

ASSOCIAÇÃO CARUARUENSE DO ENSINO SUPERIOR E TÉCNICO - ASCES
BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MYRELLE FERREIRA GOMES

UTILIZAÇÃO DA CASCA DE MAMÃO PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

CARUARU/PE

2015

MYRELLE FERREIRA GOMES

UTILIZAÇÃO DA CASCA DE MAMÃO PARA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à FACULDADE ASCES, como requisito parcial para a obtenção de Grau de Bacharela em Engenharia Ambiental sob orientação do Professor Dsc. Henrique John Pereira Neves.

CARUARU/PE

2015

BANCA EXAMINADORA

Aprovado em: ___/___/_____

Orientador: Prof. Dsc. Henrique John Pereira Neves

Primeiro Avaliador: Prof. Msc. Cláudio Emanuel Pereira da Silva

Segundo Avaliador: Prof. Msc. Deivid Sousa Figueiroa

Com carinho,

*À minha mãe, Irene Maria Cavalcante
Gomes, ao meu pai, Marinaldo Ferreira
Gomes por tudo o que fizeram e
representam.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela dádiva da vida, por me iluminar e abençoar minha trajetória.

Ao meu pai Marinaldo Ferreira, e minha mãe Irene Maria, pelo apoio e por tudo que fizeram por mim, pela simplicidade, exemplo, dedicação e carinho, fundamentais na construção do meu caráter. Pai, sua presença significou segurança e me ensinou a não desistir de ser melhor. Mãe, seu cuidado, carinho e dedicação, me deram motivação nas horas difíceis de cansaço e desânimo. Agradeço de todo coração por compartilharem meus ideais e os alimentaram, incentivando-me a prosseguir nesta jornada, mostrando que o nosso caminho deveria ser seguido sem medo fossem quais fossem os obstáculos.

Aos meus irmãos, Mário Ferreira e Maurílio Ferreira, e minha Cunhada, Lelian Viana, por encorajar-me a enfrentar todos os momentos difíceis da vida, por sempre acreditarem em mim, e por mais difíceis que fossem as circunstâncias sempre tiveram paciência e confiança.

À minha sobrinha Marina Vitória, que chegou para alegrar nossas vidas, e com seu sorriso fazer meu coração sorrir.

À Girlaine Menezes, Gisele Menezes, Katharine Angélica, Josivaldo Menezes, Roberto Maia, Maria Eduarda, Jadson Marques, Bruno Olinger Raniele Ferreira, Maurício Ferreira, Carla Melo, Anna Karla, Jessyca Andrade, Raíra Reichert, Lara Sangi, Rick Paiva, Wesley Armstrong, pelas palavras de incentivo, apoio e carinho, por acreditarem no meu potencial, nos meus devaneios, principalmente quando eu achava que não iria conseguir.

Aos amigos do Apê 106, Aline Andrade, Hugo Andrade, Layana Torres, Susanne Andrade, Laura Lee, Carol Andrade, Luana Matias, pelos incentivos, sorrisos, abraços, palavras de carinho e todos os momentos vividos.

Aos meus amigos de classe, Suelem Maihara, Morgana Freitas, Thamires Cruz, Iris Macêdo, Whilma Lacerda, Suzana Leite, Danilo Diniz, Ana Maria, pela amizade que enraizou no decorrer desses anos, por todo incentivo e apoio.

Aos professores Hélder Parente (in memoriam), Luiz Gonzaga, Luiz Pimentel, Clécio Santos, Deivson César, Deivid Figueiroa, e à todos os professores que me acompanharam na minha jornada acadêmica agradeço por compartilharem todos os ensinamentos e experiências que contribuíram significativamente para minha formação acadêmica.

Ao meu orientador Henrique John, por me acolher de braços abertos, me conduzindo pelos caminhos da pesquisa com paciência e maestria, por exigir de mim muito mais do que eu supunha ser capaz de fazer. Agradeço por transmitir seus conhecimentos, por fazer da minha monografia uma experiência positiva e por ter confiado em mim, sempre estando ali me orientando e dedicando parte do seu tempo a mim.

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.”

Albert Einstein

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Características da cana-de-açúcar, teores mínimos e máximos permitidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA.....	24
Tabela 2: Análise das características físico-químicas na casca de mamão...	24
Tabela 3: Fermentadores com Composições Diferentes.....	26
Tabela 4: Densidade de álcool produzido.....	31
Tabela 5: Volume de álcool obtido em 500mL destilado	32
Tabela 6: Teor aproximado de álcool produzido com casca de mamão e com cana-de-açúcar	34
Tabela 7: Percentual de álcool em solução, pictométrica e cromatografia.....	38

LISTA DE FIGURA

Figura 1:	Previsão da capacidade produtiva estimada e demanda potencial de etanol.....	20
Figura 2:	Montagem do destilador.....	28
Figura 3:	Mosto fermentativo 1º DIA.....	29
Figura 4:	Mosto fermentativo 4º DIA.....	29
Figura 5:	Processo de destilação do álcool.....	30
Figura 6:	Medição da porcentagem do álcool produzido utilizando um decímetro na escala Gay-Lussac.....	34
Figura 7:	Cromatografia para Volume de Mosto de Casca de Mamão de 1L.....	35
Figura 8:	Cromatografia para Volume de Mosto de Casca de Mamão de 1,5L.....	36
Figura 9:	Cromatografia para Volume de Mosto de Casca de Mamão de 2L...	37
Figura10:	Cromatografia para Volume de Mosto de cana-de-açúcar de 1,5L.....	38

RESUMO

No Brasil, o mamão é um produto consumido por grande parte da população, sua produção ocorre na maior parte do país. O desperdício das cascas de mamão é grande, sendo descartadas após seu uso. Há possibilidades do aproveitamento das cascas, como por exemplo para fabricação de doces e até mesmo produção de álcool. Diante do exposto o presente trabalho teve como objetivo estudar propriedades da casca de mamão, se a quantidade de açúcares fermentáveis poderiam ser aproveitados para produzir etanol por processo fermentativo. O mamão utilizado foi mamão havaí. O experimento foi realizado nos laboratórios da Faculdade- ASCES, através de estudo experimental prospectivo que avaliou as amostras de álcool analisando qualitativamente a identificação do álcool pela densidade, volume de álcool produzido, análise pictométrica e cromatográfica. Os resultados obtidos revelaram que as amostras da casca de mamão analisadas puderam produzir álcool a partir dos açúcares fermentáveis, obtendo-se álcool em todos os processos experimentais, variando o percentual do teor de álcool de 10 a 30% de acordo com as condições experimentais, as análises realizadas apresentaram resultados satisfatórios por se obter em média a proporção em volume de 1:5 de mosto produzido. Sendo assim, as cascas de mamão analisadas apresentaram-se com fontes alternativas de produção de biocombustível, fonte de energia, podendo produzir álcool, com a consequente diminuição do desperdício de resíduos.

