

## **Curso de Tecnologia em Biocombustíveis**

# **CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DA CERA DA TORTA DE FILTRO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

MARIA LUIZA DOMINGOS

**Orientador: Profa. Rita de Cássia Vieira Macri**  
**Coorientador: Profa. Dra. Luciana Maria Saran**

**Trabalho apresentado a Faculdade de Tecnologia  
de Jaboticabal - Fatec, para obtenção do título de  
Tecnólogo em Biocombustíveis.**

Domingos, Maria Luiza

D671c Caracterização do processo de extração da cera da torta de filtro da cana-de-açúcar/ Maria Luiza Domingos.— Jaboticabal : Fatec, 2012.  
47f.

Orientador: Profa. Rita de Cássia Vieira Macri  
Coorientador: Profa. Dra. Luciana Maria Saran

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, 2012.

1. Extração. 2. Purificação. 3. Processo. I. Macri, R. C. V. II. Título.

CDU 631.164.27

## **Curso de Tecnologia em Biocombustíveis**

### **CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DA CERA DA TORTA DE FILTRO DA CANA-DE-AÇÚCAR

**AUTOR:** MARIA LUIZA DOMINGOS

**ORIENTADOR(A):** PROFA. RITA DE CÁSSIA VIEIRA MACRI

**COORIENTADOR(A):** PROFA. DRA. LUCIANA MARIA SARAN

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à FATEC-JB para a obtenção do título de Tecnólogo.

**RITA DE CÁSSIA VIEIRA MACRI**

**JOÃO ROBERTO DA SILVA**

**MARIANA CARINA FRIGIERI SALARO**

Data da apresentação: 18 de dezembro de 2012.

---

Presidente da Comissão Examinadora

## Dedicatória

Dedico a Deus, pela força e coragem durante toda essa jornada me fazendo levantar em cada obstáculo e à minha família pelo exemplo e suporte em todas as minhas escolhas.

## **AGRADECIMENTO**

Aos meus pais Maria Lucia e Luiz Aparecido que me criaram, proporcionando educação escolar e moral, que me ensinaram a ser uma pessoa honesta e humilde, sabendo que o aprender é constante.

Ao meu noivo pelo apoio e compreensão nos momentos em que não pude estar com ele devido aos estudos e por toda a colaboração no desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus companheiros de trabalho do setor pedagógico da Fundação Casa de Sertãozinho, por me divertirem tanto, foram muito importantes esses momentos.

A minha orientadora Professora Rita pela ajuda e colaboração nesse momento tão importante da vida acadêmica. E minha coorientadora Professora Doutora Luciana Maria Saran, pela disposição em colaborar.

A banca examinadora, professora Mariana e João Roberto pela disposição e auxílio.

As companheiras de sala de aula, que se tornaram verdadeiras amigas, Luciana pela força e exemplo de pessoa, a Priscila pela fé e calma nos momentos necessários e a Juliana pelo apoio e ajuda de sempre, foram bons momentos que vamos sentir falta.

Por fim, obrigado Pai por me permitir sentir tudo isso tão intensamente e sempre querer mais.

## RESUMO

### CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE CERA DA TORTA DE FILTRO DA CANA-DE-AÇÚCAR

A atual situação do setor sucroenergético tem proporcionado perspectivas de alcance de novos mercados. O setor tem procurado se adequar tendo em vista o desenvolvimento tecnológico e a questão ambiental. No processo de produção de açúcar e etanol a torta de filtro é um subproduto proveniente da etapa de clarificação do caldo, o lodo da decantação passa pelo filtro rotativo e se obtém a torta de filtro, sua aplicação nos canaviais como fertilizante tem sido satisfatória, por possuir altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, cálcio e possui, ainda, teores consideráveis de potássio e magnésio. Porém, estudos demonstraram que na torta encontra-se um tipo de cera que poderia ser extraída para diversos usos. Esse processo de extração é baseado em banhos de solvente na torta até a total extração da cera presente. A cera extraída é conhecida como cera bruta, que posteriormente pode ser refinada e utilizada nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos, tendo potencial para substituir as ceras naturais utilizadas nos processos industriais.

**Palavras-chave:** Extração, purificação, processo.

## ***ABSTRACT***

### ***CHARACTERIZATION OF THE WAX EXTRACTION PROCESS FROM FILTER CAKE ON SUGARCANE PROCESSING***

*The current situation of the sugarcane processing has provided perspectives that target new markets. The industry has searched to adapt by considering of the technological development and environmental issues. In sugarcane processing, filter cake is a by-product from stage clarification of the broth. The sludge from process of decantation passes through the rotating filter and it obtains the filter cake. Its application in the sugarcane fields as fertilizer has been satisfactory, due its high levels of organic matter, phosphorus, nitrogen, calcium and also has considerable levels of potassium and magnesium. However, studies have shown that the filter cake can be found a type of wax that could be extracted for various uses. This extraction process is based on solvent baths in the filter cake until complete extraction of the present wax. The extracted wax is known as raw wax, which can subsequently be refined and used in the pharmaceutical and cosmetic industries, with the potential to replace the natural waxes used in the industrial process.*

***Keywords: Extraction, purification, process.***

## LISTA DE FIGURA

FIGURA 1 – Etapas iniciais da produção de açúcar e etanol (ÚNICA, 2012).....	19
FIGURA 2 – Mesas alimentadoras (RODRIGUES, 2008).....	20
FIGURA 3 – Terno de moenda (SMAR, 2012).....	22
FIGURA 4 – Etapas do tratamento do caldo (PAYNE, 1989).....	23
FIGURA 5 – Filtro rotativo à vácuo (RODRIGUES, 2008).....	29
FIGURA 6 – Extrator (GRUPO TECNAL).....	34
FIGURA 7 – DTDC (Dessolventizador, tostador, secador, resfriador) (GRUPO TECNAL)..	35
FIGURA 8 – Destilaria (GRUPO TECNAL).....	36
FIGURA 9 – Fluxograma do processo de extração da cera.....	38
FIGURA 10 – Torta de filtro.....	40
FIGURA 11 – Cera extraída da torta de filtro.....	41

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – Composição média da tora de filtro (JUNIOR, 2010) .....	30
TABELA 2 – Especificação do solvente (TECNAL).....	39

