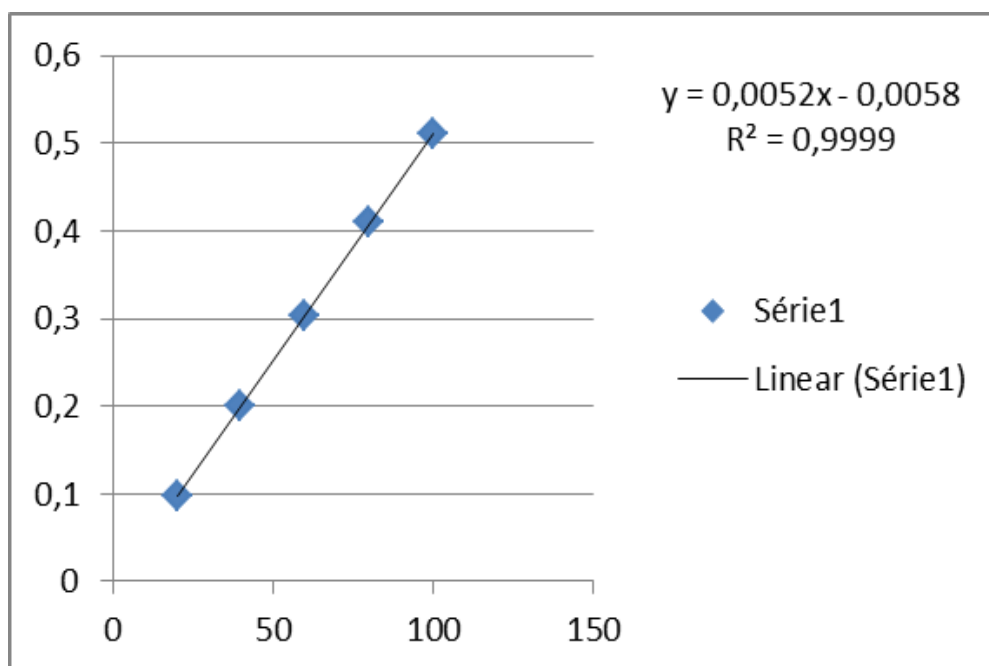
Fonte: O próprio autor

As amostras para curva de calibração foram homogeneizadas e lidas em espectrofotômetro em 540 nm (Gráfico 1 e 2).

**Gráfico 1.** Curva de calibração realizada para análises com a casca da banana.

Fonte: o próprio autor

**Gráfico 2.** Curva de calibração realizada para análises com a casca do abacaxi e amêndoas do caroço da manga.



Fonte: o próprio autor

Para dosagem de glicose nas amostras, foi necessária à diluição dessas amostras em 100 vezes. Após, foi pipetado 0,5 mL de amostra no tubo de ensaio. A cada tubo foi acrescentado 0,5 mL de reativo de Somogyi, homogeneizado e fervido em banho-maria por 10 minutos. Após resfriado, foram acrescentados 0,5 mL de reativo de Nelson, homogeneizado e adicionado 3,5 mL de H<sub>2</sub>O destilada. Posteriormente foram homogeneizados novamente e sua leitura em espectrofotômetro realizada em 540 nm. O cálculo da concentração foi baseado na diluição realizada.

#### 5.6 DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DE AÇÚCARES TOTAIS - MÉTODO DO FENOL SULFÚRICO (DUBOIS, 1956).

O ácido sulfúrico concentrado desidrata pentoses e hexoses convertendo-os em furfural e hidroximetilfurfural respectivamente. O furfural e hidroximetilfurfural reagem com o fenol formando um complexo colorido de coloração alaranjada. O complexo formado com pentoses absorve com maior intensidade na região de 480nm, enquanto as hexoses em 490nm.

A curva de calibração foi realizada conforme tabela 4, a seguir.

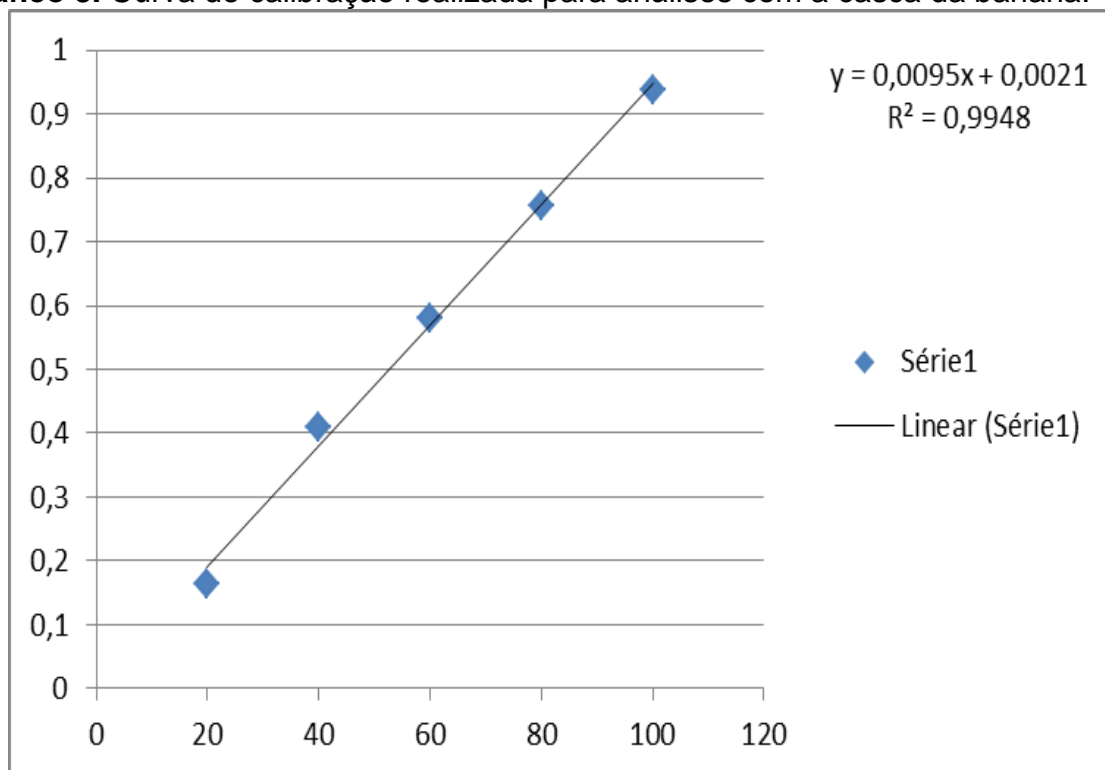
**Tabela 4.** Ensaio para curva de calibração do método do fenol sulfúrico

Curva de calibração						
Tubo	Padrão 100 µg/mL(mL)	H <sub>2</sub> O destilada(mL)	Solução de fenol 5% (mL)	Ácido sulfúrico concentrado(mL)	Tempo de 20 min.	[ ] µg/ml
B	-	0,5	0,5	2,5		0
1	0,1	0,4	0,5	2,5		20
2	0,2	0,3	0,5	2,5	Repouso	40
3	0,3	0,2	0,5	2,5		60
4	0,4	0,1	0,5	2,5		80
5	0,5	-	0,5	2,5		100