Palavras-chave: produção de álcool com casca de mamão, processo fermentativo, fonte alternativa de energia.

RESUME

Au Brésil, la papaye est un produit consommé par une grande partie de la population, sa production a lieu dans la plupart des pays. Déchets de la papaye pelage est grande, étant jeté après utilisation. Il ya des possibilités d'utilisation des coquilles, par exemple pour la fabrication de bonbons et même la production d'alcool. Compte tenu de ce qui précède le présent travail était d'étudier les propriétés de la papaye peler, si la quantité de sucres fermentescibles pourrait être exploitée pour produire de l'éthanol par fermentation. La papaye a été utilisé hawaii de papaye. L'expérience a été menée dans les laboratoires Faculdade- ASCES à travers l'étude expérimentale prospective évaluant les échantillons d'alcool analyse qualitative de l'identification de l'alcool par la densité de l'alcool produit le volume, l'analyse de pictométrica et chromatographique. Les résultats ont montré que les échantillons analysés enveloppe de papaye pourrait produire de l'éthanol à partir de sucres fermentescibles en éthanol pour obtenir toutes les procédures expérimentales, en faisant varier le pourcentage de la teneur en alcool de 10 à 30% dans les conditions expérimentales, les analyses ont montré des résultats satisfaisants en moyenne pour obtenir le rapport en volume de 1: 5 moût produite. Ainsi, la peau de la papaye analysé présenté avec des sources alternatives de production de biocarburants, source d'énergie, peut produire de l'alcool, avec la réduction conséquente des résidus de déchets

Mots-clés: la production d'alcool à la papaye peler, fermentation, source d'énergie alternative

Sumário

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. OBJETIVO GERAL	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1. PRODUÇÃO DE ÁLCOOL NO BRASIL	17
3.2. DEMANDA POR ÁLCOOL NO BRASIL	19
3.3. PROCESSO FERMENTATIVO NA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL	20
3.4. PRODUÇÃO DE MAMÃO NO BRASIL	22
3.5. PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COM CASCA DO MAMÃO	22
3.6. ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR E DA CASCA DE MAMÃO	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1. DELINEAMENTO DO ESTUDO	25
4.2. MONTAGEM DO DESTILADOR	25
4.3. PREPARAÇÃO DO MOSTO FERMENTATIVO	25
4.4. DESTILAÇÃO	26
4.5. ANÁLISES DO ÁLCOOL	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1. MONTAGEM DO DESTILADOR	28
5.2. PREPARAÇÃO DO MOSTO	29
5.3. DESTILAÇÃO	30
5.4. ANÁLISE DO ÁLCOOL	31
5.4.1. Densidade	31
5.4.2. Volume	32
5.4.3. Análise Picnométrica	33

5.4.4Cromatografia.....	35
6. CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

A palavra “resíduo” deriva do latim “residuum”, que traduz a diminuição do valor de uma matéria, de um objeto, definido também como todo o material que sobra após uma ação ou processo produtivo (FERNANDES, 2006).

O aproveitamento integral de resíduos é uma necessidade cada vez maior na indústria moderna em nível mundial, principalmente quando este deve desenvolver sistema de gestão ambiental baseado na ISO 14000 (ROCHA, 2011).

A geração de resíduos e subprodutos é característica a qualquer setor produtivo. O aumento da conscientização ecológica, iniciada por volta do século 20, enfatiza de forma explícita que o grande desafio da humanidade para as próximas décadas é equilibrar a produção de bens e serviços, crescimento econômico, igualmente social e sustentabilidade ambiental. Diante da necessidade do aproveitamento de resíduos, um dos resíduos de principal característica agroindustrial que pode ser aproveitado é a casca do mamão. (GARBOSA; TRINDADE, 2008).

Durante o processo de industrialização do mamão existe o acúmulo de uma grande quantidade de resíduos (cascas e sementes) que podem ser reaproveitados, as sementes correspondem a cerca de 14% do peso do fruto, podendo ser utilizadas para extração de óleo comestível ou para fins farmacêuticos, com um rendimento industrial de aproximadamente 25%. As cascas do mamão são constituídas basicamente por carboidratos, lipídios, proteínas e fibras, o que possibilitam um aproveitamento para fabricação de doces, assim como também para produção de álcool pelo fato de que os nutrientes existentes na casca de mamão são matérias-primas utilizadas na via fermentativa para produção de etanol, podendo-se tornar uma alternativa viável para resolver o problema da eliminação dos resíduos, além de aumentar significativamente seu valor comercial (TEIXEIRA; SOUZA, 2008).

Portanto, teve como finalidade este trabalho verificar se a casca de mamão poderia ser aproveitada na produção de etanol, verificando o percentual

de álcool produzido e comparando com álcool produzido a partir da cana de açúcar nas mesmas condições do processo produtivo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Utilização da casca de mamão para a produção de álcool

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar coleta seletiva da casca de mamão consumido na própria residência do orientando;
- Produzir álcool a partir da casca de mamão por processo fermentativo e posterior destilação;
- Verificar a densidade final e o volume de álcool produzido a partir da casca de mamão;
- Verificar o teor alcoólico a partir da Análise Pictométrica (através do decímetro na escala Gay-Lussac) e Cromatografia.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. PRODUÇÃO DE ÁLCOOL NO BRASIL

A produção de álcool no Brasil foi incentivada com a implantação do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), em 1975. Atualmente o país é um dos mais avançados, do ponto de vista tecnológico, na produção de álcool como combustível. Este Programa também estimulou o crescimento de renda e a geração de empregos no meio rural. O país tornou-se referência mundial em produção sustentável, eficiente e econômica. A produção mundial de álcool aproxima-se dos 40 bilhões de litros dos quais presume-se que até 25 bilhões de litros sejam utilizados para fins energéticos. O Brasil responde por cerca de 15 bilhões de litros deste total (BERTOTTI et al. 2008).

Aproximadamente 80% da produção brasileira de etanol tem como destino o uso carburante, onde 5% é destinado ao uso alimentar, perfumaria e alcoolquímica e 15% para exportação (ÚNICA, 2007).

