

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

RICARDO TENÓRIO DOS SANTOS

**PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE FRUTAS JOGADAS NO LIXO DA  
CENTRAL DE ABASTECIMENTO DE CARUARU (CEACA)**

CARUARU/PE

2016

RICARDO TENÓRIO DOS SANTOS

**PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE FRUTAS JOGADAS NO LIXO DA  
CENTRAL DE ABASTECIMENTO DE CARUARU (CEACA)**

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

2016

**BANCA EXAMINADORA**

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

---

Orientador: Prof. Dsc. Henrique John Pereira Neves

---

Primeiro Avaliador: Prof. Msc. Maria Monize de Moraes

---

Segundo Avaliador: Prof. Msc. Deivid Sousa Figueiroa

*Com carinho,*

*À minha mãe, Suzana Andréa Tenório dos Santos, ao meu pai, Josivan Maciel dos Santos por tudo o que fizeram e representam em minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus primeiramente, por tudo de bom que acontece e que eu conquistei na minha vida.

A meu pai, Josivan Maciel dos Santos, minha mãe, Suzana Andreia Tenório dos Santos e meu irmão, Rodrigo Tenório dos Santos por sempre ter acreditado na minha capacidade e por todos os esforços para que eu chegasse aqui. Amo muito vocês.

A meu amigo, Heron dos Santos Barbosa, por ter me ajudado no projeto, por sonharmos os mesmo sonhos, por me incentivar a fazer o que é certo e por todas as vezes que fizemos tudo juntos.

Aos meus amigos de classe pela união que tivemos em todos os momentos.

A toda minha família por todos os votos de confiança e admiração.

Ao professor, Luiz Pimentel que me acompanhou sempre e por ter me aceitado em Paulo Afonso. Foi muito importante à semana tendo aula com você sobre etanol, foi fundamental para o meu projeto, obrigado pela força.

Ao meu orientador Henrique John, por ter me aceitado, ter confiado e ter acreditado na minha capacidade. Obrigado por todas as dicas e por todos os novos planos que o senhor colocou na minha vida, você é essencial pra minha formação.

“Nunca deixe que digam que não vale a pena acreditar nos sonhos que se tem, ou que seus planos nunca vão dar certo, ou que você nunca vai ser alguém.”

Renato Russo.

## LISTA DE TABELA

Tabela 1: Informações Nutricionais do Mamão .....	16
Tabela 2: Informações Nutricionais da Manga .....	17
Tabela 3: Informações Nutricionais da Maçã.....	18
Tabela 4: Fermentador com Composições de Mosto.....	21
Tabela 5: Densidade de álcool produzido .....	25
Tabela 6: Rendimento de Álcool obtido .....	26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Montagem do destilador .....	22
Figura 2: Mosto fermentativo 1º DIA .....	23
Figura 3: Processo de destilação do álcool.....	24
Figura 4: Curva de Calibração da Massa Específica do Álcool .....	25



## RESUMO

O etanol é produzido desde os tempos antigos através da fermentação dos açúcares. Atualmente no Brasil a maior fonte de produção é a cana de açúcar, que faz com que o seja um dos maiores produtores. É o principal biocombustível empregado no mundo, correspondendo a 10% da energia mundial. Diante do exposto o presente trabalho teve como objetivo produzir etanol a partir de frutas, manga, mamão e maçã, estragadas e jogadas no lixo da CEACA, explicar os processos produtivos do álcool e passar informações sobre as frutas utilizadas para a produção. O experimento foi realizado nos laboratórios da Faculdade ASSOCIAÇÃO CARUARUENSE DO ENSINO SUPERIOR E TÉCNICO- ASCES, através de estudo experimental prospectivo que avaliou as amostras de álcool analisando qualitativamente a identificação do álcool pela densidade e volume de álcool produzido. Os resultados obtidos revelaram que as frutas utilizadas puderam produzir álcool a partir dos açúcares fermentescíveis, obtendo-se álcool em todos os processos experimentais, variando o percentual do teor de álcool de 27% a 72% de acordo com as condições experimentais, apesar de a eficiência ter sido comprometida por causa do equipamento, as análises realizadas apresentaram resultados satisfatórios. Sendo assim, as frutas (manga, mamão e maçã) apresentaram-se como fontes alternativas de produção de biocombustível, fonte de energia, podendo produzir álcool, com a conseqüente diminuição do desperdício de resíduos.