Fonte: o próprio autor

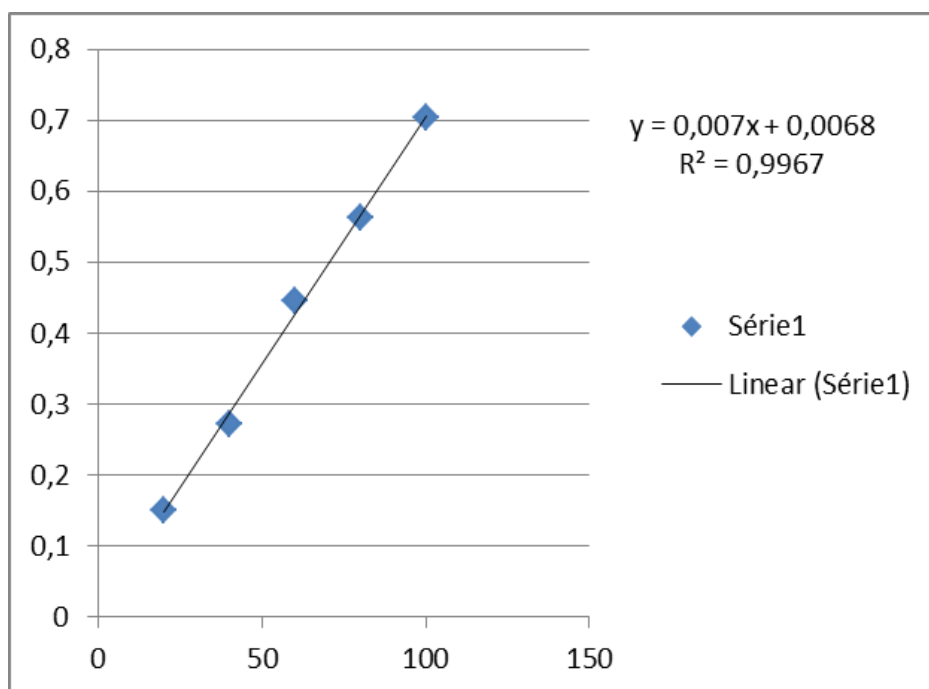
As amostras para curva de calibração foram homogeneizadas e lidos em espectrofotômetro em 490 nm (Gráfico 3 e 4).

**Gráfico 3.** Curva de calibração realizada para análises com a casca da banana.



Fonte: o próprio autor

**Gráfico 4.** Curva de calibração realizada para análises com a casca do abacaxi e amêndoas do caroço da manga.



Fonte: o próprio autor

Foram pipetadas 0,5 mL de amostra em cada tubo de ensaio. A cada tubo foi acrescentado 0,5 mL de solução de fenol 5%, e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado em um único jato e deixado em repouso por 20 minutos. Para dosagem de açúcares totais nas amostras, foi necessária a diluição dessas amostras em 969 vezes. Após, homogeneizadas fizemos sua leitura em espectrofotômetro em 490 nm.

O cálculo da concentração foi realizado levando em consideração a diluição realizada. Após a realização da otimização da hidrólise ácida e com os pontos ótimos encontrados. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

#### 5.7 LEVEDURA

Blocos de levedura comercial *Saccharomyces cerevisiae* (Itaiquara), foram deixados em equilíbrio à temperatura ambiente por uma hora. A camada externa dos blocos foi descartada para evitar contaminação (Jones, Pamment; Greenfield, 1981).

### 5.8 MEIO DE FERMENTAÇÃO

Para cada experimento foram utilizados 75 mL de cada amostra, com a seguinte concentração de nutrientes (tabela 5).

**Tabela 5.** Composição base de nutrientes para fermentação.

<u>Composição</u>	<u>Concentração para 75mL</u>
Levedura	0,6 g.L <sup>-1</sup>
Extrato de levedura	0,3 g.L <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,03 g.L <sup>-1</sup>
ZnSO <sub>4</sub>	0,020 g.L <sup>-1</sup>
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,025 g.L <sup>-1</sup>

Fonte: o próprio autor

O extrato de levedura, o fosfato de amônio monobásico P.A. (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) usado como fonte de nitrogênio e fósforo, o sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) e sulfato de zinco (ZnSO<sub>4</sub>), foram adicionados à todos os meios de cultura (Cruz; Borzani, 1980).

### 5.9 FERMENTAÇÃO

Para a fermentação das amostras, foram utilizados erlenmeyers de 125 mL, contendo 75 mL da amostra já suplementada e com a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Tabela 5). Os erlenmeyers foram fechados com algodão hidrofóbico e incubados por doze horas em temperatura de 30 °C estabilizada em shaker (Figura 1). Após a retirada das amostras do shaker, foram centrifugadas por 10 minutos em rotação máxima (2000 rpm) e, em seguida, foi realizada a destilação e medido o teor de álcool.

**Figura 1.** Erlenmeyers incubados no shaker por 12h a 30 °C sob agitação.



Fonte: o próprio autor

#### 5.10 DESTILAÇÃO E DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁLCOOL

O etanol é oxidado a ácido acético quando reage com o dicromato de potássio em meio com o ácido sulfúrico, a quente. O excesso de dicromato presente é determinado por titulação com sulfato ferroso amoniacal, tendo ortofenantrolina como indicador. Um branco é preparado paralelamente utilizando água destilada. Pela diferença de volume de sulfato ferroso amoniacal, calcula-se a concentração de etanol da amostra, em g.L<sup>-1</sup>.

Para determinar o teor de álcool, foi usado o método de Zimmerman (1970). Uma alíquota de 1mL do fermentado foi destilado em um microdestilador TE-012 Tecnal (Figura 2), ao qual se adicionou água, produzindo 20 mL de amostra que foi colocada em um erlenmeyer de 125 mL, em seguida adicionou-se 5 mL de água destilada, 20 mL de solução sulfocrômica contendo dicromato de potássio (51 mmol/L), ácido sulfúrico (10,50 mmol/L) e água destilada. A solução ficou em repouso por 25 minutos em banho Maria, a 60° C. Em seguida, adicionou-se 0,5 mL do indicador com ortofenantrolina (80,46 mmol/L), sulfato de ferro heptahidratado (25 mmol/L) e água destilada. Logo após, foi titulado com a solução de sulfato ferroso amoniacal (0,34 mol/L), ácido sulfúrico (0,38 mol/L) e água destilada, sendo o teor em álcool expresso em g.L<sup>-1</sup> (Zimmerman, 1970).

$$E \text{ (g.L}^{-1}\text{)} = k \cdot V \cdot N \cdot (1 - V_a / V_b) \quad \text{Eq. 3}$$

Onde  $E$  ( $\text{g.L}^{-1}$ ) é o teor de álcool,  $k$  tem valor de 11,5, uma constante teórica;  $V$  e  $N$  se referem ao volume e molaridade do reagente dicromato de potássio, respectivamente;  $V_a$  é o volume de sulfato ferroso amoniacal utilizado na titulação da amostra e  $V_b$  é o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação do branco.

**Figura 2.** Microdestilador TE-012 Tecnal.



Fonte: o próprio autor

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 ABACAXI

Na determinação quantitativa de glicose pelo método de Somogyi e Nelson, realizada a partir da casca do abacaxi obteve-se o resultado apresentado na tabela 6.