Etanol, álcool ou álcool etílico são palavras que se referem à mesma substância: um composto orgânico de fórmula C_2H_5OH . Tanto o álcool combustível, como bebidas alcoólicas, produtos de limpeza, tintas e qualquer outro produto que contenha o composto utiliza o mesmo álcool, obtido por fermentação do açúcar ou síntese em laboratório. As diferenças ocorrem na destilação, utilizada em algumas aplicações do álcool, e nos processos de pós-produção do produto (PASSON, 2007).

O álcool etílico pode ser obtido a partir de vegetais ricos em açúcar, como a cana-de-açúcar, a beterraba, e as frutas de amido, extrato de mandioca, do arroz e do milho, até mesmo das cascas de frutas que contém nutrientes que favorecem a fermentação alcoólica (BERTOTTI et al. 2008).

De acordo com Santarossa et al. (2010) Na produção do etanol, entretanto, é necessário diferenciar o etanol hidratado (ou álcool etílico hidratado) do etanol anidro (ou álcool etílico anidro):

- Etanol hidratado ou álcool etílico hidratado – Possui teor de água correspondente a cerca de 5%. Usado como combustível dedicado para mover automóveis leves regulados para seu uso. Além disso, foram lançados em

2003 os veículos do tipo *flexfuel* que podem usar tanto etanol como gasolina em qualquer proporção, sendo que a frota atual deste tipo de veículo já soma 2,8 milhões de unidades;

- Etanol anidro ou álcool etílico anidro – Tem teor de água correspondente a cerca de 0,5%. Usado como aditivo na gasolina para todo o país. A proporção da mistura pode variar entre 20 e 25%, sendo que atualmente está em 23%. A mistura é obrigatória por Lei Federal e o nível da mistura, no intervalo autorizado, é definido pelo Governo Federal de acordo com a produção e disponibilidade do produto.

A produção industrial do etanol, do tipo hidratado é o que sai diretamente das colunas de destilação. Para produzir o etanol anidro é necessário a utilização de um processo adicional que retira a maior parte de água presente (ÚNICA, 2007).

Com o crescimento mundial, do uso de combustíveis de fontes renováveis, como o álcool etílico, combustível limpo e natural, está se tornando uma importante opção para redução da emissão dos gases tóxicos pelos veículos automotores e diminuindo a poluição ambiental. Sua maior produção é a partir da cana-de-açúcar, que é uma das maiores fontes de energia renovável do Brasil, com grande participação na matriz energética atual (SILVA, 2013).

O maior interesse no uso do etanol como fonte de energia vem da necessidade de substituir uma parcela do petróleo utilizado e de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. A possibilidade de reduzir a poluição local em centros urbanos, com a mistura na gasolina, e melhorar a qualidade da gasolina com seu poder antidetonante são também razões importantes para esse interesse (MIZIARA; SOUZA, 2010).

3.2. DEMANDA POR ÁLCOOL NO BRASIL

Atualmente a produção e o uso do álcool no Brasil são o melhor exemplo, mundialmente, da introdução de energia renovável com uma grande escala de produção. Iniciando da produção de açúcar, um processo completo de integração das produções foi obtido nas usinas: com grande flexibilidade nas unidades fixas (e com operação de autônomas, por algum tempo), as perdas de processo foram reduzidas e houve melhoria na qualidade do açúcar (ROCHA, 2011).

O desenvolvimento desse processo exigiu grande desenvolvimento tecnológico (geração, importação, adaptação e transferência de tecnologias) nas produções agrícola e industrial, na logística e nos usos finais, nos últimos trinta anos. Também foi importante uma legislação específica, subsídios iniciais e permanente negociação entre os principais setores envolvidos: os produtores de etanol, os fabricantes de veículos, os setores reguladores governamentais e a indústria do petróleo, em um denso processo de aprendizagem (GOLDEMBERG; GUARDABASSI, 2009).

Há estimativas de que, mais de 88% da energia primária consumida em todo o mundo, deriva de combustíveis fósseis e cerca de mais de 90%, assim como da energia primária, é provida por fontes não renováveis. Por esse e outros fatores, surge a necessidade de diversificação da atual matriz energética a médio e longo prazo e o interesse em debater sobre novas fontes, principalmente as renováveis (GARBOSA; TRINDADE, 2008).

Diante da crescente necessidade de diversificação da matriz energética e de novas fontes renováveis, o etanol da cana de açúcar brasileiro é uma ótima alternativa energética. Hoje o etanol brasileiro é uma ótima alternativa energética, primeiro por ser uma energia renovável economicamente viável e segundo por ter redução na emissão de CO₂ em comparação com a gasolina (SILVA, 2013).

A capacidade produtiva do etanol é um dos fatores que pode influir na oferta deste combustível e conseqüentemente no seu preço. Por meio de um estudo realizado estima-se que a taxa de crescimento da capacidade produtiva do etanol hidratado e anidro das usinas instaladas no país não seja suficiente para atender à demanda desse biocombustível. A Figura 1 mostra a previsão de

demanda e a capacidade produtiva estimada entre o período de 2011 a 2015 (MILANEZ et al. 2010).



Figura 1: Previsão da capacidade produtiva estimada e demanda potencial de etanol. Fonte: MILANEZ et al. (2010).

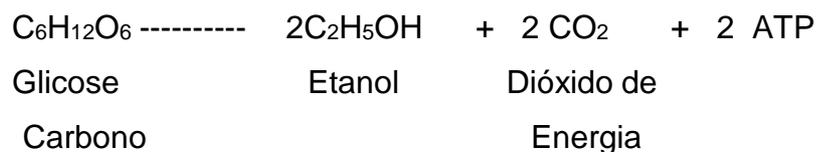
3.3. PROCESSO FERMENTATIVO NA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL

O nome dado ao mecanismo fermentativo na produção de álcool é a Fermentação Alcólica. É um dos mecanismos que permite a degradação parcial de moléculas orgânicas complexas em moléculas mais simples, liberando certa quantidade de energia. Está baseada na atividade metabólica das leveduras sobre uma matéria-prima açucarada. Além da sacarose, as leveduras podem utilizar outros açúcares, tais como a glicose ou a frutose. Matérias-primas, amiláceas e feculentas devem ser degradadas, química ou enzimaticamente, até a obtenção de um açúcar fermentável (MILANEZ et al. 2010).

Praticamente todos os organismos vivos podem utilizar a glicose para produção da energia necessária para seus processos metabólicos. Neste processo, chamado glicólise, a glicose e alguns outros açúcares são transformados em outras substâncias, com liberação de energia (LEMAUX, 2011).