**Palavras-chave:** produção de álcool com frutas, processo fermentativo, fonte alternativa de energia.

## ABSTRACT

Ethanol is produced from ancient times through the fermentation of sugars. Currently in Brazil the largest source of production is sugar cane, which causes is one of the largest producers. It is the main biofuel used in the world, accounting for 10% of world energy. Given the above the present study aimed to produce ethanol from fruits, mango, papaya and apple, spoiled and thrown away the CEAC, explain the processes of alcohol and pass information on fruit used for production. The experiment was conducted in the laboratories of the Faculty CARUARUENSE ASSOCIATION OF HIGHER EDUCATION AND technical ASCES through prospective experimental study that evaluated the samples of alcohol qualitatively analyzing identify alcohol by volume and density of alcohol produced. The results showed that the fruit used could produce ethanol from fermentable sugars to yield ethanol in all experimental procedures, varying the percentage of 27% alcohol content to 72% according to the experimental conditions, although the efficiency have been compromised because of the equipment, the analyzes performed showed satisfactory results. Thus, fruits (mango, papaya and apple) were presented as alternative sources of biofuel production, energy source and can produce alcohol, with the consequent reduction of waste waste.

**Keywords:** alcohol production with fruits, fermentation, alternative energy source.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	12
2.1 Álcool.....	12
2.2 Processos Produtivos do Álcool.....	13
2.2.1 <i>Hidrólise da Biomassa</i> .....	13
2.2.2 <i>Processo Fermentativo</i> .....	14
2.2.3 <i>Destilação</i> .....	15
2.3 Frutas Fornecidas na CEACA .....	16
2.4 Mamão, Manga, Maçã.....	16
2.4.1 <i>Mamão</i> .....	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1. Delineamento do Estudo .....	20
3.2. Montagem do Destilador .....	20
3.3. Preparação do Mosto Fermentativo.....	20
3.4. Destilação.....	21
3.5. Análise do Álcool .....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
4.1. Montagem do Destilador .....	22
4.2. Preparação do Mosto.....	23
4.3. Destilação.....	24
4.4. Análise do Álcool .....	25
4.4.1. Densidade.....	25
4.4.2. Rendimento .....	26
5. CONCLUSÃO .....	27
REFERÊNCIAS.....	28

## 1. INTRODUÇÃO

O etanol, também denominado álcool etílico ( $C_2H_5OH$ ) é produzido desde os tempos antigos pela fermentação dos açúcares encontrados em produtos vegetais. Ainda hoje, grande parte do etanol industrial é obtida pelo mesmo processo, embora também possa ser produzido a partir de eteno, derivado do petróleo (BASTOS, 2007).

O uso do bioetanol tem suscitado grande interesse devido à alta dos preços e aos problemas ambientais causados pelos combustíveis fósseis. Trata-se de um produto renovável com características combustíveis, que contribui para a redução do efeito estufa e diminui substancialmente a poluição do ar, minimizando os seus impactos na saúde pública. Atualmente, este é o principal biocombustível empregado mundialmente, correspondendo por 10% da energia mundial. No entanto, estimativas indicam que a utilização mundial do mesmo será de 27% em 2050 (IEA, 2008).

Devido a sua grande extensão territorial é possível encontrar no Brasil áreas com diferentes climas e ecossistemas, que vão desde o semi-árido até climas temperados, por isso possibilita a produção de uma vasta variedade de frutas. O Brasil tem um apelo em ascensão no mercado internacional de frutas, que caracteriza o selo “Brazilian Fruit”, que vem sendo cada vez mais utilizado em campanhas nos mercados internacionais, mais ainda há muito que crescer em termo de exportação de frutas (BRAZILIAN FRUIT, 2008).

Segundo Goulart (2008), os índices de desperdício de alimentos no Brasil, um país com média de 46 milhões de famintos, batem recordes mundiais. Estudo realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), no centro de agroindústria de alimentos, mostra que o brasileiro joga fora mais do que aquilo que consome, por exemplo, em hortaliças o total anual de desperdício é de 37 quilos por habitante.

O objetivo do presente trabalho é produzir etanol a partir de frutas: manga, mamão e maçã, estragadas e jogadas no lixo da CEACA, apresentando o processo produtivo de obtenção do álcool com base nas frutas utilizadas.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Álcool

O etanol, também conhecido como álcool etílico ( $C_2H_6O$ ), é produzido desde os tempos antigos pela fermentação de açúcares presentes em produtos vegetais, tais como cereais, beterraba, batata e cana, sendo a fabricação de bebidas alcoólicas, na verdade, tão antiga quanto à civilização humana. A produção de etanol puro começou no século XII, juntamente com melhorias na “arte da destilação”. Durante a Idade Média, o álcool foi usado principalmente para a elaboração de medicamentos e para a fabricação de pigmentos (ROEHR, 2001).