# SUMÁRIO

1.1 Produção de etanol .....	15
1.2 Produção de açúcar.....	16
1.3 Cogeração.....	16
1.4 Subprodutos.....	17
1.5 Recepção.....	19
1.6 Limpeza da Cana.....	19
1.7 Preparo para Moagem e/ou Difusão.....	20
1.8 Extração do Caldo.....	21
1.9 Moagem.....	21
1.9.1 Embebição nas Moendas.....	22
1.10 Tratamento do Caldo.....	23
1.10.1 Clarificação.....	23
1.10.2 Fosfatação.....	23
1.10.3 Sulfitação.....	24
1.10.4 Caleagem.....	25
1.10.4.1 Obtenção do Leite de Cal.....	25
1.11 Aquecimento.....	26
1.11.1 Flasheamento.....	26
1.12 Decantação.....	26
1.12.1 Aplicação de Polímeros.....	27
1.13 Filtração.....	27
1.13.1 Temperatura da filtração.....	28
1.14 Filtro Rotativo à Vácuo.....	28
1.14.1 Funcionamento do Filtro Rotativo à Vácuo.....	29
1.15 Torta de Filtro.....	30

<u>1.1 Ceras e suas características.....</u>	<u>30</u>
<u>1.1.1 Ceras naturais.....</u>	<u>31</u>
<u>1.2 Cera da torta de filtro da cana-de-açúcar.....</u>	<u>32</u>
<u>1.3 Extração da cera bruta.....</u>	<u>32</u>
<u>1.4 Processo de extração.....</u>	<u>32</u>
<u>1.4.1 Planta piloto.....</u>	<u>33</u>
<u>1.4.1.1 Seções.....</u>	<u>33</u>
<u>1.4.2 Descrição do processo.....</u>	<u>37</u>
<u>1.5 Especificação do solvente.....</u>	<u>38</u>
<u>1.6 Análises.....</u>	<u>39</u>
<u>1.7 Destinação da cera bruta.....</u>	<u>41</u>

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar, tendo processado 417.653,8 mil de toneladas na safra 2010/2011, sendo 25.141,8 mil toneladas de açúcar, 5.066,7 milhões de litros de etanol anidro, 13.750,2 milhões de litros de etanol hidratado (ÚNICA, 2012).

No processo de filtração do caldo de cana, na produção de açúcar ou álcool, obtém-se como resíduo a torta de filtro, que geralmente é descartada ou utilizada como fertilizante, porém ela pode ganhar um destino mais nobre e gerar lucros adicionais para o setor. A utilização das tortas de filtro está relacionada à diminuição do descarte de resíduos e ao aproveitamento de um subproduto (VIEIRA, 2003).

A torta de filtro tem composição química variável e apresenta altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, cálcio e possui, ainda, teores consideráveis de potássio, magnésio (NUNES JÚNIOR, 2005 apud FRAVET *et al.*, 2010), e expressivas quantidades de Ferro, Manganês, Zinco e Cobre (CERRI *et al.*, 1988 apud FRAVET *et al.*, 2010).

Segundo Patarau *et al.* (1969 apud NAZATO *et al.*, 2012) a torta de filtro é observada uma ordem média de cera bruta e lipídios entre 5 a 14% sob base seca, havendo diferentes propostas para a sua utilização, porém elas quase sempre são enviadas aos campos como fertilizantes nas 6 semanas que antecedem o plantio da gramínea.

Com a expansão na produção do setor sucroenergético, conseqüentemente houve aumento na produção de resíduos que são gerados durante a safra da cana-de-açúcar, sendo assim há a necessidade de gerenciamento desses resíduos. A cera de cana sempre foi uma questão de interesse, devido às suas aplicações industriais, em particular na indústria cosmética e farmacêutica (TAYLOR, 2000 apud NUISSIER, 2002). Ela é um substituto potencial para a cera de carnaúba, amplamente usada em cosméticos, alimentos e produtos farmacêuticos.

O Brasil é um grande produtor de cana-de-açúcar, o que nos assegura a possibilidade de um futuro promissor como fornecedor de matéria-prima renovável e fonte de obtenção de um novo tipo de cera natural. A utilização dos produtos e subprodutos da cana permite um desenvolvimento industrial dentro de um ciclo fechado de aproveitamento integral, que abrange até os resíduos, utilizando-se estes de forma tal que não prejudiquem o meio ambiente e ao mesmo tempo tenham utilidade econômica para o país (GANDRA, 2006).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo a caracterização do processo de extração da cera da torta de filtro da cana-de-açúcar para sua utilização em diversos setores industriais como o alimentício, cosmético e farmacêutico.

## 2 IMPORTÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO CENÁRIO NACIONAL

O Brasil é responsável por excelentes perspectivas para o etanol e para a bioenergia, tem as melhores condições geográficas, climáticas, culturais, econômicas e tecnológicas. Em um hectare de cana-de-açúcar produzem-se 7,5 mil litros de etanol. O genoma da planta de cana-de-açúcar foi decifrado e foi possível produzir cerca de cinco mil variedades. (JARDIM, 2008). No presente o Brasil está à frente dos outros países na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. Sendo que a produção total da cana-de-açúcar moída desde o início da safra 2012/2013 até 31 de agosto deste ano, 50,84% destinou-se a produção de etanol. A fabricação de açúcar, por sua vez, somou 3,34 milhões de toneladas na última metade de agosto, contra 2,97 milhões de toneladas em igual período de 2011 (ÚNICA, 2012).

A indústria sucroalcooleira gera mais de um milhão de empregos no Brasil, abrangendo mão-de-obra na lavoura, na indústria, na administração, na pesquisa, na comercialização e na exportação dos produtos. Não há como negar a importância do setor para o país (GORDINHO, 2010). Em 2008, foram contabilizados 1.283.258 empregos formais, sendo 481.662 no cultivo da cana-de-açúcar, 561.292 nas fábricas de açúcar em bruto, 13.791 no refino e moagem de açúcar, e 226.513 na produção de etanol. Este valor representa 2,15% dos empregos gerados em todo o Brasil, evidenciando a importância do setor (NOVAIS *et al.*, 2009).

O setor busca melhores condições técnicas através de investimentos feitos, nos últimos anos, em automação industrial, mecanização da colheita de cana-de-açúcar e melhorias em logística do transporte da matéria-prima (RODRIGUES *et al.* 2010).

A indústria sucroalcooleira abrange uma grande variedade de produção, não está apenas focada na produção de açúcar e etanol. Com o incentivo para produção de biocombustíveis e a sustentabilidade cada vez mais em evidência, o setor tem se desenvolvido para outros ramos, buscando a eficiência na produção e conquistando novos mercados.

## 1.1 Produção de etanol

O etanol, também chamado de álcool etílico, é produzido no Brasil quase que exclusivamente pela fermentação e destilação do caldo de cana e do melaço, este último resíduo da produção de açúcar. O Brasil produz dois tipos de etanol: o hidratado, que tem um teor de água de aproximadamente 5,6% em volume; e o anidro, livre de água. O etanol hidratado é utilizado em veículos equipados com motores movidos exclusivamente a etanol ou “flexfuel”, enquanto o etanol anidro é misturado à gasolina antes da venda (ÚNICA, 2010).