O fator determinante por quais substâncias serão produzidas é o tipo de microorganismos e o meio onde vivem. As leveduras de cervejaria e padaria e em todos os outros organismos que fazem parte do processo fermentativo do álcool e que promovem a fermentação alcoólica, incluindo algumas plantas, fermentam glicose em etanol e CO₂, de forma que, neste processo, toda massa de glicose está contida nos produtos e não é utilizada outra substância como "matéria prima" (como oxigênio, nitrato, íons férricos, etc.) (SILVA, 2013).

A fermentação alcoólica é um processo biológico em que açúcares como a glicose, frutose e sacarose são convertidos em energia celular com produção de etanol e dióxido de carbono como resíduos metabólicos. As leveduras fermentam de forma anaeróbia (ausência de oxigênio), degradam parcialmente a glicose em etanol e dióxido de carbono, segundo a reação química a seguir (MALAJOVICH, 2011).



Entre os diversos fatores que interferem no rendimento do processo de conversão de açúcar em etanol, os mais importantes são:

- Fatores físicos: temperatura, pressão osmótica.
- Fatores químicos: pH, oxigenação, nutrientes minerais e orgânicos, inibidores.
- Fatores biológicos: linhagens e concentração das leveduras, contaminações

3.4. PRODUÇÃO DE MAMÃO NO BRASIL

No Brasil, milhões de toneladas de alimentos são desperdiçados anualmente. Cascas, sementes, folhas, talos são descartados pelos consumidores, mesmo podendo ser fontes ricas em nutrientes. O mamão é um ótimo exemplo de produto consumido por grande parte da população brasileira, no entanto, as cascas e sementes são descartadas pelas indústrias após o processamento. Cascas são resíduos que são fonte alternativas de nutrientes, podendo participar da alimentação humana através de produção de doces, como também pode ser uma fonte de energia produzindo álcool através da fermentação das cascas (MIRANDA, 2011).

Segundo a *Food and Agriculture Organization*, em 2011, o Brasil é um dos três maiores produtores mundiais no setor de fruticultura, e um dos maiores produtores de mamão. A produção anual de mamão é de cerca de 1,4 a 1,6 milhões de toneladas, o que corresponde a 30% do volume global produzido. No mercado de frutas Tropicais o mamão é uma das frutas mais produzidas (IBGE, 2011).

A classificação científica do mamão é a espécie *Caricapapaya L.* O fruto do mamoeiro, que é uma planta nativa da região tropical, tem o seu período de safra entre dezembro a maio, mas é produzido durante o ano inteiro (HAMM, 2002).

Essa fruta é produzida, principalmente, na região do nordeste brasileiro, no Estado da Bahia, com 57% da oferta do mercado interno, seguido pela região sudeste, no Estado do Espírito Santo com 33% da oferta do mercado interno. O custo de produção por quilograma de mamão no Brasil é, em média, de 0,213 reais (SOUZA, 2007).

3.5. PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COM CASCA DO MAMÃO

A produção de etanol por fermentação enfrenta a concorrência com a produção de etanol a partir de produtos à base de petróleo como matéria-prima. Mas, com o aumento do valor destas matérias-primas petroquímicas, a fermentação do etanol receber uma maior atenção. Neste sentido, o uso de materiais renováveis seria mais econômico, uma vez que eles são mais baratos e facilmente disponíveis, dentre estes materiais se destaca a casca de mamão, uma

vez que as grandes quantidades de resíduos agroindustriais do mamão são disponíveis a partir das plantações e cultivos, a sua eliminação pode ser um problema por não existir uma destinação adequada deste resíduo sólido (AKIN-OSANAIYE, et al. 2005)

A casca de mamão, assim como de outras frutas vem sendo utilizada na produção de álcool tendo em vista seus níveis de açúcares e carboidratos, de extrema relevância para a obtenção de álcool por processo fermentativo, bem como viável aplicação tendo em vista uma quantidade considerável de casca de mamão produzida pelo seu consumo, na faixa de 2 a 3 milhões de toneladas ano de casca, sem levar em consideração a quantidade de sementes que também podem ser utilizadas na produção de álcool (TIWARI, et. al. 2014).

O fator proteico da casca de mamão é de fundamental importância na fermentação alcoólica, pela conversão da proteína em glicose, chamada de gluconeogênese, propiciando a posterior obtenção de álcool, observando-se a relevância proteica deste produto como alternativa de produção do álcool, bem como em grande quantidade pelo volume de casca de mamão produzido (CHAIWUT, et al., 2007)

3.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR E DA CASCA DE MAMÃO

Uma pesquisa realizada por MASSON (2005), na qual foi feita uma análise dos teores mínimos e máximos e os parâmetros físico-químicos da cana queimada e da cana não queimada, e obteve os resultados equivalentes aos da tabela de parâmetros estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA, conforme Tabela 1 a seguir (MASSON, 2005).

Tabela 1: Características da cana-de-açúcar, teores mínimos e máximos permitidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Fonte: MASSON, 2005)

Elementos	Unidade	Limite mínimo	Limite máximo
Elementos Químicos			
Cobre	mg/L		5,0
Grau alcoólico real a 20 °C	%v/v	38,0	54,0
Acidez volátil em ácido acético			
Ésteres em acetato de etila	mg/100 mL de álcool anidro		150,0
Aldeído em aldeído acético	mg/100 mL de álcool anidro		200,0
Álcoois superiores	mg/100 mL de álcool anidro		30,0
Furfural	mg/100 mL de álcool anidro		300,0
Metanol	mL/100 mL de álcool anidro		5,0
Soma dos componentes secundários	mg/100 mL de álcool anidro	200,0	650
Exame Organoléptico			
-Partículas em suspensão		ausentes	ausentes
-Extrato seco	grama/litro		6,0

Segundo pesquisas realizadas pela EMBRAPA (2010), na qual teve por objetivo determinar as características físicas dos frutos de mamão Papaya e Formosa e as características químicas da casca e sementes desses frutos, conforme Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Análise das características físico-químicas na casca do mamão. FONTE: EMBRAPA, 2010)

Variáveis analisadas	Casca		Teste "t"	Semente		Teste "t"
	Formosa	Papaya		Formosa	Papaya	
Umidade	85,8 ± 1,1	87,7 ± 0,8	-2,4 ^{n.s.}	83,7 ± 0,4	83,4 ± 0,1	1,1 ^{n.s.}
Extrato etéreo	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,6 ^{n.s.}	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,1	-1,2 ^{n.s.}
Proteína	3,6 ± 0,1	4,0 ± 0,1	-5,4 ^{**}	5,7 ± 0,3	5,8 ± 0,3	-0,5 ^{n.s.}
Fibra bruta	1,1 ± 0,1	1,7 ± 0,2	-5,8 ^{**}	1,5 ± 0,2	1,4 ± 0,5	0,5 ^{n.s.}
Cinzas	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,2 ^{n.s.}	1,7 ± 0,0	1,5 ± 0,1	4,5 ^{**}
Fração Nifext	7,5 ± 1,0	4,7 ± 0,7	4,2 ^{**}	7,1 ± 0,7	7,5 ± 0,3	-0,9 ^{n.s.}
Sólidos totais	14,2 ± 1,1	12,3 ± 0,8	2,4 ^{n.s.}	16,3 ± 0,4	16,6 ± 0,1	-1,1 ^{n.s.}

^{DP} = Desvio-padrão.