**Tabela 6.** Valores de concentração de glicose na casca do abacaxi.

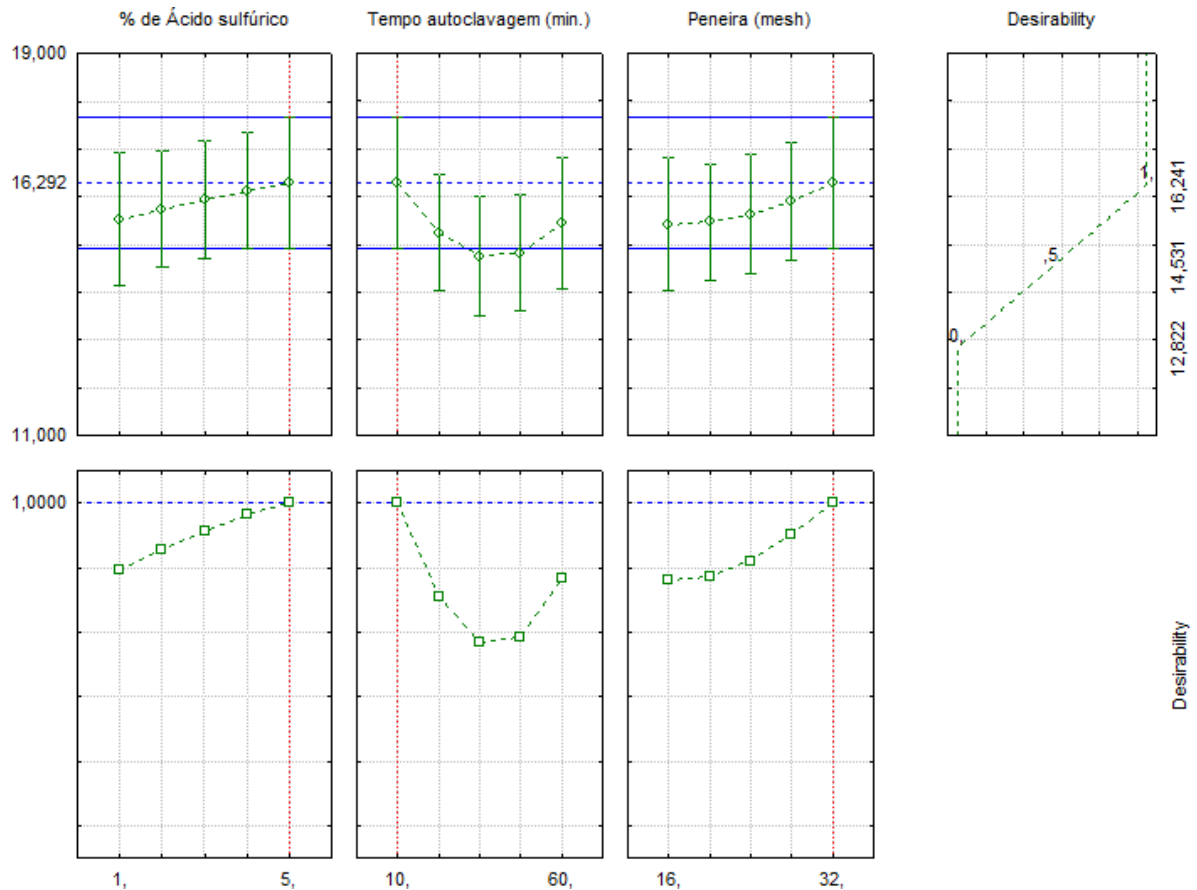
Amostra	ABS	Mg/g	%
1	0,319	149,908	15,0
2	0,29	159,277	15,9
3	0,286	134,677	13,5
4	0,271	149,046	14,9
5	0,272	128,215	12,8
6	0,281	143,400	14,3
7	0,313	147,138	14,7
8	0,252	138,815	13,9
9	0,307	156,400	15,6
10	0,254	134,896	13,5
11	0,293	149,400	14,9
12	0,307	162,415	16,2
13	0,288	141,250	14,1
14	0,28	137,404	13,7
15	0,277	135,962	13,6
16	0,275	135,000	13,5

Fonte: o próprio autor

As maiores concentrações de glicoses foram alcançadas nos ensaios 2, 9, e 12. Tendo 15,9, 15,6 e 16,2 % de glicose respectivamente em cada ensaio.

Os pontos ótimos de trabalho para determinar a % de  $H_2SO_4$ , tempo de autoclavagem e mesh da peneira foram obtidos por meio de valores previstos e desejáveis, conforme os gráficos da figura 3.

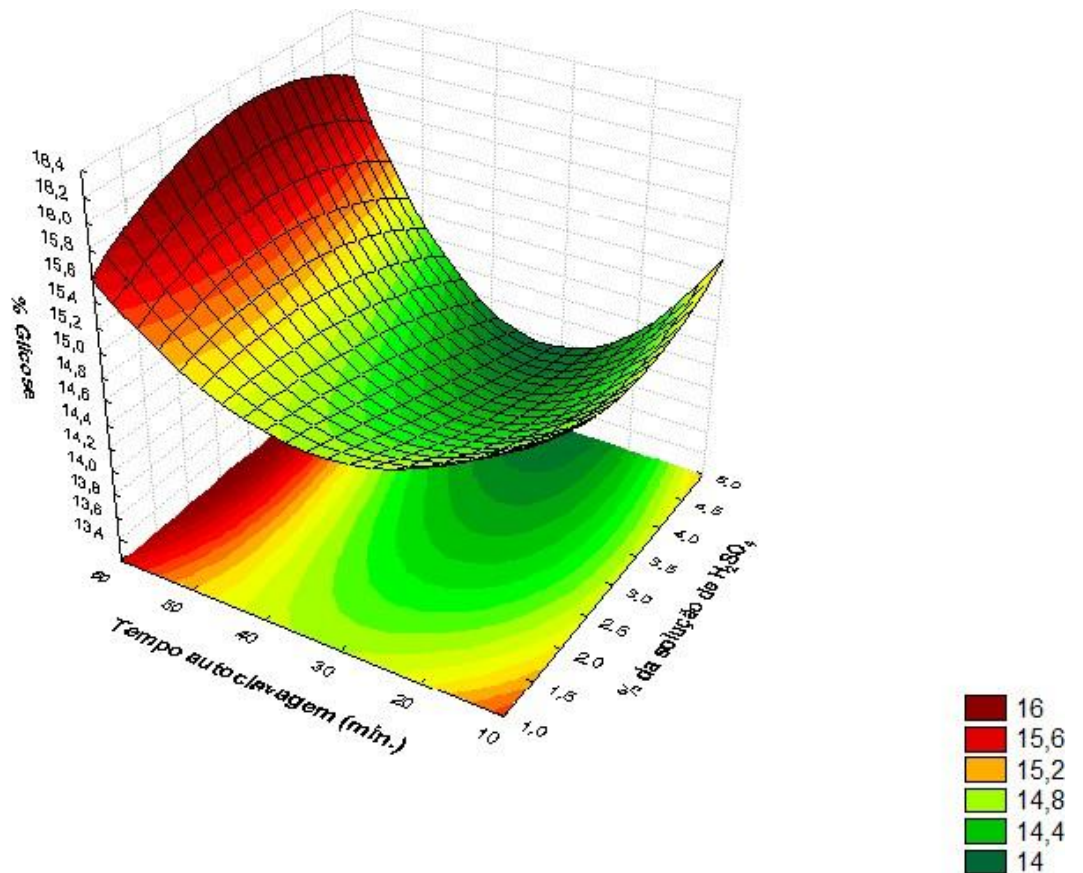
**Figura 3.** Parâmetros desejáveis para pontos ótimos de trabalho de % de ácido sulfúrico, tempo de autoclavagem (min.) e mesh da peneira na hidrólise da casca do abacaxi.



Fonte: o próprio autor

Os efeitos com maior influência e suas interações podem ser visualizados no gráfico de Pareto (figura 4) com a variável % de  $H_2SO_4$ . Nele se observa que a maior concentração de glicose obtida foi com os parâmetros de 5% de  $H_2SO_4$  e menor tempo de autoclavagem 10 minutos.

**Figura 4.** Superfície de resposta para concentração de glicose em mg/mL do abacaxi de acordo com a % de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por tempo de autoclavagem, com o mesh da peneira fixa em 32.



Peneira 32 mesh

% de glicose =  $17,9 + 0,44x + 0,14x^2 - 0,21y + 0,001y^2 + 0,004xy + 0,0003x^2y^2 - 0,004x^2y - 0,04 \cdot 32 \cdot x + 0,004 \cdot 32 \cdot y - 1,38$

Fonte: o próprio autor

Açúcares são carboidratos que, em base seca apresentam teores médios de 75,6%, conforme trabalho de Tinoia e Rakariyatham (2015), e em um estudo de Batista (2016) onde foi determinado o teor de carboidratos totais da farinha do resíduo da casca de abacaxi de 69,04%.

Na determinação quantitativa de açúcares total pelo método de fenol sulfúrico realizado a partir da casca do abacaxi obtiveram-se os resultados apresentados na tabela 8.

**Tabela 8.** Valores de concentração de açúcares totais na casca do abacaxi.

Amostra	Abs	mg/mL	%
1	0,321	0,521931	52,193
2	0,316	0,59923	59,923
3	0,304	0,493692	49,369
4	0,318	0,603106	60,311
5	0,37	0,603327	60,333
6	0,358	0,632009	63,201
7	0,313	0,508642	50,864
8	0,328	0,622486	62,249
9	0,361	0,637408	63,741
10	0,315	0,57596	57,596
11	0,304	0,534833	53,483
12	0,365	0,669399	66,940
13	0,357	0,605971	60,597
14	0,35	0,593859	59,386
15	0,36	0,611162	61,116
16	0,363	0,616353	61,635

Fonte: o próprio autor

De acordo com Leonel, S., Leonel, M. Sampaio, A.C. (2014), os açúcares do abacaxi são frutose, glicose e sacarose.