O aumento significativo do efeito estufa, principalmente devido à queima de combustíveis fósseis, e a perspectiva da diminuição das reservas de petróleo e de gás natural, tem levado a humanidade a buscar novas formas de obter energia. O etanol apresenta possibilidade de minimizar tais efeitos, por ser produzido a partir de uma fonte renovável de matéria-prima (MARCOCCIA, 2007).

O setor sucroenergético tem ótimas perspectivas devido ao crescimento da produção de açúcar e etanol, que veio pelo aumento do uso de álcool combustível, tanto no Brasil como para atender a demanda externa e pelo crescimento das exportações de açúcar (MORAES, 2007).

No mundo foram consumidos 54 bilhões de litros de etanol (2007), só o Brasil foi responsável pela produção de 21,5 bilhões, junto com os EUA (24,5 bilhões), são os dois maiores produtores de etanol do mundo (JARDIM, 2008).

Esses dados são graças à posição do Brasil no que se refere à produção de biocombustíveis pode ser considerada como privilegiada, em virtude da grande extensão territorial e do clima tropical (MILANEZ *et al.*, 2008).

O aumento na produção de etanol tem como demanda a crescente procura por automóveis flex. Desde a introdução da tecnologia flex no Brasil em 2003, já foram produzidos mais de 13 milhões de automóveis equipados com a tecnologia, que permite usar etanol, gasolina ou a mistura dos dois combustíveis em qualquer proporção (ÚNICA, 2012). Sendo assim, o consumidor tende a optar pelo combustível que estiver mais favorável no momento.

## 1.2 Produção de açúcar

O Brasil é o maior produtor e exportador de açúcar do mundo, sendo responsável, em termos mundiais, por aproximadamente 20% da produção e 40% das exportações. Cerca de dois terços do açúcar produzido no Brasil destinaram-se à exportação, sendo que o açúcar bruto respondeu por mais de 65% das vendas no mercado internacional. Mais de 100 países importam açúcar do Brasil (ÚNICA, 2010).

Algumas empresas da indústria do açúcar estão buscando a diferenciação de seus produtos, procurando obter um produto com valor agregado e também com características que o diferencie dos demais, buscando atingir mercados específicos que exigem qualidade e características diferentes incorporadas ao produto (RODRIGUES *et al.*, 2010).

## 1.3 Cogeração

As usinas de cana-de-açúcar não têm como produtos principais somente o etanol e o açúcar. Segundo Jardim (2008) os profissionais da indústria de cana-de-açúcar têm um novo elemento a ser considerado como fator estratégico de agregação de valor aos seus negócios- a bioeletricidade, ou seja, a energia cogerada a partir da biomassa da cana (bagaço, palha e ponteiros).

De acordo com Gasnet (2011), pode-se definir cogeração como a geração simultânea e combinada de energia térmica e energia elétrica ou motriz a partir de uma única fonte energética. A cogeração apresenta vantagens tanto para o usuário quanto para o sistema elétrico. Para o usuário, a cogeração pode reduzir os custos operacionais da energia utilizada nas empresas, podendo gerar uma receita adicional com a venda de excedente de energia elétrica. Para o sistema elétrico, a cogeração aumenta a confiabilidade e estabilidade do sistema, diminuindo a dependência do parque gerador centralizado, mantendo reservas próximas aos centros de carga e reduzindo as falhas relacionadas à transmissão e distribuição.

Somente em São Paulo, a energia renovável gerada pela queima do bagaço da cana apresenta um potencial de curto prazo equivalente a uma Usina Belo Monte. Ou seja, é algo que não pode ser desprezado em um Estado demandante de soluções energéticas sustentáveis (ÚNICA, 2012).

A bioeletricidade gerada a partir do bagaço da cana-de-açúcar cada vez mais vem se destacando como um importante produto das usinas. Em 2008, cerca de 30 usinas negociaram 544 MW médios para a venda anual durante 15 anos. Este volume irá gerar um faturamento anual de USD 389,63 milhões (NEVES *et al.*, 2007).

Em uma unidade de cogeração, a energia que seria perdida em forma de calor, seja na exaustão ou na condensação do vapor é aproveitada para prover calor a um processo, ou aquecimento de ambientes fazendo com que uma instalação de cogeração possa ter eficiência térmica de até 85%. Além de dar melhor uso à energia do combustível, com a cogeração reduz-se o impacto ambiental, especialmente quanto às emissões gasosas (FERRÃO *et al.*, 2001).

Segundo Neves *et al.* 2007 uma tonelada de cana gera cerca de 320 kg de bagaço, dos quais 90% são usados na produção de energia. A importância da cogeração de energia utilizando o bagaço reside no fato de que ela coincide com o período de seca dos reservatórios das usinas hidrelétricas e, dessa forma, possui importante caráter complementar.

## 1.4 Subprodutos

Desde o início da civilização, o solo, a atmosfera e os recursos hídricos são usados como forma natural de descarte de resíduos das atividades humanas. Com a revolução industrial houve um aumento na produção desses resíduos, que tem provocado nos últimos anos preocupação crescente para todos que se envolvem com qualquer tipo de atividade produtiva ou de transformação. Já não é mais possível a simples disposição desses resíduos, de maneira direta, nos cursos d'água, solo ou atmosfera (MALHEIROS E JUNIOR, 1995).

O aumento na produção desses resíduos vem provocando impactos ambientais, pois sua taxa de geração é muito maior que sua taxa de degradação; dessa forma, é cada vez mais urgente, a necessidade de reduzir, reciclar, ou reaproveitar os resíduos gerados pelo homem, com o objetivo de recuperar matéria e energia, no intuito de preservar os recursos naturais e evitar a degradação do meio ambiente (STRAUS e MENEZES, 1993).

O objetivo de se reciclar resíduos orgânicos não seria apenas a recuperação de elementos valiosos presentes nos resíduos, tais como nitrogênio, fósforo e potássio; deve-se levar em consideração a produção de alimentos, energia e outros benefícios tais como controle de poluição e melhores condições de saúde pública (POLPRASERT, 1992).

Diversos subprodutos são obtidos a partir da produção de açúcar e etanol em uma usina sucroalcooleira. No entanto, o conhecimento da composição e dos possíveis usos desses subprodutos em lavouras possibilitou a utilização na forma de fertilizantes organo-minerais e fertirrigantes. Isso proporcionou um maior controle ambiental e relevante economia na adubação de canaviais (EMBRAPA, 2007).