^{**} Altamente significativo ao nível de 99% de confiança.

^{n.s.} = não significativo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. DELINEAMENTO DO ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida no município de Caruaru-PE, nos laboratórios da Faculdade ASSOCIAÇÃO CARUARUENSE DE ENSINO SUPERIOR E TÉCNICO – ASCES. Através de estudo experimental prospectivo que avaliou as referidas amostras de álcool produzidas no período de 02/2015 a 05/2015.

4.2. MONTAGEM DO DESTILADOR

O destilador foi montado utilizando-se dois condensadores, sendo 01 tipo bola que funcionou como coluna de fracionamento e 01 tipo serpentina que foi utilizado como condensador, 02 suportes para os condensadores, 01 manta de aquecimento, mangueiras ligadas no condensador que foi utilizado para tal finalidade; este equipamento foi montado para realizar uma destilação fracionada.

4.3. PREPARAÇÃO DO MOSTO FERMENTATIVO

No processo de preparação do mosto, a casca de mamão passou por um processo de trituração no liquidificador, onde adicionou-se, na primeira amostra, cascas de 02 mamões (aproximadamente 200g de casca) e 500mL de água destilada, a partir daí obteve-se o mosto. Após a trituração colocou-se o mosto em um bécker de 2000mL. Em seguida colocou no liquidificador 150g de açúcar, adicionou 01 saquinho de fermento biológico de 10g contendo a levedura *Saccharomices cerevisiae* e 500mL de água destilada (para a primeira amostra de 1L), após fazer-se a mistura no liquidificador colocou-se a solução no bécker onde já continha o mosto da casca de mamão. Misturou até formar uma mistura homogenia, cobriu-se com papel filtro e deixou fermentando por cerca de 04 dias (MALAJOVICH,2011).

Fez-se o mesmo procedimento para o caldo da cana-de-açúcar em uma solução de 1,5L.

Foram feitas 03 amostras de mosto e deixou-as fermentar por cerca de 04 dias, de acordo com Tabela 3.

Tabela 3: Fermentadores com Composições Diferentes

Fermentador	1	2	3	4
Caldo da casca do mamão	1 L	1,5L	2L	-
Caldo da cana-de-açúcar	-	-	-	1,5L
Sacarose	150g	150g	150g	-
Levedura	10g	10g	10g	10g
Água	500 mL	500 mL	500 mL	500 mL

4.4. DESTILAÇÃO

Após o período fermentativo do mosto, para que ocorresse o consumo da sacarose e conseqüente produção de etanol, pegou-se todo o fermentado, fez-se uma filtração com filtro de tecido, em seguida pegou-se 500mL do líquido filtrado e o colocou em um balão de fundo chato, de cada mosto preparou-se conforme as condições da Tabela 3, para realização da destilação, controlando-se a destilação pela temperatura, verificando se no processo de destilação estava ocorrendo a separação adequada do etanol produzido na fermentação.

4.5. ANÁLISE DO ÁLCOOL

Para analisar o álcool produzido fez-se a medição de densidade final, fazendo-se a medição da massa de solução alcoólica em 10mL, calculando-se a densidade específica e comparando o resultado com a densidade do álcool comercializado no mercado, para identificar o álcool etílico.

A segunda verificação foi o volume de álcool produzido para o volume de destilado, para saber a proporção de álcool produzido em relação ao volume total de destilado.

Fez-se análise picnométrica para verificar o percentual aproximado, com densímetro na escala em Gay-Lussac, de álcool produzido.

Em seguida fez-se análise cromatográfica do álcool produzido. As três amostras de álcool produzidas com a casca de mamão e a amostra de álcool produzida com o caldo-de-cana, para posterior comparação dos percentuais de álcool obtidos em cada amostra, com conseqüente identificação dos mesmos, confirmando os resultados obtidos nos cálculos de densidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. MONTAGEM DO DESTILADOR

A seguir, mostra-se o resultado da montagem do sistema de destilação para a realização dos experimentos como pode ser visto na Figura 2.



Figura 2: Montagem do destilador

Montou-se o equipamento com as vidrarias já citadas, onde foi feita um processo de destilação fracionada, na qual a temperatura é medida no topo através de um termômetro, controlada através da manipulação da válvula de controle de entrada na manta de aquecimento.

5.2. PREPARAÇÃO DO MOSTO

Na Figura 3, mostra-se o mosto fermentativo no 1º dia de experimento, após 24 horas, conforme processos descritos nos métodos do processo de preparação do mosto.



Figura 3: Mosto fermentativo 1º DIA



Figura 4: Mosto fermentado 4º DIA

Durante a fermentação do mosto, um processo biológico envolvendo meios materiais, condições e tempos que se alteram rapidamente, seus componentes transformaram-se em etanol, gás carbônico, glicerina, etc., pela ação das leveduras. Após os 04 dias fermentando observou-se que as condições do mosto estavam adequadas para iniciar o processo de destilação.

5.3. DESTILAÇÃO

A destilação é o processo de separação baseado no fenômeno de equilíbrio- vapor de misturas, a Figura 5 mostra basicamente parte do processo de destilação feito no experimento, o processo de destilação ocorreu na adição da solução ao balão volumétrico, ligou-se a manta aquecedora, regulando-se sua temperatura. Conforme o aquecimento, o líquido evaporou-se. Na evaporação, seguida da condensação (transformação em líquido), o álcool separou-se da solução, resultando apenas no álcool hidratado.



Figura 5: Processo de destilação do álcool

Nesse processo utilizou-se o método de destilação fracionada, no qual houve a separação de misturas homogêneas, do tipo líquido-líquido. Os líquidos foram separados através de seus pontos de ebulição. Durante o aquecimento das misturas, conforme citado, foi separado, primeiro o líquido de menor ponto de ebulição, depois o líquido de ponto de ebulição intermediário e sucessivamente até o líquido de ponto de ebulição maior.