Os resultados de teor alcoólico produzido a partir de cascas de abacaxi estão especificados na tabela 9. A média obtida nas análises da casca do abacaxi foi de 9,42 g.L<sup>-1</sup> de teor alcoólico.

**Tabela 9.** Resultados do teor alcoólico das amostras de casca de abacaxi.

AMOSTRAS	CONCENTRAÇÃO	PONTO DE VIRAGEM	TEOR ALCOÓLICO
<b>Branco</b>	Branco	9,4	-
<b>1</b>	1 mL	6,8	9,54 g.L <sup>-1</sup>
<b>2</b>	1 mL	6,9	9,17 g.L <sup>-1</sup>
<b>3</b>	1 mL	6,8	9,54 g.L <sup>-1</sup>

Fonte: o próprio autor

Um trabalho de Castro et al. (1988) obteve uma concentração de 6,97 g.L<sup>-1</sup> de etanol, obtendo 17,9 litros de etanol por tonelada de casca de abacaxi. Comparando com o valor obtido no presente trabalho de 9,49 g.L<sup>-1</sup> de teor alcoólico, obter ia-se 24,19 litros de etanol a partir de uma tonelada de casca de abacaxi. O método proposto no trabalho mostrou-se significativo, tendo resultados satisfatórios e bem próximos ao valor que Anjos; Rodrigues (2015) obtiveram das cascas de abacaxi em seu trabalho de 2015, que foi um valor de 10 g/L<sup>-1</sup> de teor alcoólico.

## 6.2 BANANA

As análises na quantificação de glicose na casca da banana tiveram os resultados mostrados na tabela 10 a seguir:

**Tabela 10.** Valores de concentração de glicose na casca da banana.

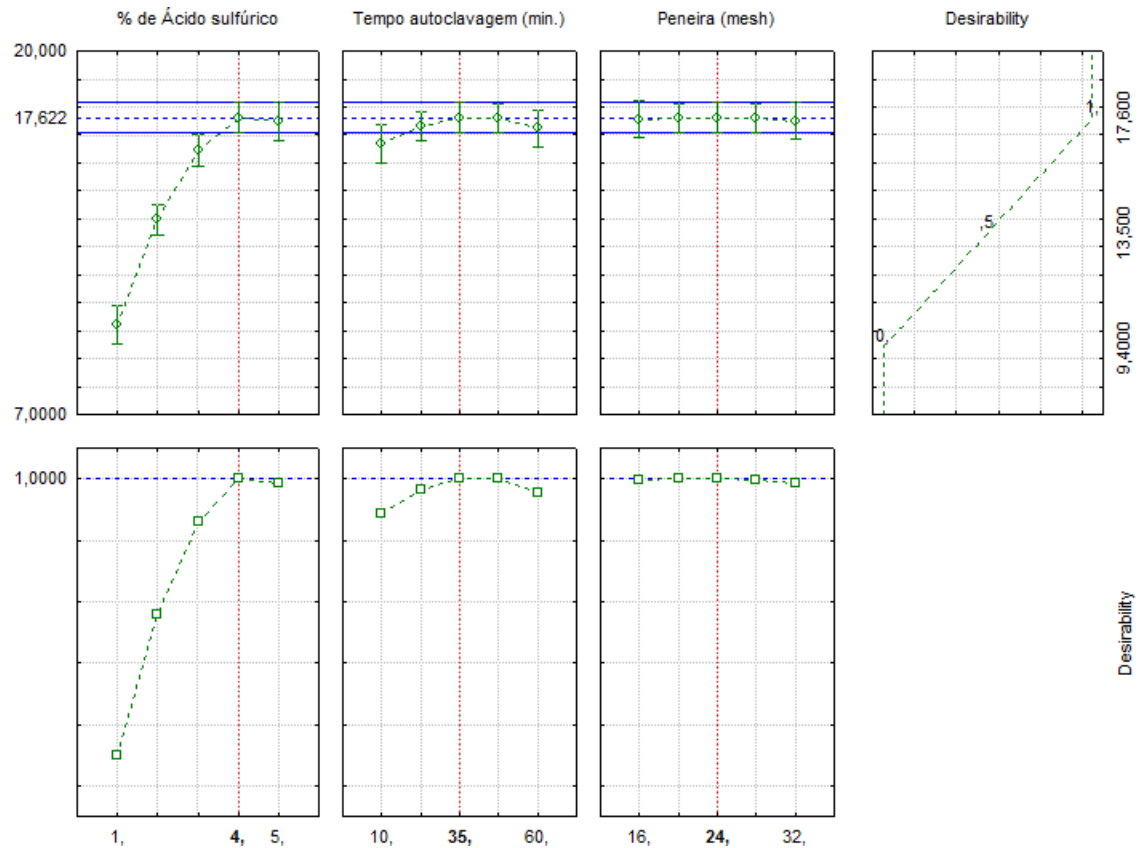
Amostra	ABS	Mg/g	%
1	0,214	94,514	9,5
2	0,319	165,227	16,5
3	0,213	94,082	9,4
4	0,336	173,894	17,4
5	0,221	97,533	9,8
6	0,315	169,465	16,9
7	0,244	107,455	10,7
8	0,327	175,818	17,6
9	0,31	160,639	16,1
10	0,313	162,169	16,2
11	0,293	146,127	14,6
12	0,32	159,363	15,9
13	0,331	164,755	16,5
14	0,33	164,265	16,4
15	0,328	163,284	16,3
16	0,334	166,225	16,6

Fonte: o próprio autor

As maiores concentrações de glicoses foram alcançadas nos ensaios 4, 6, e 8. Observando a matriz de delineamento para otimização da hidrólise ácida na tabela 1, os ensaios 4, 6 e 8 são tratamentos com  $H_2SO_4$  a 5% e com % de glicose em 17,4, 16,9 e 17,6 respectivamente. Em um estudo de Castro Gomez et al. (1988) em cascas de banana obtiveram um teor médio de glicose de 0,9%.

Os pontos ótimos de trabalho para determinar a % de  $H_2SO_4$ , tempo de autoclavagem e mesh da peneira foram obtidos por meio de valores previstos e desejáveis, conforme os gráficos da figura 5.