No início do século XX, tornou-se conhecido o potencial do álcool para ser utilizado como combustível para diferentes motores de combustão, especialmente em automóveis, o que levou ao desenvolvimento de vários métodos para produção de etanol em larga escala. Os primeiros protótipos de motores de combustão interna, construídos no século XIX por Samuel Morey em 1826 e Otto Nicholas em 1876, eram capazes de usar o etanol como combustível. O primeiro carro produzido por Henry Ford, em 1896, poderia usar etanol puro como combustível e, em 1908, o Ford Modelo T, o primeiro carro fabricado em série, era um veículo flexível, que poderia ser ajustado para usar o etanol como combustível da mesma forma que a gasolina ou qualquer mistura dos dois (SOLOMON et al., 2007).

O etanol é um combustível líquido derivado, principalmente, de biomassa renovável. Contudo, apresenta algumas diferenças importantes em relação aos combustíveis derivados de petróleo (BNDES, 2008). A principal delas é o elevado teor de oxigênio, que constitui cerca de 35% em massa do etanol. As características do etanol possibilitam uma combustão mais limpa e um melhor desempenho dos motores, atuando como aditivo capaz de melhorar a qualidade antidetonante da gasolina (maior octanagem) e reduzir as emissões de poluentes, substituindo aditivos promotores de octanagem que possuem restrição ambiental, como o chumbo tetraetila e o MTBE, que vêm tendo seu uso banido em muitos países (BNDES, 2008).

O etanol pode ser utilizado como combustível em motores de combustão interna com ignição por centelha (ciclo Otto) de duas formas: anidro, em mistura com a gasolina; ou hidratado, comercializado via bombas específicas nos postos de

abastecimento, em veículos movidos exclusivamente a etanol e em veículos bicomcombustível, também conhecidos como flex fuel (BNDES, 2008). Segundo a legislação brasileira, considerando teores em volume a 20°C, o etanol anidro deve conter menos de 0,48 % de água, enquanto, para o etanol hidratado, esse teor deve estar entre 4,02 % e 4,87 % (BNDES, 2008).

O uso do etanol hidratado não apenas em carros movidos exclusivamente a álcool, mas também em veículos flex fuel, gerou um aumento significativo no consumo deste combustível. No Brasil, os veículos flex fuel aceitam uma mistura em qualquer proporção entre gasolina C (etanol anidro misturado à gasolina) e etanol hidratado. Nos Estados Unidos, veículos especialmente projetados utilizam um combustível misturado E85, com até 85 % em volume de etanol anidro e, pelo menos, 15 % de gasolina, para garantir a partida a frio do carro (SZKLO, 2007).

O etanol, nos dias de hoje, é o principal biocombustível utilizado no mundo e o seu uso é cada vez mais difundido, com perspectivas de expansão da produção e do consumo de etanol em todo o mundo (BASTOS, 2007).

O Brasil ocupa posição destacada na produção mundial de etanol, muito devido à sua tradição na cultura de cana-de-açúcar. A cana é uma das principais culturas 34 mundiais, cultivada em mais de cem países, principalmente nas nações em desenvolvimento, embora cerca de três quartos da produção mundial esteja concentrada em oito países. (BASTOS, 2007).

## **2.2 Processos Produtivos do Álcool**

### **2.2.1 Hidrólise da Biomassa**

Existem basicamente três técnicas para a obtenção de açúcares fermentescíveis provenientes de materiais lignocelulósicos: hidrólise com ácido concentrado, hidrólise com ácidos diluídos e hidrólise enzimática. Na hidrólise com ácido concentrado, a hemicelulose e celulose presentes na biomassa são quebradas usando soluções aquosas de ácidos minerais fortes, tais como ácido sulfúrico, clorídrico ou fosfórico, em baixas temperaturas (<100°C). A principal desvantagem dessa técnica é que requer equipamentos altamente resistentes a corrosão, aumentando assim o custo do produto final. Tipicamente, a fração de hemicelulose é hidrolisada mais rapidamente que a fração da celulose, e os

monossacarídeos liberados da hemicelulose são expostos no meio reacional por muito tempo, o que leva a degradação e a perda desses açúcares. A recuperação do ácido usado no processo é essencial por razões econômicas e devido a problemas ambientais (SZENGYEL, 2000).