5.4. ANÁLISE DO ÁLCOOL

5.4.1. DENSIDADE

Para análise das 03 amostras do álcool produzido com casca de mamão e da amostra de álcool produzido com cana-de-açúcar, fez-se a medição da densidade final, onde mediu-se a massa da solução alcoólica em 10mL, calculando-se a densidade específica, obteve-se os valores expostos na Tabela 4.

Tabela 4: Densidade de álcool produzido

Solução (L)	Densidade (g/L)
Solução alcoólica de casca de mamão 1L	920,0
Solução alcoólica de casca de mamão 1,5L	959,0
Solução alcoólica de casca de mamão 2L	960,0
Solução alcoólica de cana-de-açúcar 1,5L	889,0

A partir do resultado de densidade final do álcool produzido, pode-se observar que quanto menor é a densidade, mais concentrado é o álcool por ter menos água na composição da mistura. O valor da amostra da solução alcoólica de 1L da casca de mamão foi proporcionalmente aproximado à amostra da solução de 1,5L da cana-de-açúcar.

5.4.2. VOLUME

No processo de produção de álcool, em cada amostra, foram adicionados 500mL do mosto fermentado para destilação, verificando-se em seguida o volume de álcool produzido, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Volume de Álcool obtido em 500 mL destilado

Solução (L)	Volume de Álcool (mL)
Solução alcoólica de casca de mamão 1L	80
Solução alcoólica de casca de mamão 1,5L	108
Solução alcoólica de casca de mamão 2L	120
Solução alcoólica de cana-de-açúcar 1,5L	110

Pôde-se observar a partir dos experimentos das amostras analisadas e da análise da densidade final, que quanto menos diluído for o mosto, menor será sua densidade, maior a concentração da solução contendo álcool.

5.4.3. ANÁLISE PICNOMÉTRICA

A Figura 6 a seguir mostra como foi realizada a técnica picnométrica, utilizando um densímetro Gay-Lussac.



Figura 6: Medição da porcentagem do álcool produzido utilizando um decímetro na escala Gay-Lussac

Foi feita a análise picnométrica para determinar o teor aproximado de álcool produzido com casca de mamão e com a cana-de-açúcar. A Tabela 6 mostra os valores aproximados dos percentuais, teores, do álcool produzido em cada condição.

Tabela 6: Teor aproximado de álcool produzido com casca de mamão e com cana-de-açúcar

Solução (L)	Grau (%)
Álcool de casca de mamão 1L	30%
Álcool de casca de mamão 1,5L	20%
Álcool de casca de mamão 2L	10%
Álcool de cana-de-açúcar 1,5L	20%

Pode-se perceber que de forma inversamente proporcional a medida que o volume de mosto produzido aumenta, diminui-se o percentual de álcool produzido, assim como o percentual de álcool, teor alcoólico da solução alcoólica produzida com o caldo de cana de açúcar é aproximadamente o mesmo para o álcool produzido com a casca do mamão para o mesmo volume de mosto, mostrando que o sistema de destilação montado tem uma boa capacidade de destilação para ambas as condições.

5.4.4. CROMATOGRAFIA

Na figura 7 a seguir, tem-se a cromatografia para o álcool produzido com a masca de mamão para um mostro de 1L

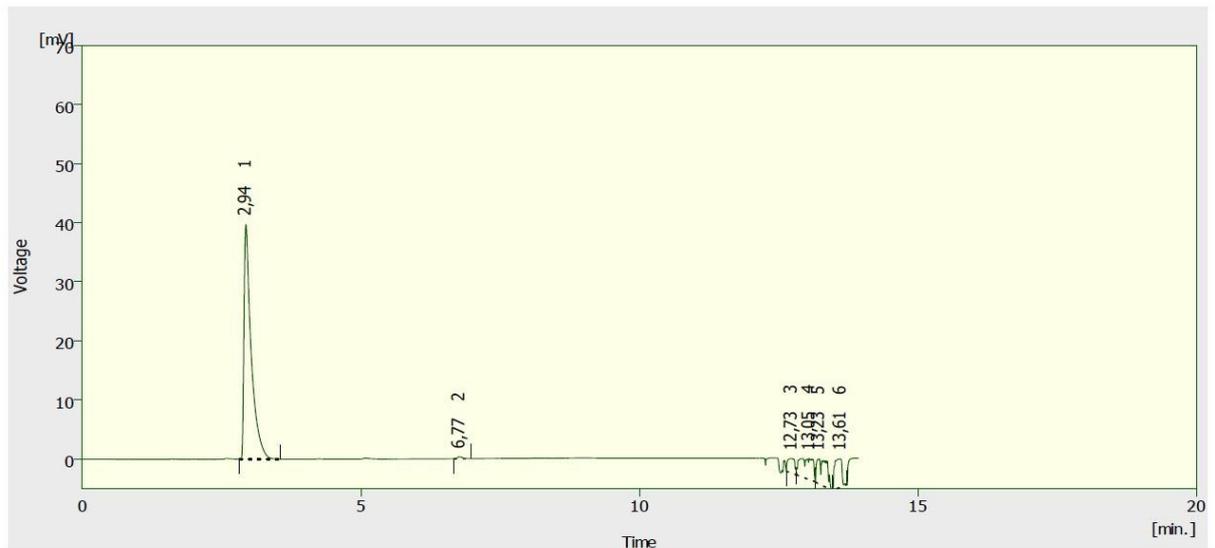


Figura 7: Cromatograma para Volume de Mosto de Casca de Mamão de 1 L

Com este cromatograma detectou-se um percentual de álcool obtido na destilação para mosto de 1 L com percentual de 27,6% de álcool em solução, representando um valor bem próximo do obtido na análise picnométrica que foi de 30%, confirmando também que o produto obtido na destilação do mosto produzido pela casa de mamão foi álcool etílico.

A Figura 8 abaixo apresenta o cromatograma do álcool obtido da destilação do mosto preparado com casca de mamão com volume de 1,5 L.