Quanto á utilização dos subprodutos da produção de açúcar e etanol, alguns tem se destacado pela importância comercial ou por ajudar a redução de custos pela substituição de produtos. Os subprodutos mais importantes são: o bagaço, a vinhaça, a torta de filtro e a levedura (CORTEZ *et al.*, 1992).

Assim como outras empresas, o setor sucroenergético está preocupado com a destinação adequada dos resíduos gerados na produção. A tecnologia é usada a favor do meio ambiente, conseguindo assim além de gerar energia, realizar a destinação dos subprodutos da usina adequadamente em benefício próprio, como é o caso da vinhaça, utilizada na fertirrigação nos canaviais, a torta de filtro, usada como fertilizante orgânico, ou até mesmo a venda, como é o caso da levedura seca.

Os resíduos que antes eram um problema econômico e ambiental, hoje contribuem para a redução de custos e ampliação do mercado de atuação das usinas. Porém as novas descobertas do setor, graças aos avanços tecnológicos, têm enfrentado resistência na sua aplicação industrial, por se tratar de uma alternativa que compete com as atuais utilizações dos subprodutos da indústria sucroenergética. Como é o caso do etanol de segunda geração que tem tido obstáculos, pois o bagaço está sendo utilizado com sucesso na produção de energia elétrica pela cogeração.

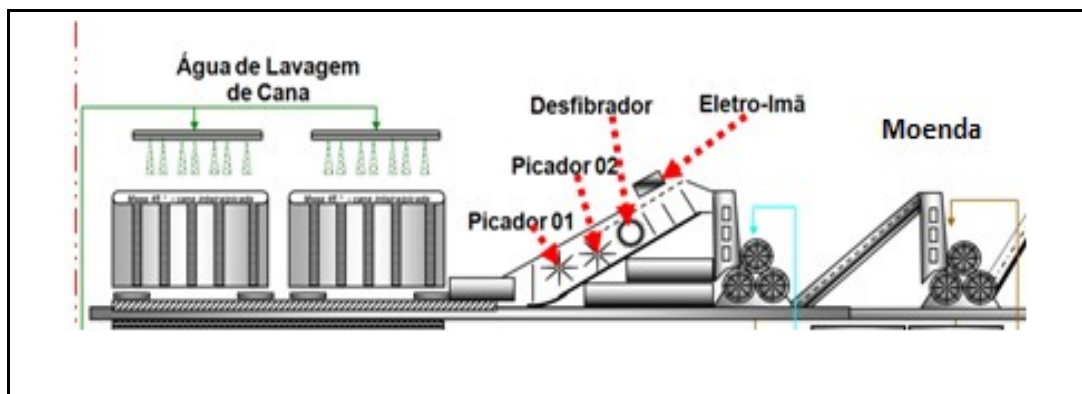
### **3 OBTENÇÃO DA TORTA DE FILTRO**

A torta de filtro, material proveniente do processo de clarificação do caldo, tem sido fonte de matéria orgânica intensamente utilizada em substituição aos adubos minerais

anteriormente adquiridos. Para cada tonelada de cana moída, são produzidos de 30 a 40 kg de torta de filtro. Sua composição varia de acordo com alguns fatores, dentre eles, variedade da cana, solo, maturação da cana, processo de clarificação e outros (CORTEZ *et al.*, 1992)

O processo de produção de açúcar e etanol tem as etapas iniciais apresentadas no fluxograma da Figura 1.

FIGURA 1 – Fluxograma das etapas iniciais do processo de produção do açúcar e do etanol (ÚNICA, 2012).



## 1.5 Recepção

De acordo com Payne (1989) a recepção da cana segue os seguintes procedimentos:

**Pesagem:** O peso da cana recebida será a diferença entre o peso do veículo antes e depois da descarga da cana. Este peso é relacionado com a indicação do local da colheita e o número do veículo.

**Amostragem:** Nesse processo é utilizado um amostrador por sonda horizontal ou vertical. O tubo é introduzido 2 metros na cana retirando uma amostra que será analisada laboratorialmente para a determinação dos açúcares totais recuperáveis (ATR).

## 1.6 Limpeza da Cana

Após o processo de recepção a cana é enviada para as mesas de lavagem de cana. Nas mesas alimentadoras a cana é lavada por aplicação de jatos de água como se vê na Figura 2,

cujas águas carregam a sujeira proveniente da lavoura. A água depois de lavar a cana é conduzida para uma peneira de esteira chamada “cush-cush”, destinada a reter bagacilhos, palhas e demais materiais que acompanham a cana vinda do canavial (OMENA *et al.*, 2011).

Figura 2: Mesas alimentadoras (RODRIGUES, 2008).



## 1.7 Preparo para Moagem e/ou Difusão

Segundo Andrade e Castro (2006), o objetivo desta etapa é aumentar a capacidade das moendas através da diminuição do tamanho da cana e rompimento de sua estrutura, facilitando a extração do caldo e moagem. As vantagens da etapa de preparo da cana no desempenho do processo são: aumento do rendimento da usina, regularidade de alimentação das moendas, redução do consumo de energia, homogeneização do teor de fibras nas canas, redução do desgaste e quebra das moendas.

De acordo com Hugot (1996 apud RODRIGUES, 2010) uma esteira transporta a cana, que passará através do picador e do desfibrador. O seu sistema é constituído por rolos e facas que desfragmentam as células da cana.

## 1.8 Extração do Caldo

A extração do caldo de cana consiste no processo físico de separação da fibra (bagaço) do caldo propriamente dito, sendo executado fundamentalmente pela escolha de um dos processos vigentes: moagem ou difusão (NAZATO *et al.*, 2011).

Moendas e difusores são equipamentos que tem o mesmo objetivo, a extração do caldo, porém princípios diferentes. Enquanto, nas moendas, a extração se dá por pressão, nos difusores, a mesma acontece por difusão e lixiviação (MARQUES *et al.*, 2001).