No processo com ácido diluído, partes da hemicelulose e da celulose são hidrolisadas separadamente. A hemicelulose hidrolisada pode ser removida após o primeiro passo da hidrólise. Desta forma, as condições de hidrólise tanto para a hemicelulose quanto para a celulose podem ser otimizadas. Porém, devido às altas temperaturas aplicadas no segundo passo (aproximadamente 200°C), uma quantidade considerável de açúcares e lignina solúvel é degradada, levando a uma inibição durante o processo de fermentação (CLARK e MACKEI, 1984; WYMAN, 1994; LARSSON *et al.*, 1998).

No processo enzimático, a biomassa lignocelulósica é primeiramente pré-tratada para aumentar a acessibilidade ao ataque enzimático. Durante o pré-tratamento, a hemicelulose é hidrolisada em um processo similar ao primeiro passo da hidrólise com ácido diluído. No segundo passo, a hidrólise propriamente dita, a celulose é quebrada pela ação de enzimas celulares. Devido a condições mais suaves aplicadas durante o processo, uma menor quantidade de subprodutos é liberada, resultando em um alto rendimento de açúcares fermentescíveis. Porém, para atingir uma alta conversão da celulose é necessário altas concentrações da enzima o que aumenta o custo de produção (EKLUND *et al.*, 1990).

### **2.2.2 Processo Fermentativo**

A fermentação alcoólica ocorre no interior de microrganismos capazes de converter açúcares assimiláveis (substrato oxidado) em etanol (substrato reduzido), através de uma série de reações bioquímicas, reguladas enzimaticamente. Historicamente, os microrganismos mais comumente utilizados na fermentação alcoólica têm sido as leveduras do gênero *Saccharomyces* e, dentre essas, *Saccharomyces cerevisiae* a principal espécie. Leveduras do gênero *Saccharomyces* também são consideradas como GRAS (generally recognized as safe), podendo ser usadas como aditivo em alimentos para consumo humano e, portanto, ideal para a produção de bebidas alcoólicas e fermento de pão. Entre os açúcares fermentescíveis pelas leveduras estão os monossacarídeos glicose,

frutose, manose e galactose, bem como os dissacarídeos maltose e sacarose e os trissacarídeos rafinose e maltotriose (dependendo da cepa). Polissacarídeos como amido e celulose não são metabolizados por leveduras (RUSSELL, 2003).

Entretanto, com o uso de ferramentas de biologia molecular, faz-se possível a construção de linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* capazes de crescer com o amido como principal fonte de carbono, através da introdução de genes de amilases. Diversas linhagens recombinantes de *Saccharomyces* para a produção de etanol foram estudadas e desenvolvidas (ASHIKARI et al., 1986; MORAES et al., 1995; SHIGECHI et al., 2004; CHENG et al., 2011).

Os trabalhos visam construir cepas de leveduras capazes de degradar e hidrolisar o amido e, para tal, buscam inserir genes para produzir enzimas amilolíticas, como  $\alpha$ -amilase e glucoamilase. A principal via metabólica envolvida na produção do etanol em leveduras é a via glicolítica (Embden-Meyerhof): uma sequência de reações catalisadas por enzimas, em que para cada molécula de glicose metabolizada, duas moléculas de piruvato são produzidas no citoplasma da célula (BAI et al., 2008).

### **2.2.3 Destilação**

O processo de destilação tem por objetivo a separação de componentes de uma fase líquida através de sua vaporização parcial. Estes vapores oriundos da vaporização são ricos de componentes mais voláteis do que o líquido, o que permite a separação (GOMIDE, 1988).

As colunas de destilação são os mais importantes equipamentos para a separação de uma mistura de líquidos miscíveis em seus componentes na indústria química e petroquímica. Esta separação é realizada aproveitando-se o fato de os elementos constituintes da mistura terem diferentes temperaturas de ebulição. Assim através do fornecimento de calor à mistura consegue-se preferencialmente vaporizar as substâncias mais voláteis, que são condensadas no topo da coluna, enquanto as menos voláteis tendem a permanecer na fase líquida do fundo da coluna (CAMPOS; TEIXEIRA, 2006).