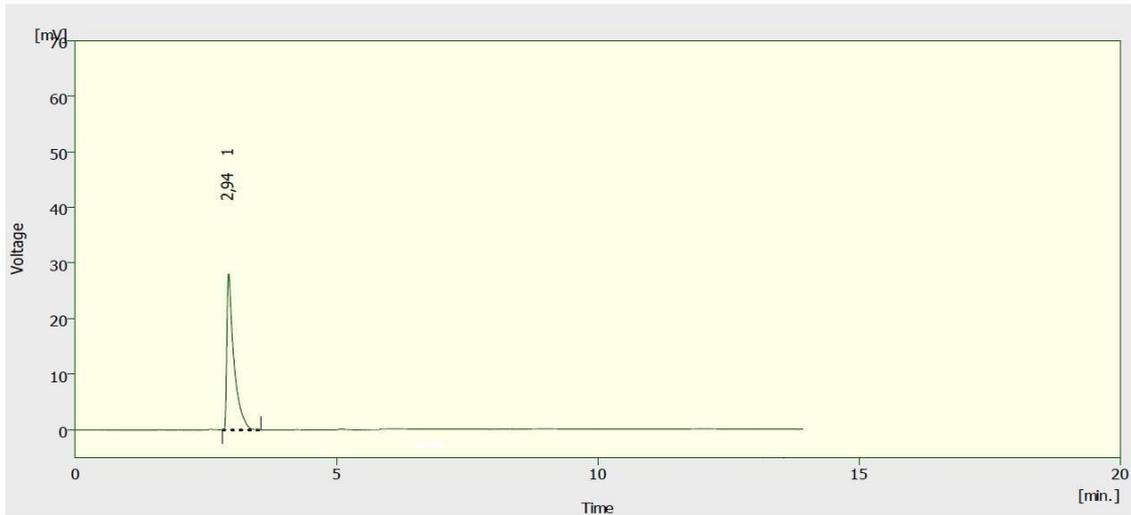


Figura 8: Cromatograma para Volume de Mosto de Casca de Mamão de 1,5 L

Com este cromatograma detectou-se um percentual de álcool obtido na destilação para mosto de 1,5 L com percentual de 18,7% de álcool em solução, representando um valor bem próximo do obtido na análise picnométrica que foi de 20%.

A Figura 9 a seguir apresenta o cromatograma do álcool obtido da destilação do mosto preparado com casca de mamão com volume de 2 L.

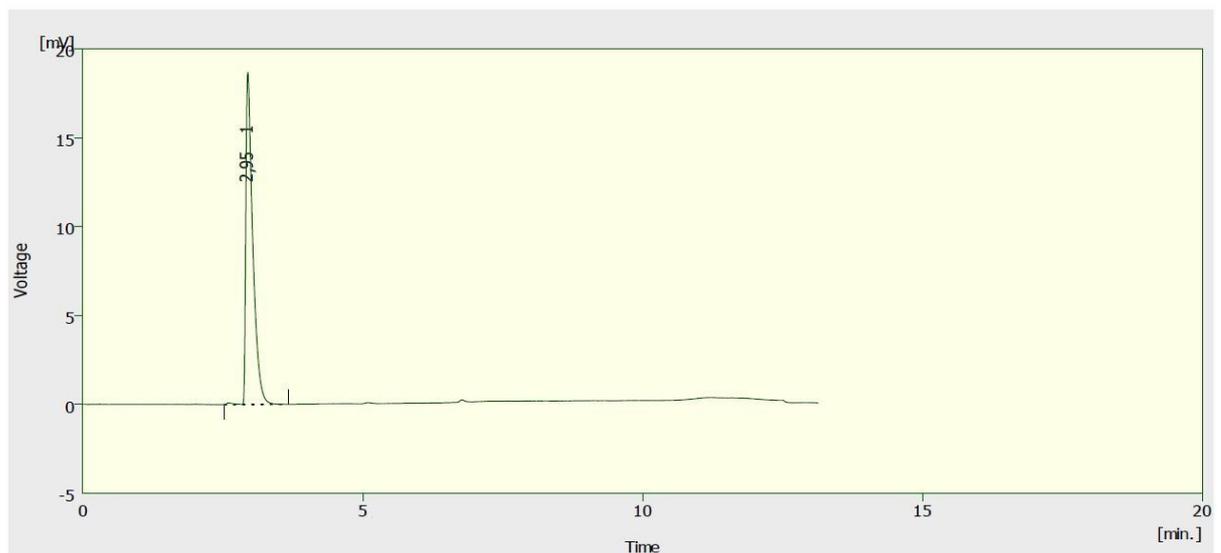


Figura 9: Cromatograma para Volume de Mosto de Casca de Mamão de 2 L

Com este cromatograma detectou-se um percentual de álcool obtido na destilação para mosto de 2 L com percentual de 12 % de álcool em solução, representando um valor bem próximo do obtido na análise picnométrica que foi de 10%.

A Figura 10 abaixo apresenta o cromatograma do álcool obtido da destilação do mosto preparado com caldo de cana com volume de 1,5 L.

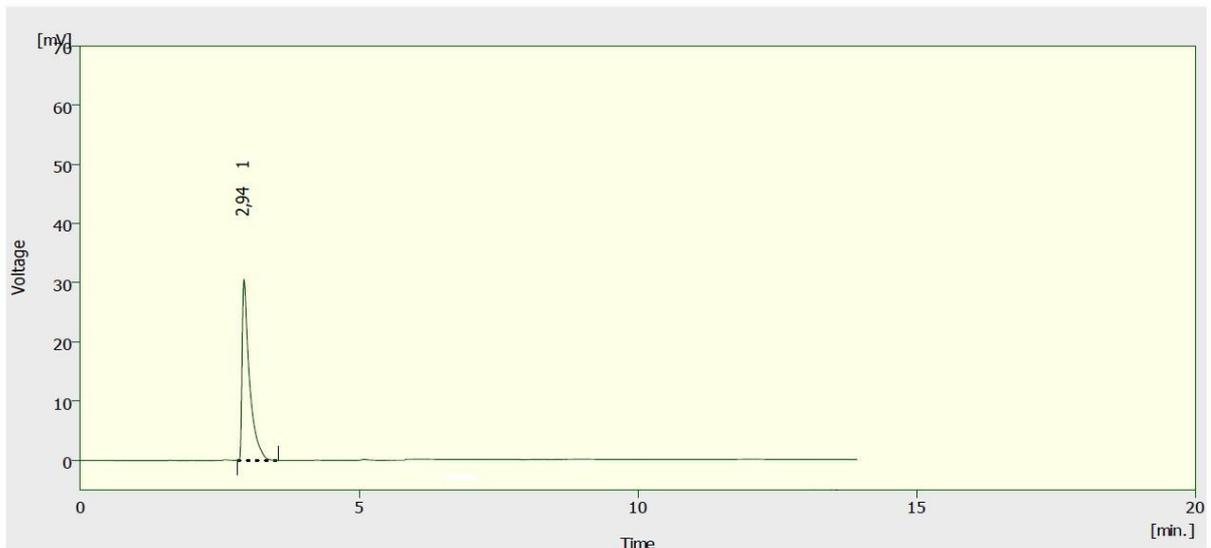


Figura 10: Cromatograma para Volume de Mosto de Caldo de Cana de 1,5 L

Com este cromatograma detectou-se um percentual de álcool obtido na destilação para mosto de 1,5 L preparado com cana de açúcar com percentual de 19,4 % de álcool em solução, representando um valor bem próximo do obtido na análise pictométrica que foi de 20%.