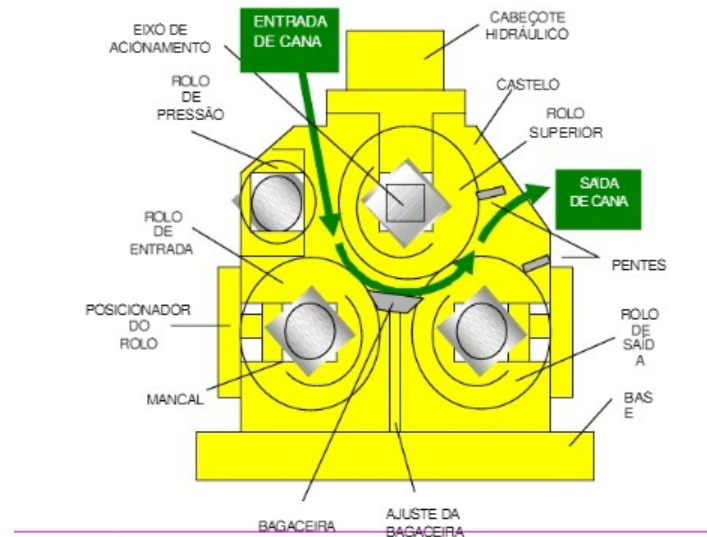
A torta de filtro é um subproduto que é obtido apenas no processo de moagem, sendo que quando o difusor é utilizado, esse resíduo não é produzido.

## 1.9 Moagem

Na moagem, a separação é feita por pressão mecânica dos rolos da moenda sobre o colchão de cana desfibrada. A liberação do caldo é conseguida através da passagem da cana entre dois rolos, submetida à determinadas pressões ao passar sucessivamente pelos vários ternos da moenda (NAZATO *et al.*, 2011).

O tandem de moenda é o equipamento utilizado na moagem, podendo ser composto por 4 a 7 ternos de moenda. A moenda, ou terno de moenda, é a unidade esmagadora constituída basicamente, por 3 cilindros dispostos de tal modo que a união de seus centros forma um triângulo praticamente isósceles, como na Figura 3 (HUGOT, 1996 apud RODRIGUES, 2010).

Figura 3: Terno de moenda (SMAR, 2012).



Para Burgi (1995) o principal objetivo da cana-de-açúcar ser submetida à moagem, às sucessivas prensagens e a opulentas lavagens, é obter o máximo grau de ruptura das células para extração máxima do caldo.

### 1.9.1 Embebição nas Moendas

A embebição é uma operação fundamental para o sucesso no processo de extração, consiste em adicionar água, ou água mais caldo diluído à cana, em seu percurso ao longo do tandem de moenda, com o objetivo de diluir o caldo residual e reduzir o teor de fibra da cana durante a ação das moendas, facilitando a extração da sacarose remanescente e reduzindo a reabsorção do caldo extraído pelo bagaço (MARQUES *et al.*, 2001).

No sistema convencional de embebição composta, a água é distribuída transversalmente ao bagaço que está na esteira intermediária que alimenta o último terno. O último caldo extraído é então retornado à penúltima esteira e assim até o segundo terno. O caldo do segundo terno é misturado ao caldo da moagem seca do esmagador e do primeiro terno, constituindo o caldo (PAYNE, 1989).

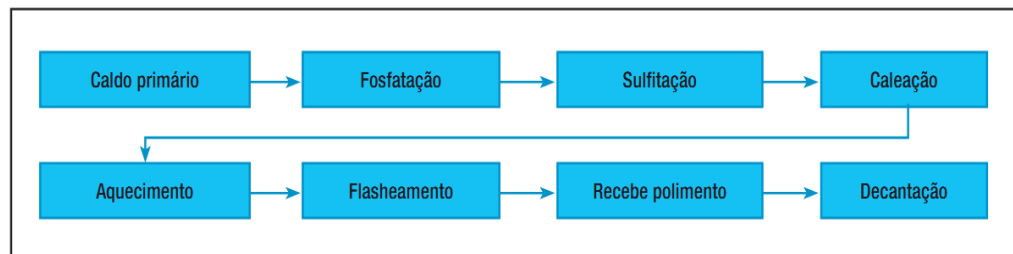
Segundo Payne (1989) apesar de a fibra do bagaço ser capaz de absorver cerca de 650% de líquido de seu peso, não é vantajoso usar água no último terno para trazer o conteúdo de líquido a este ponto. A água deve ser aplicada o mais quente possível, desde que

não cause problemas de alimentação. A fibra torna-se plástica em altas temperaturas e assim é mais facilmente comprimida, possibilitando maior extração de caldo.

## 1.10 Tratamento do Caldo

Segundo Silva (2008) o tratamento do caldo tem por objetivo eliminar parte das impurezas (terras, bagacilhos e materiais corantes) que interferem na qualidade final do açúcar. O caldo resultante da extração passa por algumas etapas de tratamento antes de ser usado na produção do açúcar, como podemos observar na Figura 4.

Figura 4 – Tratamento do caldo (PAYNE, 1989).



### 1.10.1 Clarificação

O principal objetivo da clarificação consiste em elevar o pH do caldo a um nível onde as perdas de sacarose por inversão permaneçam num nível mínimo durante o processo de recuperação do açúcar. Também existem os objetivos secundários que são a remoção do material insolúvel de certas substâncias dissolvidas indesejáveis (PAYNE, 1989).

Na indústria brasileira de açúcar, o processo de clarificação do caldo pode ser realizada de formas diferentes, de acordo com o tipo de açúcar que será produzido. Sendo assim, para a produção de açúcar VHP (“*Very High Polarization*”), o caldo passa pelo processo de caleagem, enquanto que para produção de açúcar cristal branco, o caldo passa inicialmente pela sulfitação e posteriormente, pela caleagem (MARQUES *et al.*, 2011).

### 1.10.2 Fosfatação

Os caldos que apresentam deficiência de fosfato passam pelo processo de fosfatação. O insumo utilizado como fonte de fosfato é ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) em volume definido e regulado na bomba dosadora. Geralmente, realiza-se a fosfatação antes da calagem para que o ácido precipite parte dos colóides, enquanto que, a cal neutraliza o meio e permite a formação dos flocos de fosfato de cálcio, os quais agregam as impurezas coloidais e adsorvem os compostos coloridos. O precipitado é então separado por sedimentação ou por flotação (HUGOT, 1977 apud HAMERSKI, 2009, p 40).

A utilização de fosfatos se dá pela deficiência de fósforo que o caldo apresenta (PAYNE, 1989). Um caldo com altos teores de  $P_2O_5$  é melhor clarificado e apresenta cor mais clara do que quando há deficiência do composto (ALBUQUERQUE, 2009 apud SILVA, 2010). Porém quando o caldo apresenta excesso de fósforo provoca baixa velocidade de decantação e maior produção de lodo (PAYNE, 1989).