## 2.3 Frutas Fornecidas na CEACA

Diariamente são retirados dois caminhões compactadores de lixo com capacidade de 10 a 12 toneladas de lixo, por dia da CEACA, ou seja, de 20 a 24 toneladas de lixo por dia. Deste total, aproximadamente 90 % é constituído de frutas e verduras que são descartados, correspondendo à aproximadamente 18 a 22 toneladas/dia, e desta quantidade, 65% é constituída de frutas, mais especificamente, mamão, manga, maçã, uva e laranja, representando de 11 a 14 toneladas de frutas descartadas no lixo por dia, funcionando de segunda a sábado (CARUARU, 2015). As frutas (Mamão, Manga e Maçã) foram escolhidas por terem o teor ideal de sacarose (com isto não houve necessidade de nenhum acréscimo), por serem desperdiçadas em grande abundância e por existirem o ano inteiro, deixando assim um mais fácil acesso a matéria prima.

## 2.4 Mamão, Manga, Maçã

### 2.4.1 Mamão

A produção agrícola destinada à alimentação e produção de biocombustível deve crescer aproximadamente 70% (FAO, 2009b) e, no caso da fruticultura, o Brasil tem se destacado como importante produtor, consumidor e exportador de frutas tropicais, expandindo o agronegócio e buscando adequação ao mercado consumidor (SILVEIRA et al, 2005). Uma das importantes culturas de comercialização para o Brasil é o mamão, do qual o país é o principal produtor mundial com cerca de 1.898.000 t de frutos no ano de 2009 (FAO, 2009c).

A Tabela 1 abaixo apresenta informações nutricionais sobre o mamão, importantes para saber se há possibilidade de utilização da mesma para produção de álcool.

**Tabela 1: Informações Nutricionais do Mamão**

Mamão papaia.	
Quantidade	100 gramas
Água (%)	86

Calorias	46,43
Proteína (g)	0,71
Gordura (g)	Traços
Ácido Graxo Saturado (g)	0,07
Ácido Graxo Monoinsaturado (g)	0,07
Ácido Graxo Poliinsaturado (g)	Traços
Colesterol (mg)	0
Carboidrato (g)	12,14
Cálcio (mg)	25
Fósforo (mg)	8,57
Ferro (mg)	0,21
Potássio (mg)	176,43
Sódio (mg)	6,43
Vitamina A (UI)	285,71
Vitamina A (Retinol Equivalente)	28,57
Tiamina (mg)	0,03
Riboflavina (mg)	0,03
Niacina (mg)	0,36
Ácido Ascórbico (mg)	65,71

### **2.4.2. Manga**

O cultivo da manga no Brasil ocupa área ao redor de 80 mil hectares (AGRIANUAL, 2009). A produção brasileira no ano de 2008 foi de 1.272.184 toneladas, exportando 40.876 toneladas (FAO, 2009).

É uma fruta de aroma e cor muito agradáveis que faz parte do elenco das frutas tropicais de importância econômica, não apenas pela aparência exótica, mas também por ser fonte de carotenoides, minerais e carboidratos (FARAONI, 2006).

Informações Nutricionais da Manga, conforme Tabela 2 abaixo:

**Tabela 2: Informações Nutricionais da Manga**

<b>Manga sem casca e sem caroço.</b>	
<b>Quantidade</b>	100 gramas
Água (%)	82

Calorias	65,22
Proteína (g)	0,48
Gordura (g)	0,48
Ácido Graxo Saturado (g)	0,05
Ácido Graxo Monoinsaturado (g)	0,1
Ácido Graxo Poliinsaturado (g)	0,05
Colesterol (mg)	0
Carboidrato (g)	16,91
Cálcio (mg)	10,14
Fósforo (mg)	11,11
Ferro (mg)	0,14
Potássio (mg)	156,04
Sódio (mg)	1,93
Vitamina A (UI)	3893,72
Vitamina A (Retinol Equivalente)	389,37
Tiamina (mg)	0,06
Riboflavina (mg)	0,06
Niacina (mg)	0,58
Ácido Ascórbico (mg)	27,53

### 2.4.3. Maçã

O Brasil produziu, em 2011, último dado consolidado pelo IBGE, 1,3 milhão de toneladas de maçãs, o que o classifica como 9º (nono) maior produtor mundial. O valor da produção de maçãs foi calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em R\$ 851,7 milhões. A produção brasileira ocupa 38 mil hectares, 96% desses pomares estão em Santa Catarina (18 mil ha) e Rio Grande do Sul (17 mil ha), segundo IBGE.