A Tabela 7 abaixo resume os resultados obtidos na análise cromatográfica.

Tabela 7: Percentual de álcool em solução, pictometria e cromatografia

Solução (L)	Picnometria (%)	Cromatografia (%)
Álcool de casca de mamão 1L	30	27,6
Álcool de casca de mamão 1,5L	20	18,7
Álcool de casca de mamão 2L	10	12
Álcool de casca de cana- de-açúcar 1,5L	20	19,4

Verifica-se inicialmente que o produto das destilações foi álcool etílico, como era objetivado, posteriormente pode-se comparar os resultados obtidos na análise picnométrica com os resultados obtidos na análise cromatográfica, constatando-se que foram resultados aproximados, dando uma ideia aproximada que a análise picnométrica é uma forma relativamente confiável de detecção do teor alcoólico de uma solução alcoólica.

6. CONCLUSÃO

Com o presente estudo, pôde-se realizar as seguintes conclusões:

- É possível obter álcool etílico com a casca de mamão;
- Devido à produção de mamão no Brasil, a casca de mamão representa uma opção de produção de biocombustível, não pretendendo com isso substituir a cana de açúcar, mas complementando a produção de álcool no país, assim como dando uma destinação alternativa e melhor para este resíduo sólido;
- Comparando a produção do álcool a partir da casca de mamão com o álcool produzido com o caldo de cana de açúcar, pelo sistema montado neste experimento, pode-se verificar que em volume e teor alcoólico, são produções proporcionais;
- Verificou-se que na medida em que o volume de mosto produzido aumenta o volume de álcool produzido também aumenta, contudo o teor de álcool obtido nas destilações vai diminuindo;
- Acredita-se que melhorando o sistema montado, a produção melhoraria, principalmente no que se refere ao percentual de álcool em solução destilada.

REFERÊNCIAS

- AKIN-OSANAIYE, B. C. et. al. **Production of ethanol from *Carica papaya* (pawpaw) agro waste: effect of saccharification and different treatments on ethanol yield.** South African: Afr. J. Biotechnol, 2005
- BERTOTTI, G. et. al. **Estimação Da Demanda Brasileira Por Álcool Combustível No Período De 1995-2008.** Vale dos Sinos: UNISINOS, 2008
- CHAIWUT, P. et. al. **A Comparative Study on Properties and Proteolytic Components of Papaya Peel and Latex Proteases.** Thailand: Chiang Mai, 2007
- EMBRAPA. **Caracterização Física de Frutos de Mamão e Química de Cascas e Sementes.** 2010. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/download/1718/t>>. Acesso em 12 set. 2014.
- FAO- **Food and Agriculture Organization. Papaya production. Informações sobre a produção e produtividade do mamão no Brasil e no mundo.** 2011. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org/>> Acesso em: 09 set. 2014.
- FERNANDES, A. **Utilização da farinha de casca de batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) na elaboração de pão integral.** 2006. 127p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006. Disponível em: <<http://www.cipedya.com/web/FileDownload.aspx?IDFile=153321>> Acesso em: 23 ago.2014.
- GOLDEMBERG, J; GUARDABASSI, P. **O potencial para a produção de etanol primeira geração a partir da cana.** WileyInterscience, p.17-24, 09 dez. 2009. Disponível em: <www.interscience.wiley.com>. Acesso em: 19 set. 2014.
- HAMM, A. **Mamão - principais frutas. Anuário Brasileiro da Fruticultura.** Brasília. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, p. 104, 2002.
- IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola.** 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 09 set. 2014.
- LEMAUX, P. **What is Biotechnology.** 2011. Disponível em: <http://ucbiotech.org/resources/biotech/slides/biotech.html>. Acessado em 22 de ago. de 2014
- MALAJOVICH, M. A. **Biotecnologia: ensino e divulgação.** 2011. Disponível em: <<http://www.bteduc.bio.br/>> Acesso em: 29 ago. 2014.

MASSON, J. **Parâmetros Físico-Químicos e Cromatográficos em Aguardentes de Cana Queimada e Não Queimada**. 2005. Disponível em: <http://www.livrosgratis.com.br/arquivos_livros/cp002693.pdf> Acesso em: 29 ago. 2014

MILANEZ, A. et. al. **Logística para o etanol: situação atual e desafios futuros. Sucroenergético**. BNDES Setorial 31. P.49-98, 2010.

MIRANDA, R.B. **Utilização do mamão verde na alimentação: Uma revisão**. 2011. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/6324/1/2011_RenataBrasileiroMiranda.pdf. Acesso em: 21 ago. 2014.

MIZIARA, F.; SOUZA, C. B. **Políticas de financiamento à expansão do setor sucroalcooleiro em Goiás versus Políticas Ambientais**. 2010. Disponível em: <<http://alasru.org/wp-content/uploads/2011/08/GT12-Cleonice-Borges-de-Souza.pdf>> Acesso: em 25 ago. 2014.

PASSON, A. S. **Açúcar e Álcool no Brasil**. 2007. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>> Acesso em: 26 ago. 2014

ROCHA, L. G. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais**. 2011. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY1Mg>>. Acesso em: 23 ago. 2014.

SANTAROSSA, E. T. et. al. **A Oferta De Álcool Combustível No Brasil No Período 2000 A 2010 E O Impacto Da Rise Internacional Sobre O Setor Sucroalcooleiro**. Vale dos Sinos: UNISINOS, 2010

SILVA, P. R. S. **Simulação Dinâmica E Otimização De Evaporadores De Múltiplos Efeitos Em Biorrefinarias**. Rio de Janeiro: COOPE, 2010.

SOUZA, S. A. M. **MAMÃO no BRASIL: distribuição regional da produção e comportamento dos preços no período 1996 - 2005**. In formações Econômicas, SP, v.37, n.9, 2007

TEIXEIRA, G. H.; SOUZA, B. S. **Cultura do mamoeiro: Aproveitamento de subprodutos. Portal Toda Fruta: Jaboticabal**. 2008. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br/portal/icNoticiaAberta.asp?idNoticia=6282>> Acesso em: 23 ago. 2014.

TIWARI, S. et. al. **Fermentation of Waste Fruits for Bioethanol Production.** Asian Journal of Biological Sciences, 7: 30-34., 2014.

UNICA – União da Indústria de Cana de Açúcar. **Setor Sucroenergético/Dados e Cotações.** 2007. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/>> Acesso em: 22 ago. 2014.