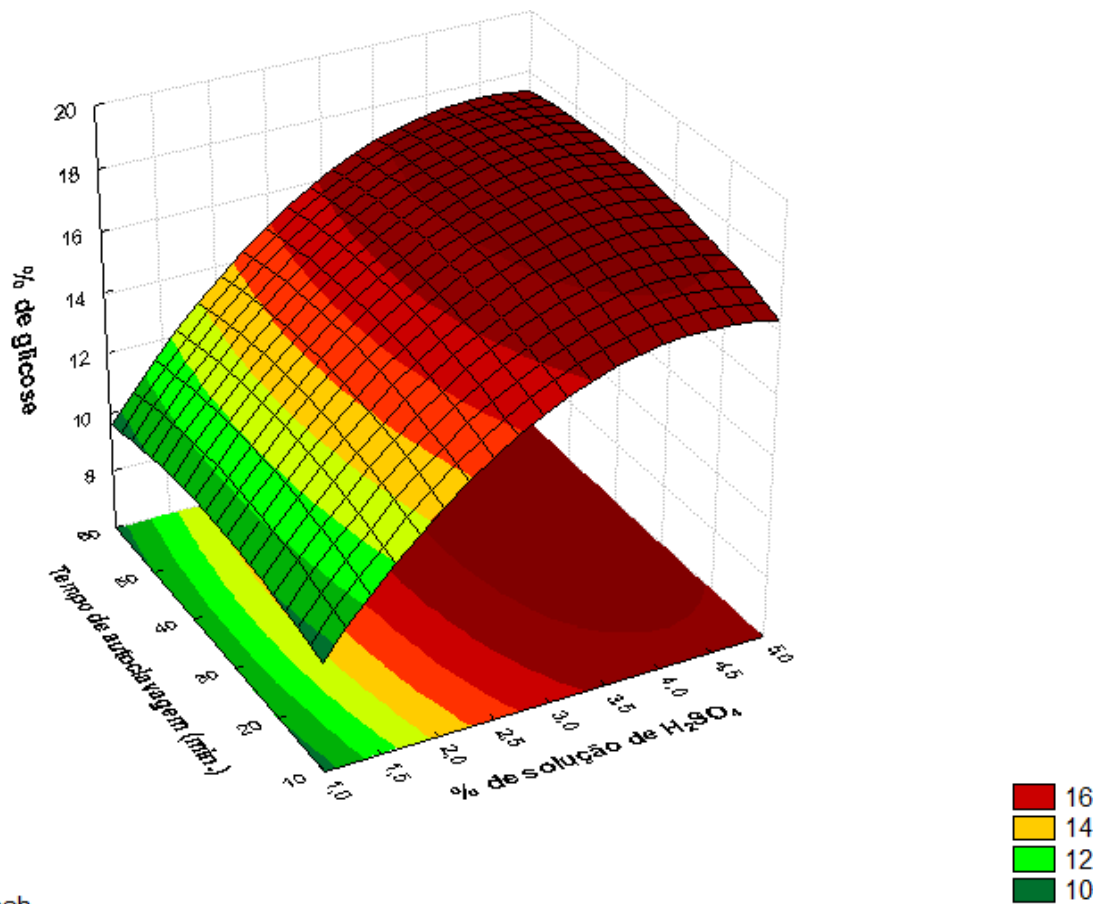
**Figura 5.** Parâmetros desejáveis para pontos ótimos de trabalho de % de ácido sulfúrico, por tempo de autoclavagem (min.) e mesh da peneira na hidrólise da casca da banana.



Fonte: o próprio autor

Onde se observa que a maior concentração de glicose obtida foi com os parâmetros da solução de 4 % de  $H_2SO_4$ , tempo de autoclavagem de 35 minutos, com peneira fixa em 24 mesh. Os efeitos com maior influência e suas interações podem ser visualizados no gráfico de pareto (figura 6) com as variáveis % de  $H_2SO_4$  e tempo de autoclavagem.

**Figura 6.** Superfície de resposta para concentração de glicose em mg/mL da casca da banana de acordo com a % de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por tempo de autoclavagem, com o mesh da peneira fixa em 24.



Peneira 24 mesh

$$\% \text{ de glicose} = 4,76 + 5,52 \cdot x - 0,66 \cdot x^2 + 0,03 \cdot y - 0,001 \cdot y^2 + 0,005 \cdot x \cdot y + 0,0006 \cdot 24 \cdot x^2 + 0,001 \cdot 24 \cdot y - 0,74$$

Fonte: o próprio autor

Os resultados de teor alcoólico produzido a partir de cascas de banana estão especificados na tabela 13. Como parâmetro de comparação, Manikandan et al. (2008) hidrolisaram cascas de banana e alcançaram concentração máxima de etanol no caldo fermentado igual a 9,8 g.L<sup>-1</sup>. A média obtida nas análises da casca de banana no presente trabalho obteve uma média de teor alcoólico de 4,16 g.L<sup>-1</sup>.

**Tabela 13.** Resultados do teor alcoólico das amostras de casca de banana.

AMOSTRAS	CONCENTRAÇÃO	PONTO DE VIRAGEM	TEOR ALCOÓLICO
<b>Branco</b>	Branco	9,4	-
<b>1</b>	1 mL	8,2	4,40 g.L <sup>-1</sup>
<b>2</b>	1 mL	8,3	4,04 g.L <sup>-1</sup>
<b>3</b>	1 mL	8,3	4,04 g.L <sup>-1</sup>

Fonte: o próprio autor

Em um estudo de Castro et al. (1988), foi produzido etanol a partir de cascas de banana e obteve uma concentração de 2,9 mL/L. Em seu trabalho foram produzidos 12,6 litros de etanol por tonelada de casca de banana.

Um trabalho de Souza (2011) obteve uma produtividade de etanol de 1,15 g/L. Sharma et al. (2007) empregaram uma mistura de cascas de banana e cascas de tangerina, ambas secas e moídas na granulometria máxima de 40 mesh, e obtiveram rendimento máximo de 0,426 g/g<sup>-1</sup> fazendo-se a conversão já que utilizamos 10 g de cascas secas, obtivemos 0,44 g/g<sup>-1</sup> neste trabalho um valor pouco superior.

### 6.3 CAROÇOS DA MANGA

As análises na quantificação de glicose pelo método de Somogyi-Nelson na amêndoa do caroço da manga tiveram os resultados mostrados na tabela 14 abaixo.

**Tabela 14.** Valores de concentração de glicose na amêndoa do caroço da manga.

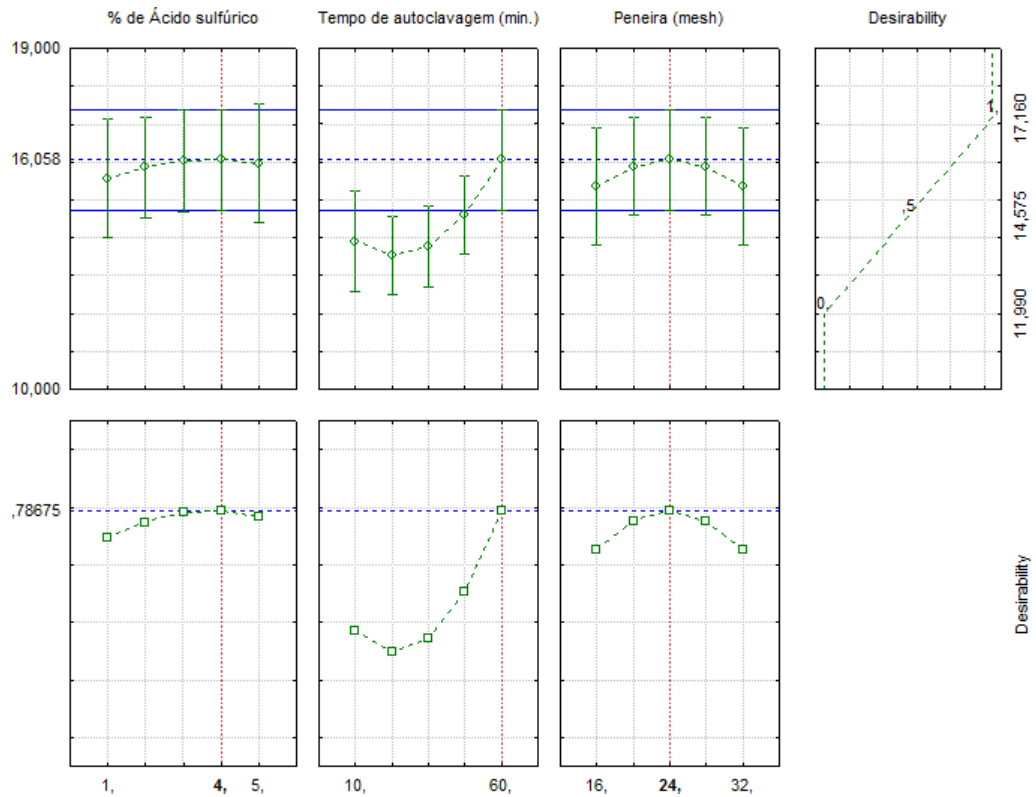
Amostra	ABS	mg/g	%
1	0,286	145,900	14,6
2	0,237	130,738	13,1
3	0,273	139,400	13,9
4	0,313	171,662	17,2
5	0,251	128,400	12,8
6	0,245	135,046	13,5
7	0,271	127,754	12,8
8	0,217	119,969	12,0
9	0,25	127,900	12,8
10	0,272	149,585	15,0
11	0,257	131,400	13,1
12	0,305	161,377	16,1
13	0,265	140,608	14,1
14	0,259	137,492	13,7
15	0,261	138,531	13,9
16	0,25	132,819	13,3

Fonte: o próprio autor

As maiores concentrações de glicoses foram alcançadas nos ensaios 4, 10, e 12. Sendo respectivamente 17,2, 15,0 e 16,1 % de glicose em amêndoa do caroço de manga.