Informações Nutricionais da Maçã, conforme Tabela 3 abaixo:

**Tabela 3: Informações Nutricionais da Maçã**

<b>Maçã sem pele, sem semente.</b>	
<b>Quantidade</b>	100 gramas
Água (%)	84
Calorias	57,97
Proteína (g)	Traços

Gordura (g)	Traços
Ácido Graxo Saturado (g)	0,07
Ácido Graxo Monoinsaturado (g)	Traços
Ácido Graxo Poliinsaturado (g)	0,07
Colesterol (mg)	0
Carboidrato (g)	15,22
Cálcio (mg)	7,25
Fósforo (mg)	7,25
Ferro (mg)	0,14
Potássio (mg)	115,22
Sódio (mg)	Traços
Vitamina A (UI)	50,72
Vitamina A (Retinol Equivalente)	5,07
Tiamina (mg)	0,01
Riboflavina (mg)	0,01
Niacina (mg)	0,07
Ácido Ascórbico (mg)	5,8

---

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. 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 02/2016 a 05/2016.

#### **3.2. Montagem do Destilador**

O destilador foi montado utilizando-se duas colunas de separação (Vigreux), sendo uma de 30 cm e outra de 70 cm, um condensador tipo serpentina que foi utilizado como condensador, 02 suportes de metal, 01 manta de aquecimento, mangueiras ligadas no condensador que foi utilizado para tal finalidade e um balão de fundo redondo de 1 L contendo o mostro que deveria ser destilado; este equipamento foi montado para realizar uma destilação fracionada.

#### **3.3. Preparação do Mosto Fermentativo**

No processo de preparação do mosto, foram utilizados 500 g de restos (polpa) de frutas, mamão, maçã e manga, estragadas, batidas, trituradas em liquidificador, em seguida foram acrescentadas 500 mL de água destilada e novamente agitadas, misturadas, após esta preparação, foram acrescentadas 10 g de levedura e novamente misturadas ao mosto, houve a transferência deste material para o béquer de 2000 mL, vedado com filme de PVC, deixado fermentando por 72 horas, de acordo com Tabela 4.

**Tabela 4: Fermentador com Composições de Mosto**

Fermentador	1
Mosto de Restos de Frutas	1 L
Sacarose Acrescida	0 mL
Levedura	10 g
Água destilada	500 mL
Polpa	500 g

### 3.4. Destilação

Após o período de fermentação do mosto, para que ocorresse o consumo da sacarose e conseqüente produção de etanol, pegou-se todo o fermentado, colocou-se 500mL do fermentado bruto em um balão de fundo redondo, colocando-o na manta de aquecimento para realização da destilação, controlando-se a destilação pela temperatura (entre 27°C e 35°C), verificando se no processo de destilação estava ocorrendo a separação adequada do etanol produzido na fermentação.

### 3.5. Análise do Álcool

Para analisar o álcool produzido fez-se a construção da curva de massa específica, como curva analítica do mesmo, tomando-se como referência álcool P.A. a 96°, para em seguida se fazer a medição da massa específica da amostra obtida na destilação após processo fermentativo, para posterior cálculo da concentração de álcool em solução.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. 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 1: Montagem do destilador**

Montou-se o equipamento com as vidrarias já citadas, onde foi feita um processo de destilação.

## 4.2. Preparação do Mosto

A seguir, na Figura 2, mostra o mosto fermentativo no 1º dia de experimento, após 24 horas, conforme processos descritos nos métodos do processo de preparação do mosto.



**Figura 2: Mosto fermentativo 1º DIA**

A fermentação alcoólica é o processo de transformação de açúcares em álcool etílico (etanol) e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) pela ação de importantes organismos e da levedura *Saccharomyces cerevisia*. Quimicamente é um processo de oxidação anaeróbica parcial da glicose.



### 4.3. Destilação

A destilação é o processo de separação baseado no fenômeno de equilíbrio-vapor de misturas, a Figura 3 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, conforme Figura 3.