### **1.10.3 Sulfitação**

A sulfitação constitui o principal processo de clarificação do caldo de cana empregado nas usinas brasileiras que produzem açúcar cristal branco. Consiste, basicamente, na adição de dióxido de enxofre gasoso ( $SO_2$ ) ao caldo misto, pré-aquecido a temperatura de  $60^\circ C$ , até atingir o valor de pH entre 3,8 e 4,2 (aproximadamente 150 a 300g de enxofre por tonelada de cana) e posterior alcalinização com leite de cal até pH 7,0-7,2. A neutralização do caldo sulfitado, conduz a formação do precipitado pouco solúvel, sulfito de cálcio, o qual atua na adsorção dos compostos coloridos e outras impurezas. Em seguida, o caldo é aquecido a temperatura entre  $100-105^\circ C$  e enviado aos sedimentadores para a remoção dos compostos precipitados (HONIG, 1953; DELGADO e CESAR, 1977).

A sulfitação do caldo tem como objetivos principais, inibir reações que causam alterações de cor indesejável no açúcar; diminuir a viscosidade do caldo e, conseqüentemente do xarope, massas cozidas e méis, facilitando as operações de evaporação e cozimento. A operação consiste em adicionar enxofre ( $SO_2$ ) obtido do aquecimento de enxofre ao caldo, baixando o seu pH de acordo com parâmetros previamente estabelecidos (SILVA *et al.*, 2008). Marques *et al.* (2011) ainda cita como objetivos da sulfitação a ação purificante e preservativa, pois a variação ocasionada no pH facilita a floculação e torna o meio desfavorável para o desenvolvimento de bactérias.

A adição de dióxido de enxofre gasoso pode ser feita antes ou depois da calagem. A aplicação mais simples é controlar a quantidade que entra por tonelada de caldo misto, e em seguida, fazer o controle usual do pH da calagem (PAYNE, 1989).

#### 1.10.4 Caleagem

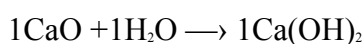
O processo de caleagem consiste na aplicação de leite de cal, promovendo a mudança da reação do meio. O caldo bruto que apresenta pH na faixa de 4,8 a 5,8, recebe leite de cal até atingir valor de pH entre 7,5 e 8,0. Em seguida, o caldo caleado é enviado aos aquecedores até atingir a temperatura entre 100 e 105°C. Além do leite de cal, também podem ser adicionados ao caldo fosfatos, polieletrólitos, bentonita e outros produtos que atuam como coadjuvantes no processo (MARQUES *et al.*, 2011).

O objetivo da caleagem é a reação com o sulfito e com o ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), formando sulfito e fosfato de cálcio, que são insolúveis em pH neutro. Após a adição de leite de cal, a mistura é aquecida com vapor d'água a alta pressão e as impurezas contidas no caldo formam uma borra que é separada do caldo, através de decantadores, que fazem a separação através das diferenças de densidades (ANDRADE e CASTRO, 2006).

O tratamento do caldo com leite de cal não somente provoca a floculação e favorece a decantação das impurezas, como também protege os equipamentos da corrosão (ALCARTE, 2011 apud PAPPA, 2011).

#### Obtenção do Leite de Cal

De acordo com Marques *et al.* (2011) o leite de cal é obtido através da hidratação da cal.



cal            água            hidróxido de cálcio

No tanque em que se faz a hidratação, várias retiradas de sobrenadante e várias adições de água são feitas até se obter a concentração adequada.

## 1.11 Aquecimento

O aquecimento do caldo também auxilia na separação dos coloides, pois muitas substâncias, quando submetidas a altas temperaturas, sofrem o processo de desnaturação e se tornam insolúveis. A temperatura ao caldo deve atingir 105-110°C (RODRIGUES, 2012).

O aquecimento proporciona a redução da viscosidade e densidade do caldo e acelera a velocidade das reações químicas, agrupando as impurezas na forma de pequenos “flocos“. Os sais formados são insolúveis a altas temperaturas, possibilitando a sua decantação (SILVA *et al.*, 2008).

A eliminação dos gases é realizada quando se envia o caldo aquecido para o balão de flash.

### 1.11.1 Flasheamento

No flasheamento o caldo entra no tanque flash e a seguir sofre ebulição a pressão atmosférica, eliminando os gases dissolvidos à temperatura constante, na faixa de 105 a 110°C, que é essencial para obter uma correta remoção dos gases, além de reduzir a carga microbiana de contaminantes e o volume de espuma na fermentação (ALBUQUERQUE, 2009 apud PAPPA, 2011).

Se o flasheamento não ocorre, bolhas de gás aderidas aos flocos diminuirão a velocidade de decantação.

## 1.12 Decantação

É na decantação que ocorre a precipitação dos flocos formados, eliminados pelo fundo do decantador na forma de lodo. O caldo clarificado sai pela parte superior das bandejas, já isento da maioria das impurezas encontradas no caldo primário ou misto. Ou seja, nos decantadores ocorre apenas a separação física entre o caldo e as impurezas (flocos formados), sendo que a qualidade do caldo clarificado depende mais dos tratamentos químicos e térmicos efetuados antes, do que da própria decantação (SILVA *et al.*, 2008).

### 1.12.1 Aplicação de Polímeros

O polímero ou polieletrólito é o floculante utilizado com o objetivo de auxiliar a decantação mais rápida dos colóides no processo de clarificação. O floculante age na aglomeração dos flocos finos, ensejam velocidade de sedimentação mais rápida, reduz o volume de lodo decantado, e melhora a turbidez do caldo, seu desempenho depende da porcentagem de água utilizada na sua preparação e da quantidade empregada na clarificação (SILVA, 2010 apud ALBUQUERQUE, 2009).

O ponto de aplicação do polímero ocorre no balão de flash do decantador, por meio da tubulação de condução do caldo, precisando de um controle para sua dosagem. Logo após a entrada do polímero na tubulação, a mistura caldo/polímero passa por um misturador estático (VILELA, 2008).

A aplicação do polímero é importante por causar o agrupamento de flocos finos, transformando-os em flocos maiores, que por sua vez, permitem velocidades mais altas de sedimentação, favorecendo o processo de decantação. Esse agente remove bagacilhos em suspensão no caldo, juntamente com os flocos formados (MANTELATTO, 2005).

## 1.13 Filtração

A decantação separa o caldo tratado em duas partes:

- Caldo claro (ou sobrenadante);
- Lodo, que se espessa no fundo do decantador.

O caldo claro após peneirado estaticamente, segue para a destilaria/fábrica, enquanto o lodo é filtrado para que se separe o caldo do material precipitado, contendo os sais insolúveis e bagacilhos.

Segundo Rodrigues (2010) antes de se dirigir aos filtros, o lodo é misturado ao bagacilho e também ao resíduo da flotação, o bagacilho é utilizado como meio filtrante, também é feita a adição de vapor, para facilitar a filtração (menor temperatura, menor viscosidade do lodo, maior facilidade do caldo escoar através do bagacilho).