Os pontos ótimos de trabalho foram, tempo de autoclavagem e mesh da peneira foram obtidos por meio de valores previstos e desejáveis, conforme os gráficos da figura 7.

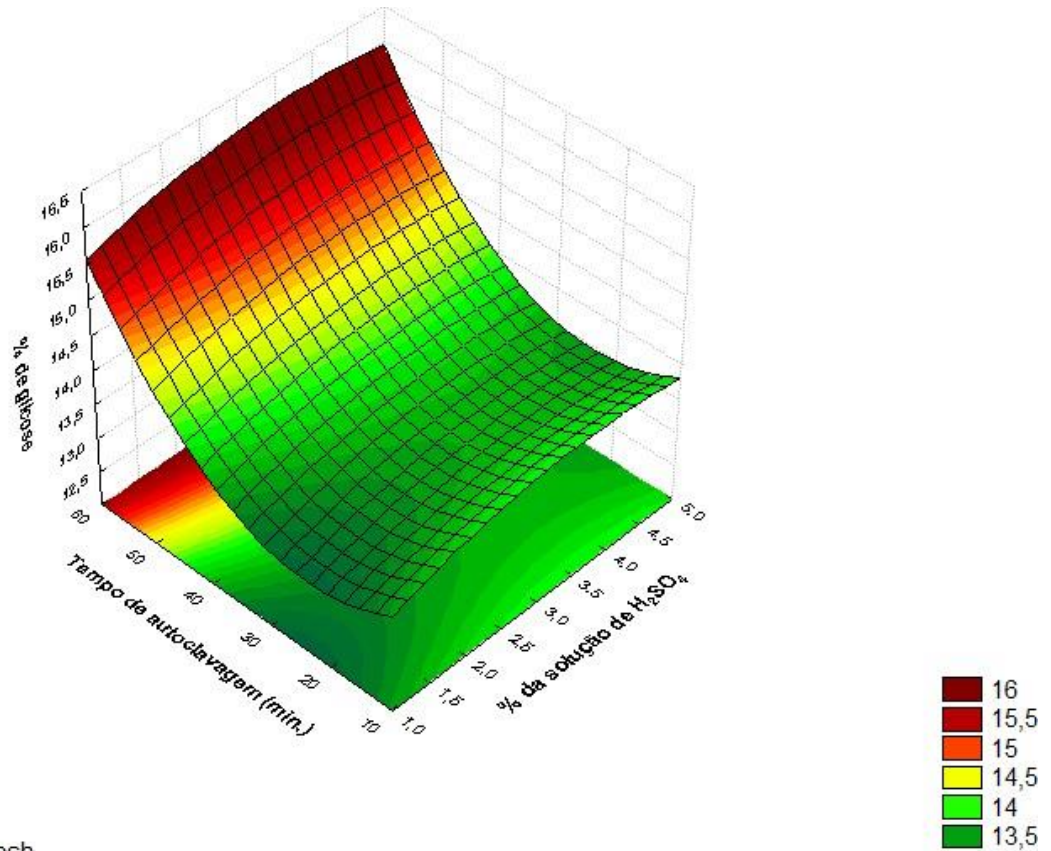
**Figura 7.** Parâmetros desejáveis para pontos ótimos de trabalho de % de ácido sulfúrico, e tempo de autoclavagem (min.) e mesh da peneira na hidrólise do caroço de manga.



Fonte: o próprio autor

Os efeitos com maior influência e suas interações podem ser visualizados no gráfico de Pareto (figura 8) como a variável de tempo de autoclavagem. Onde se observa que a maior concentração de glicose obtida foi com os parâmetros da solução de 4% de  $H_2SO_4$  e tempo de autoclavagem 60 minutos, com peneira fixa em 24 mesh.

**Figura 8.** Superfície de resposta para concentração de glicose em mg/mL no caroço de manga de acordo com a % de  $H_2SO_4$  por tempo de autoclavagem, com o mesh da peneira fixa em 24.



Peneira 24 mesh

$$\% \text{ de glicose} = 7,47 + 0,48 * x - 0,06 * x^2 - 0,09 * y + 0,002 * y^2 + 6,25$$

Fonte: o próprio autor

Na produção de etanol a partir da amêndoa da manga em um trabalho de Fugita (2014), observou-se a produção de 275L de etanol por tonelada da amêndoa de manga. Ou melhor, 2,75 mL por 10g. No presente trabalho podem-se verificar na tabela 17 os valores de teor alcoólico na produção de etanol a partir da amêndoa da manga. A hidrólise ácida foi eficiente na quebra das moléculas de amido do caroço de manga em açúcar para posterior fermentação dos mesmos. Amostras obtiveram em média o teor alcoólico de  $14,43 \text{ g.L}^{-1}$ .

**Tabela 17.** Resultados do teor alcoólico das amostras de amêndoa da manga.

<b>AMOSTRAS</b>	<b>CONCENTRAÇÃO</b>	<b>PONTO DE VIRAGEM</b>	<b>TEOR ALCOÓLICO</b>
<b>Branco</b>	Branco	9,4	-
<b>1</b>	1 mL	5,6	13,94 g.L <sup>-1</sup>
<b>2</b>	1 mL	5,5	14,31 g.L <sup>-1</sup>
<b>3</b>	1 mL	5,3	15,04 g.L <sup>-1</sup>

Fonte: o próprio autor

## 7 CONCLUSÃO

As análises de quantificação de glicose e açúcares totais foram realizadas com êxito. A otimização do processo de hidrólise ácida, tendo como variantes a concentração de ácido sulfúrico, o tempo de autoclavagem e o mesh da peneira, para o abacaxi foi ponto ótimo com solução de 5% de ácido sulfúrico, peneira de 32 mesh e 10 minutos de autoclavagem. Para otimização do processo de hidrólise na casca de banana o ponto ótimo foi com solução a 5% de ácido sulfúrico, peneira de 24 mesh e 35 minutos de autoclavagem. E para as amêndoas de manga o ponto ótimo foi com solução a 5% de ácido sulfúrico, peneira de 24 mesh e 60 minutos de autoclavagem. Pode-se concluir que o processo de hidrólise ácida em biomassa com composição maior de amido, tem um resultado final de destilação mais efetivo que outras biomassas Sendo a biomassa com maior potencial de rendimento a do caroço da manga obtendo um teor alcoólico em média de  $14,43 \text{ g.L}^{-1}$ .

## REFERÊNCIAS

ACCARINI, J.H.; MAZOCATO, M.A. ; COSTA, O.G.P. da; LUENGO, R. de F.A. Pontos de estrangulamento: os obstáculos internos e externos representam vicissitudes a serem vencidas pela olericultura brasileira. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v.20, n.2, p.32-36, fev. 2000.

ADEBOWALE, K. O.; AFOLABI, T. A.; OLUOWOLABI, B. I. **Functional, physicochemical and retrogradation properties of sword bean (*Canavalia gladiata*) acetylated and oxidized starches.** Carbohydrate Polymers, v.65, p.93-101, 2006.

AGRIANUAL 2014: **Anuário da agricultura brasileira.** São Paulo: Informa Economics FNP, 2013. 463p.

ANEEL, **Agência Nacional de Energia Elétrica.** Atlas da energia elétrica do Brasil. Brasília, p.54, 2002.

ANEEL, **Agência Nacional de Energia Elétrica.** Atlas de energia elétrica do Brasil, 3.ed., Brasília: Brasília, 2008. 236p.