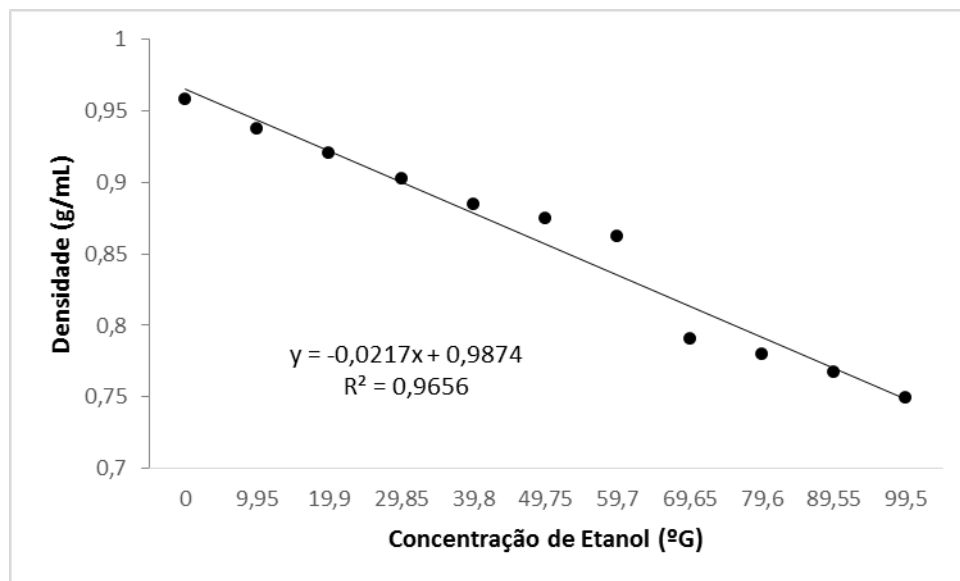
**Figura 3: Processo de destilação do álcool**

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.

## 4.4. Análise do Álcool

### 4.4.1. Densidade

Inicialmente fez-se uma curva analítica da massa específica do álcool P.A. a 96°, a qual pode ser verificada na Figura 4 abaixo e a partir da qual pode-se calcular a concentração de álcool obtido na destilação.



**Figura 4: Curva de Calibração da Massa Específica do Álcool**

Para análise das 03 amostras do álcool produzido com os restos de frutas fez-se a medição da densidade final, onde mediu-se a massa da solução alcoólica em 10mL, calculando-se a densidade específica e concentração respectiva do álcool, obteve-se os valores expostos na Tabela 5, com base na curva de calibração acima.

**Tabela 5: Densidade de álcool produzido**

Solução	Concentração °G
1ª Produção	27
2ª Produção	55,6

3ª Produção	72
-------------	----

A partir destes resultados, pode-se verificar que a melhor produção foi a terceira, em que se teve um álcool com teor de 72°G, isso devido ao aumento da coluna de separação com recheio, na intenção de dificultar mais a passagem do que não interessava e obter somente o álcool hidratado.

#### 4.4.2. Rendimento

Para saber o rendimento de álcool produzido, fez-se ao final de cada processo produtivo a medição do volume final de álcool, comparando-se com o volume inicial de mosto, que foi de 1 litro e multiplicando-se esta relação por 100, para se obter o rendimento em termos percentuais, conforme apresentado na tabela 6 abaixo:

**Tabela 6: Rendimento de Álcool obtido**

<b>Solução (L)</b>	<b>Rendimento (%)</b>
1ª Produção	12
2ª Produção	8
3ª Produção	3

Constatou-se que o rendimento em volume foi menor para o álcool que teve maior teor alcoólico, bem como maior rendimento para o que teve menor teor, mostrando que a conformação do equipamento, com coluna de separação maior aumenta o teor mas reduz o rendimento, mostrando que o rendimento será importante conforme o teor de álcool que se deseja, para combustível ou para bebida.

## 5. CONCLUSÃO

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

- É possível obter álcool etílico com as frutas (manga, mamão e maçã);
- Devido ao alto desperdício diário na CEACA, as frutas representam 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 estes resíduos sólidos;
- Comparando a produção do álcool a partir das frutas 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