A filtração tem o objetivo de recuperar o alto teor de sacarose contido no mesmo. A filtração pode ocorrer em filtros prensa ou em filtros rotativos a vácuo (PAYNE, 1989).

### **1.13.1 Temperatura da filtração**

A filtração do caldo deve ocorrer à temperatura elevada, de preferência acima de 80°C para reduzir a viscosidade dos caldos e, sobretudo, das gomas e das ceras que a superfície filtrante deve reter. A temperatura da água de lavagem do lodo deve estar entre 80 e 85°C (ALBUQUERQUE, 2009 apud PAPPA, 2011).

## **1.14 Filtro Rotativo à Vácuo**

O filtro rotativo à vácuo é um equipamento constituído por um tambor perfurado que gira na horizontal e parcialmente submerso no lodo mais bagacilho, a borra adere ao filtro devido a força interna do vácuo, através da malha perfurada o caldo é arrastado e deixa a torta de filtro sobre o rolo que ainda recebe água por bicos pulverizados para melhorara a eficiência da recuperação. Ao final da filtração a torta é removida do filtro por raspadores, como mostra a Figura 5, que deve ter teor de sacarose em valores mínimos (PAYNE, 1989).

Figura 5: Filtro rotativo à vácuo (RODRIGUES, 2008).



#### 1.14.1 Funcionamento do Filtro Rotativo à Vácuo

Segundo Marques *et al.* (2011) o filtro rotativo à vácuo funciona da seguinte maneira:

O cilindro parcialmente mergulhado na caixa contendo lodo e bagacilho inicia seu funcionamento ao penetrar na mistura (velocidade de 0,3 r.p.m.), momento em que se inicia a formação de vácuo (varia de 15 a 18 cm de Hg). Com esse vácuo inicial, as primeiras porções de lodo e bagacilho prendem-se a tela do filtro, formando uma pequena camada filtrante. Em seguida, a camada aderente ao filtro torna-se mais espessa, fazendo com que haja necessidade de se aumentar a intensidade do vácuo. Com o movimento de rotação do cilindro, o material preso à tela recebe água quente pulverizada lateralmente e na parte superior do filtro, com a finalidade de dissolver a sacarose que ainda se faz presente.

Após a segunda pulverização de água inicia-se a fase de secagem da torta, que se constitui na fase final da filtração. Ao se aproximar do raspador, cessa-se o vácuo, e a torta é raspada e depositada sobre uma esteira que a conduz a uma bica que dá acesso ao veículo transportador, responsável pelo seu transporte e amontoa no campo, quando sofrerá processo de humificação antes de ser incorporada ao solo como fertilizante.

## 1.15 Torta de Filtro

A torta de filtro é um subproduto da indústria da cana-de-açúcar, de cor marrom escura, utilizado como fertilizante nas lavouras. A composição da torta de filtro varia de acordo com diversos fatores: variedade e maturação da cana, tipo de solo, processo de clarificação do caldo e outros. Dentre os nutrientes principais, nota-se uma predominância de nitrogênio, fósforo e cálcio que são precipitados, sendo o teor de potássio mais baixo devido à solubilidade dos seus sais (JUNIOR, 2010).

Há uma grande quantidade de material lipídico na torta, como mostra a Tabela 1, sendo esse motivo de estudos para extração em diversos usos.

Tabela 1: Composição média da torta de filtro.

Componentes	Teor na matéria seca (%)	
	Mínimo	Máximo
N	1,10	1,40
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,04	2,55
K <sub>2</sub> O	0,30	0,96
CaO	4,07	5,46
MgO	0,15	0,56
S	2,70	2,96
Matéria Orgânica	77	85

(JUNIOR, 2010)

Segundo Marques *et al.* (2011) a quantidade média de torta de filtro produzida nas usinas brasileiras é da ordem de 35 a 40 Kg por toneladas de cana, com umidade em torno de 65 a 80% e pol (porcentagem em massa de sacarose contida em uma solução açucarada de peso normal determinada pelo desvio provocado pela solução no plano de vibração da luz polarizada) entre 0,5 a 1,5 %.

## 4 PROCESSO DE EXTRAÇÃO DA CERA DA TORTA DE FILTRO

### 1.1 Ceras e suas características

As ceras podem ser classificadas de acordo com a origem ou a fonte, propriedades químicas, físicas e aplicações industriais. Normalmente, a primeira diferenciação que é realizada é segundo sua origem, sendo classificadas em naturais ou sintéticas. As naturais podem ser classificadas em vegetais, animais e minerais. As ceras naturais são formadas através de processos bioquímicos, são produtos do metabolismo de animais ou plantas (MUNÔZ, 2005 apud GANDRA, 2006) e apresentam função de proteção contra danos causados por microorganismos, insetos e outros elementos (SIQUEIRA *et al.*, 2003).

Nas plantas, a síntese da cera inicia-se através de processos de redução e carboxilação de lipídios simples, que são convertidos em álcoois, ácidos e hidrocarbonetos de alto peso molecular. Estes processos são resultados das mudanças metabólicas que ocorrem, diariamente, de acordo com a presença ou a ausência de luz, calor, períodos secos, chuvas abundantes, umidade e, principalmente, com a natureza de cada espécie (WARTH, 1947; BENNET, 1956 apud GANDRA, 2006).

As ceras presentes na camada cuticular de muitas plantas mostram uma ampla diversidade na disposição física e nos constituintes químicos. Estas ceras são misturas complexas de alcanos de cadeia longa, álcoois, cetonas, aldeídos, ésteres e ácidos, porém, os compostos são diferenciados em função da posição, número de grupos funcionais, grau de ramificação e instauração (EGLINTON e HAMILTON, 1967 apud MENDONÇA, 2004).

### **1.1.1 Ceras naturais**

A melhor qualidade da cera natural quando comparada a cera sintética fica evidente em relação aos materiais sintéticos desenvolvidos nos últimos anos, inclusive, a cera natural é insubstituível em algumas aplicações. Preços inferiores aos dos similares sintéticos e auto-suficiência para sua fabricação é outro fator positivo para o mercado nacional das ceras naturais (ADAMENAS, 1982).

As ceras comerciais podem ser caracterizadas por uma série de propriedades como cor, índice de acidez, índice de saponificação, índice de éster, ponto de fusão e penetração (HAMILTON, 1995). Algumas propriedades físicas, como os pontos de fusão e de amolecimento, são parâmetros importantes para a definição da aplicação de ceras (DSC).