ANJOS, E.V., RODRIGUES, W.I. Produção de etanol a partir de cascas de abacaxi (*Ananas comosus*). In: ANAIS DO SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOPROCESSOS E SIMPÓSIO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE BIOMASSAS (SHEB), 2015, . **Anais eletrônicos...** Campinas, GALOÁ, 2018. Disponível em: <<https://proceedings.science/sinaferm/sinaferm-2015/papers/producao-de-etanol-a-partir-de-cascas-de-abacaxi-%28ananas-comosus%29>> Acesso em: 24 abr. 2019.

AQUARONE, E.; LIMA, U. A.; BORZANI, W. **Alimentos E Bebidas Produzidas Por Fermentação.** São Paulo: Edgard Blucher, 1990, vol 5.

AVCI, A.; SAHA, B. C.; DIEN, B. S.; KENNEDY, G. J.; COTTA, M. A. Response surface optimization of corn stover pretreatment using dilute phosphoric acid for enzymatic hydrolysis and ethanol production. **Bioresource Technology**, 130, 603-612, Dez, 2012.

BAI, F. W.; ANDERSON, W. A.; MOO-YOUNG, M. Ethanol fermentation Technologies from sugar and starch feedstocks. **Biotechnology**, v. 26, n. 1, p. 89-05, Set, 2007.

BATISTA, E.M.; ALMEDA, E.J.N.; LEMOS, L.M.R.; BARCELOS, S.C.; BARBOSA, M.C.F.; SOUZA, P.A. **ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DO RESÍDUO DE ABACAXI (*Ananas comosus* L. Merrill)** Alimentação: á arvore que sustenta a vida - XXV congresso brasileiro de ciência e tecnologia de alimentos. 2016.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Decreto nº 12.486 de 20 de outubro de 1978. **Normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 21 out. 1978. p.20.

BRUNS, R.E.; SCARMINIO, I.S.; BARROS NETO, B. de. **Statistical design chemometrics**. Amsterdam: Elsevier, 2006. 412p.

CARVALHO, V.D; CLEMENTE, P.R. Qualidade, colheita, industrialização e consumo de abacaxi. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.74, p.37-42, fev,1981.

CEREDA, M. P. Potencial Das Tuberosas Americanas. *In*: Simpósio Nacional Sobre As Culturas Do Inhame e Do Cará, 2001, **Anais [...]** Venda nova do imigrante: snic, 2001.

COSTA, J.C.; SANTOS, C.A.F. **Cultivo da Mangueira**. Embrapa Semi-Árido. Sistemas de Produção, 2 ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica. Jul, 2004. Disponível em:<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/Cultivo daMangueira/cultivares.htm>. Acesso em: 20 fev. 2016.

CORNELL, J. **Experiments with Mixtures**. Third editions. John Wiley & Sons, 2002.

CÔRTEZ, S.L; BORSATO, D; KIMURA, M.; MOREIRA, I; GALÃO, O.F. **Optimisation of fermentation conditions in the production of ethanol from Palmer mango**. Semana: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 39, n. 1, p. 34-41, jul, 2018.

COUTO FILHO, C. C. C.; SILVA FILHO, J. C.; NEIVA JÚNIOR, A. P.; FREITAS, R. T. F.; SOUZA, R. M.; NUNES, J. A. R. Qualidade da silagem de resíduo de manga com diferentes aditivos. **Ciência e Agrotecnologia**, vol.31, n.5, pp.1537-1544, Out, 2007.

CRUZ, M. R. M.; BORZANI, W. Fermentação alcoólica de melão e de caldo de cana de açúcar por *Zymomonas*: Ensaio preliminares. **Rev. Brasil Technology**. Brasil: p. 51 – 57 p. 1980.

DANMALIKI G. I.; MUHAMMAD, A. M.; SHAMSUDDEEN, A. A.; USMAN B.J. **Bioethanol Production from Banana Peels**. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT) e-ISSN: 2319-2402,p-ISSN: 2319-2399.Volume 10, Issue 6 Ver. II (Jun. 2016), PP 56-62.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

DONNER, S. D.; KUCHARIK, C. J. Corn based ethanol production compromises goal of reducing nitrogen export by the Mississippi river. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v. 105, n. 4, p. 513–518. 2008.

DOSSA, D.; FUCHS. FI. Mercado de hortifrutí da CEASA - Pr. **Livro CEASA** 2018.

DOSSA, D.; DENCK. D. I. Banana: Produção, mercado e preços no ceasa - Pr. **Boletim técnico 06**. Outubro de 2017.

FAO, Global cassava market study. **Business opportunities for the use of cassava**, *In*: Proceedings of the Validation Forum on the Global Cassava Development Strategy, vol. 6, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2004.

FAO. (2010). Food Outlook. **Global Market Analysis**. Global Information and Early Warning System, 2(2), 1-103.

FAPESP; **Um Futuro Com Energia Sustentável: Iluminando O Caminho**. Inter Academy Council Academia Brasileira de Ciências, São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, 2010. 300 p.

F RRELL . E.; PLEVIN R. J.; TURNER B. T.; JONES . D.; O'H RE M.; KAMMEN, D. M. Ethanol can contribute to energy and environmental goals. **Science**, v. 311, p. 506-508, jan, 2006.

FIGUEIREDO, T. M. P. **Validação de métodos analíticos** - Determinação do teor de açúcar numa amostra de produto alimentar. Tese (Mestrado em química) Universidade de Coimbra. Coimbra, 2012.

FUGITA, R. A. **Desidratação e retificação de etanol produzido a partir da amêndoa do caroço da manga**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/115846>.

GIRARD, F.; FALLOT, A. Review Of Existing And Emerging Technologies For The Production Of Biofuels In Developing Countries. **Energy For Sustainable Development**, v 10. p. 92-108. 2006.

HARMSSEN, P. HUIJGEN, W. L. BERMUDEZ, R. BAKKER, **Literature review of physical and chemical pretreatment processes for lignocellulosic biomass**, Energy Res. Centre Neth. 2010.

HIMMEL, M. E.; DING, S. Y.; JOHNSON, D. K.; ADNEY, W. S.; NIMLOS, M. R.; BRADY, J. W.; FOUST, T. D. Biomass recalcitrance: Engineering plants and enzymes for biofuels production. **Science**, v315, p. 804-807, fev, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2009) **Áreas destinada à colheita e colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção, segundo os principais produtos das lavouras permanentes Brasil - 2009**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2009/tabelas\\_pdf/tabela03.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2009/tabelas_pdf/tabela03.pdf). Acessado em: 01 ago 2017.

IOELOVICH, M. Recent Findings And The Energetic Potential Of Plant Biomass As A Renewable Source Of Biofuels, **A Review. Bioresources**, V. 10, p. 1879-1914, 2015.

ITELIMA, J.; ONWULIRI, F.; ONWULIRI, E.; ONYIMBA, I.; OFORJI, S. Bio-ethanol production from banana, plantain and pineapple peels by simultaneous saccharification and fermentation process, **International Journal of Environmental Science and Development**. vol. 4 n. 2, p. 213-216, abr, 2013.

KIM, S.; KIM, C.H. Bioethanol production using the sequential acid/alkali-pretreated empty palm fruit bunch fiber. **Renewable Energy**, v. 54, p.150-155, jun, 2013.

KO, J. K. ; BAK, J. S.; JUNG, M. W.; LEE, H. J.; CHOI, I.G. ; KIM, T. H.; KIM, K. H. Ethanol production from rice straw using optimized aqueous-ammonia soaking pretreatment and simultaneous saccharification and fermentation processes, **Bioresour. Technol.**, v. 100, n.19, p. 4374-4380, 2009.

LE, H. D. T.; LE, V. V. M. Effects of initial pH value of the medium on the alcoholic fermentation performance of *Saccharomyces cerevisiae* cells immobilized on nipa leaf sheath pieces. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v.36, n.6, p. 663-667, dez, 2014.

LEONEL, S., LEONEL, M., SAMPAIO, A.C. Processamento de acabaxizeiro cv smooth cayenne: perfil de açúcares e ácidos dos cucos e composição de cascas. **Rev. Bras. Frutic, Jaboticabal - SP**, v. 36, n.2 p433-439, 2014.