- AGRIANUAL. Danielle Fabíola Pereira da Silva. Desenvolvimento e Controle do Amadurecimento da Manga 'UBA'. Minas Gerais. 2009.
- ASHIKARI, T., NAKAMURA, N., TANAKA, Y., KIUCHI, N., SHIBANO, Y., TANAKA, T., AMACHI, T. e YOSHIZUMI, H. Rhizopus raw-starch-degrading glucoamylase: its cloning and expression in yeast. *Agricultural and Biological Chemistry*. 1986.
- BAI, F.W.; ANDERSON, W.A.; MOO-YOUNG, M. Ethanol fermentation technologies from sugar and starch feedstocks. *Biotechnology Advances*. 2008.
- BASTOS, V. D. Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias. BNDES/Setorial. 2007
- BNDES. Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável Rio de Janeiro: BNDES. 2008.
- BRAZILIAN FRUIT, 2008. Jose Marcio Carvalho, Diogo Leitão Miranda. As Exportações Brasileira de Frutas: Um Panorama Mundial.
- CAMPOS, M. C. M. M., TEIXEIRA, H. C. G. Controles típicos de equipamentos e processos industriais. 1. ed. São Paulo-SP: Blücher. 2006.
- CARUARU. CEACA – Central de Abastecimento de Caruaru. 2015. Disponível em: <<http://www.caruaru.pe.gov.br/secretaria/ceaca-central-de-abastecimento-de-caruaru>>. Acessado em: 20 de set. de 2015.
- CHENG, M.-C., CHANG, R.-C., DENT, D.-F. e HSIEH, P.-C. Breeding an Amylolytic Yeast Strain for Alcoholic Beverage Production. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2011.
- CLARK, T. A., MACKEL, K. L. Fermentation inhibitors in wood hydrolysates derived from the softwood Pinus radiata. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 1984.
- EKLUND, R; GALBE, M; ZACCHI, G. Optimization of temperature and enzyme concentration in the enzymatic saccharification of steam-pretreated willow. **Enzyme microbial. Technol.** 1990.
- FAO. The State of Food Insecurity in the World. Roma, Itália. 2009.
- FARAONI, A. S. Efeito do Tratamento Térmico, do Congelamento e da Embalagem Sobre o Armazenamento da Poupá de Manga Orgânica 'Ubá'. 2006.
- GOMIDE, R. Operações Unitárias Volume IV. 1. ed. São Paulo-SP: Edição do Autor. 1988.

GOULART, J. A. B. (2008). Analogias e Metáforas no Ensino de Física: Um Exemplo em Torno da Temática de Campos. Dissertação. Universidade de Brasília. Brasília.

IEA - International Energy Agency. Secure Sustainable Together, 2008. Disponível em: <<http://www.iea.org>>. Acessado em: 15 de set. De 2015.

INFORMAÇÕES NUTRICIONAIS. Disponível em: <[http://www.emedix.com.br/dia/ali008\\_1f\\_mamao.php](http://www.emedix.com.br/dia/ali008_1f_mamao.php)>. Acessado em 23 de set. de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Levant. Sistem. Prod. Agric. Rio de Janeiro, v. 25, n. 02. p. 1-88, fev. 2012.

LARSSON, S., PALMQVIST, E., HAHN-HAGERDAL, B., et al. The generation of fermentation inhibitors during dilute acid hydrolysis of softwood. *Enzyme Microb. Technol.* 1998.

MORAES, L. M. P., ASTOLFI-FILHO, S. e OLIVER, S. G. Development of yeast strains for the efficient utilisation of starch: evaluation of constructs that express  $\alpha$ -amylase and glucoamylase separately or as bifunctional fusion proteins. *Applied Microbiology and Biotechnology.* 1995.

ROEHR, M. *The Biotechnology of Ethanol: Classical and Future Applications*: WILEY-VCH Verlag GmbH. 2001.

RUSSELL, I. Understanding yeast fundamentals. In: (Ed.). *THE ALCOHOL TEXTBOOK. A reference for the beverage, fuel and industrial alcohol industries*: UK: Nottingham University Press, 2003.

SHIGECHI, H., KOH, J., FUJITA, Y., MATSUMOTO, T., BITO, Y., UEDA, M., SATOH, E., FUKUDA, H. e KONDO, A. Direct Production of Ethanol from Raw Corn Starch via Fermentation by Use of a Novel Surface-Engineered Yeast Strain Codisplaying Glucoamylase and  $\alpha$ -Amylase. *Applied and Environmental Microbiology.* 2004.

SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N.; MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do Eucalyptus: Diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2005, p. 79-104.

SOLOMON, B. D., BARNES, J. R. e HALVORSEN, K. E. *Grain and cellulosic ethanol: History, economics, and energy policy*. Biomass and Bioenergy. 2007.

SZENGYEL, Z. *Ethanol from wood: Cellulase enzyme production*. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia Química, Lund University, Suécia, 2000.

SZKLO,A. S.; SCHAFFER,R. Fuel Specification, Energy Consumption and CO2 Emission in Oil Refineries, Energy – The International Journal - EGY1871, Energy 32, p.1075–1092, 2007.

WYMAN, C. E. Ethanol from lignocellulosic biomass: Technology, economics, and opportunities. Bioresour. Technol. 1994.