JONES, R. P.; PAMMENT, N.; GREENFIELD, P. F. Alcohol Fermentation By Yeasts-The Effect of Environmental And Other Variables. **Process Biochemistry**, v. 16, n. 3, p. 42-49, 1981.

LIMA, U.A. Aguardentes. *In*: AQUARONE, E. (Ed.) **Biotecnologia Industrial: alimentos e bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo/SP: Edgard Blücher, 2001.v.4.145-182.

LOPES, R. P. **Energia na Agricultura**. Notas de aula, UFFRJ – DEPARTAMENTO DE ENERGIA, 2003.

LOUHICHI, B.; BELGAIB, J.; BENAMOR, H.; HAJJI, N. Production of bio-ethanol from three varieties of dates. **Renewable Energy**, v. 51, p. 170-174, Mar, 2013.

MANIKANDAN, K.; SARAVANAN, V.; VIRUTHAGIRI, T. Kinetics Studies On Ethanol Production From Banana Peel Waste Using Mutant Strain Of *Saccharomyces Cerevisiae*. **Indian Journal of Biotechnology**, v.7, p.83-88, 2008.

MARQUES, R. S. et al. Importância do controle da higiene pessoal dos manipuladores de alimentos da merenda escolar do Município de Vitória da Conquista-BA. **Revista Higiene Alimentar**, v. 21, n. 150, p. 382, 2007.

MIRGHANI, M.; YOSUF, F.; KABBASHI, N.; VEJAYAN J; YOSUF Z. B. M. Antibacterial activity of mango kernel extracts. **Journal of Applied Sciences**, v. 9 p.3013-3019, Dez, 2009.

MOHAN, P. R.; KUMAR, B. V.; REDDY, O. V. S. Optimization of pretreatment conditions for increased cellulose conversion of sugarcane bagasse using peracetic acid employing central composite design. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v.35, n.2, p. 177-185, Dez, 2013.

NELSON, N. Photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**. v. 53: p.375-380, 1944.

OGEDA, T. L.; PETRI, D. F. S.; Hidrólise Enzimática de Biomassa. **Química Nova**, v.33, n.7, p.1549- 1558, 2010.

ONIAS, E. A ; CAVALCANTI, M. T. Obtenção e caracterização do amido do endocarpo da manga Tommy Atkins proveniente do resíduo agroindustrial. **Revista Verde**, v 9, n. 5 , p. 60 - 63, dez, 2014

OZAIR, S.; SCHULZ, M. A.; FISCHER, G. A. A.; THEODORO M. W.; SELLIN, N.; Energia Alternativa De Biomassa: Bioetanol A Partir Da Casca E Da Polpa De Banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.8, p.915– 921, 2012.

PAULOVA, L.; PATAKOVA, P.; BRANSKA, B.; RYCHTERA, M.; MELZOCH, K. Lignocellulosic ethanol: technology design and its impact on process efficiency, **Biotechnol. Adv.**, v.33, n.6, p. 1091-1107, 2015.

PAN, X, D. XIE, Y.W. YU, The bioconversion of mountain pine beetle-killed Lodgepole pine to fuel ethanol using the organosolv process, **Biotechnol. Bioeng.**, v. 101 p. 39-48, 2008.

PONTES FILHO, F. S. T.; PONTES, F. S. T.; ANDRADE, M. E.; PONTES, F. E.; AROUCHA, E. M. M. Análise econômica do uso de tecnologia e do investimento de capital na produção de manga. **Revista Verde**, v.5, n.2, p.18-34, abril/junho. 2010.

RAIKAR, R. V. Enhanced production of Ethanol from grape waste, **Int. J. Environ. Sci.** v. 25 p.170-181, 2012.

REIS, L. B. **Matrizes Energéticas: Conceitos E Usos Em Gestão E Planejamentos**. Barueri, SP: Manole, 2011. – (Serie sustentabilidade). 1º Ed. 2011.

RUANGMEE, A., & SANGWICHIAN, C. Statistical optimization for alkali pretreatment conditions of narrowleaf cattail by response surface methodology. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v. 35, n.4, p.443-450, 2013.

SCHOLZ, M. J.; RILEY, M. R.; CUELLO, J. L. Acid hydrolysis and fermentation of microalgal starches to ethanol by the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. **Biomass and Bioenergy**, v.48, p.59-65, 2013.

SILVA, M. R. D. et al. Estudo do comportamento reológico de polpas de caju (*Anacardium occidentale*, L.), acerola (*Malpighia emarginata*, D.C.) e manga (*Mangifera indica*, L.). **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v. 33, p. 237-248, jan-mar 2012.

SILVEIRA, M. A. **Batata-Doce: Bioenergia Na Agricultura Familiar**. In: 52º Congresso Brasileiro De Olericultura. Agroindustrialização De Hortaliças: Geração De Emprego E Renda No Campo, Salvador. **Anais[...]**. Salvador: Cbo, 2012.

SINGH, A. J.; RATH S.; KUMAR Y.; MASIH H.; PETER J. K.; BENJAMIN J. C.; SINGH, P. K.; DIPURAJ, P. SINGH. Bio-Ethanol Production from Banana peel by Simultaneous Saccharification and Fermentation Process using cocultures *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*. **International Journal of Current Microbiol and Applied Science**. v.3 n.5, p.84-96, 2014.

SOMOGY, M. Notes on sugar determination. **Journal of Biological Chemistry**, v. 95 p. 1923, 1952.

STATISTICA. **Statistica for Windows Software**. v.9.0, Tulsa, OK, USA, 2009.

SUN Y, CHENG J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. **Bioresour Technol**, v. 83, p. 1–11, 2002.

TAHERZADEH. M.J; K ARIMI. K. Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: a review, **Int. J. Mol. Sci**. v. 9 p.1621-1651, 2008.

TESFAYE, M.; GEBRU, Y. **Assessment of Biofuel Development Activities in Ethiopia, Forum for Environment**, Addis Ababa, 2011.

THANGAVELU, S.K; AHMED, A.S.; Ani, F.N. Bioethanol production from sago pith waste using microwave hydrothermal hydrolysis accelerated by carbon dioxide, **Appl. Energy**, v. 128, p. 277-283, 2014.

TIBOLLA, H.; PELISSARI, F. M.; MENEGALLI, F. C. Cellulose nanofibers produced from banana peel by chemical and enzymatic treatment, **LWT-Food Sci. Technol**. v. 59, n. 2, p. 1311-1318, 2014.

TINOIA, J.; RAKARIYATHAMA, N. Utilization of pineapple waste hydrolysate for lipid production by oleaginous yeast *Rhodoturula glutinis*. **International Journal of Advanced Research**, v.3, n.3, 2015.

TOVAR, L.P.; MACIEL, M. R. W.; PINTO, G. M.F.; MACIEL, R.; GOMES, D. R. Fatorial design applied to concentrate bioactive component of *Cymbopogon citratus* essential oil using short path distillation. **Chemical Engineering Research & design**, v. 88, n. 2A, p. 239-244, Feb. 2010.

VIEILLE, C.; ZEIKUS G. J.; Hiperthermophilic Enzymes: Sources, Uses And Molecular Mechanisms For Thermostability. **Microbiol. Mol. Biol. Rev**. v. 65, p. 1-43, 2001.

VOCA, N.; VARGA, B.; KRICKA, T.; CURIC, D.; JURISIC, V.; MATIN, A. Progress in ethanol production from corn kernel by applying cooking pre-treatment. **Bioresource Technology**, v.100, n.10, p. 2712-2718, 2009.

WBA.; **Global Bioenergy Statistics**, p. 1-39, 2014.

WORLD ENERGY COUNCIL.; **Water for Energy report**, p.18, 2010.

YAN, S.; LI, J.; CHEN, X.; WU, J.; WANG, P.; YE, J.; YAO, J. Enzymatical hydrolysis of food waste and ethanol production from the hydrolysate. **Renewable Energy**, v.36, n.4, p. 1259-1265, 2011.

ZIMMERMANN, H. W. **Studies on the dichromate method of alcohol determination. In: Methods in Food Analysis**. New York: LumpAcademic Press 1970.