## 1.2 Cera da torta de filtro da cana-de-açúcar

A cera de cana tem despertado grande interesse, tanto pela aplicação industrial, como pela composição química (LAGUNA *et al.*, 1996). A cera, extraída a partir de tortas de filtro de cana nas usinas açucareiras, teria as vantagens de atender aos critérios de qualidade exigidos para o seu uso industrial, e de ser proveniente de uma matéria prima bem definida: a cana-de-açúcar, por meio de um processo industrial perfeitamente monitorável (GRAILLE *et al.*, 2003).

Cera de cana é um termo geral usado para designar os lipídios contidos na cana-de-açúcar. Estes representam, aproximadamente, 0,18% do peso da planta e consistem de duas frações, a fração de cera e a fração oleosa (PATURAU, 1969). Segundo Almeida (1944 apud FRUTUOSO, 1989), os lipídios encontram-se distribuídos na cana-de-açúcar, em porcentagem, da seguinte maneira: colmo (0,38), raízes (0,54) e folhas (0,69).

Segundo Nazato *et al* (2012) a cera bruta de cana-de-açúcar é um sólido ceroso mole de cor escura, constituída por 45% de cera, 35% de matéria graxa e 20% de resina, sendo a cera refinada a fração mais valiosa por conter 55% de ésteres, 8% de ácidos livres, 10% de álcoois livres, 25% de aldeídos e cetonas e 2% de hidrocarbonetos.

De acordo com Vieira (2003) em Cuba a cera de cana-de-açúcar é produzida em larga escala, possuindo diversas patentes de seus derivados no país.

## 1.3 Extração da cera bruta

Para a extração da cera bruta, necessita-se escolher ou desenvolver um processo, considerando-se, principalmente, o rendimento em cera e o custo operacional (FRUTUOSO, 1989). A quantidade de cera presente nas tortas de filtro é extremamente variável em função de diversos fatores, como a idade cronológica e fisiológica da cultura de cana, variedade, estágio de corte, hábito de queimar os canaviais, condições climáticas durante o desenvolvimento e maturação da cana, adubação, fertilização e tipo de solo (ADAMENAS, 1982).

## 1.4 Processo de extração

Segundo Villar *et al* (2005) para a extração da cera presente na torta de filtro de cana-de-açúcar é necessário o uso de um solvente e o rendimento desse processo de extração vai depender dos procedimentos usados, como, tipo de solvente, temperatura atingida, tempo de extração e relação entre o solvente e o soluto.

Na literatura tem-se que Azzam (1984) usou tolueno e naftaleno, com tempos de extração de 20 a 30 minutos, gasolina por 40 minutos e 1 hora para a completa extração com álcool refinado. Buttar *et al.* (1999) empregaram hexano, tolueno, clorofórmio, acetato de etila, acetona e metanol para extração da cera em extrator tipo Soxhlet. Vieira (2003) avaliou a eficiência na extração com solventes n-hexano, ciclo hexano, isopropanol e etanol. Villar *et al.* (2005) utilizaram n-heptano, em tanque agitado, empregando sistema de duplo estágio em contracorrente.

### 1.4.1 Planta piloto

Foi instalada uma planta piloto para extração da cera da torta de filtro em uma unidade industrial localizada na cidade de Sertãozinho-SP. A planta piloto é composta das seções: extrator, destilaria, condensadores, decantadores, ebulidor, degomador, absorção e DTDC (dessolventizador/tostagem/secagem/ resfriamento).

#### Seções

**Extração:** O extrator, do Grupo Tecnal, da Figura 6, é um equipamento cilíndrico vertical composto internamente de um conjunto de células rotativas, que giram no sentido horário sobre fundo fixo tipo grelha. Basicamente a construção das células rotativas é um tubo dentro de outro tubo de grande diâmetro, e entre eles chapas metálicas fazem a divisão das células. O material desliza sobre a grelha sendo tracionado pelas chapas das células, e sob baixa velocidade o material sobre sucessivos banhos de miscela para a perfeita extração. O objetivo dessa seção é a total extração das miscelas, sendo realizado banhos de solvente para tal fim. No final da extração tem se as miscelas que irão seguir para a destilação e o farelo resultante que segue para o DTDC.

Figura 6 – Extrator. (Grupo Tecnal)



**DTDC - Dessolventizador, tostador, secador, resfriador** (Figura 7): É um equipamento cilíndrico vertical dividido em estágios. Possui um eixo central dotado de facões em cada estágio para agitação e transporte do material. Os pisos dos estágios são duplos para aquecimento indireto com vapor saturado. A injeção de vapor direta no material é feita por um dos pisos que é perfurado para a passagem do vapor. Seu objetivo é a retirada do solvente que ainda está na torta após a extração da cera, conservando as características da torta de filtro que irá seguir para o campo para ser utilizada como adubo.

Figura 7 - DTDC (Dessolventizador, tostador, secador, resfriador). (Grupo Tecnal)



**Destilação** (Figura 8): A destilação é feita em contracorrente com o vapor injetado em sua parte inferior. O produto que sai da coluna deve apresentar menos de 1,0% de solvente em peso. Após passar através dos trocadores de calor as placas no sistema de refrigeração, a temperatura deverá ser semelhante à temperatura da água de refrigeração.

Figura 8: Destilaria. (Grupo Tecnal)



- **Primeiro conjunto de evaporação**

A evaporação é feita por troca térmica indireta com vapores. Esses vapores sofrerão uma redução de temperatura, para cerca de 60°C, com isto condensará cerca de 60% do vapor de água que os compõem.

- Vácuo do trabalho: 350 a 400 mm Hg
- Concentração da miscela: 65 a 70% na saída do segundo evaporador
- Temperatura da miscela: 60 a 65°C na saída do aquecedor

- **Segundo conjunto de evaporação**

- Vácuo do trabalho: 350 a 400 mm Hg
- Concentração da miscela: 95 a 97% na saída do segundo evaporador
- Temperatura da miscela: 80 a 85°C na saída do aquecedor

- **Coluna terminadora com aquecedor**

- Vácuo do trabalho: 350 a 400 mm Hg
- Concentração da miscela: traços de solvente inferiores a 0,1%
- Temperatura da miscela: 95 a 100°C na saída do aquecedor

**Condensador:** O solvente sai da destilaria e segue para o condensador, que faz com que o solvente retorne ao estado líquido, pela utilização de vapor d'água para o escoamento dos gases. Os gases incondensáveis irão para a seção de absorção, enquanto que o condensado segue para o decantador.

**Absorção:** Na absorção ocorre a retirada de miscelas que acabaram sendo arrastadas por gases, assim os gases incondensáveis são liberados.

**Decantação:** o condensado passa pelo decantador para separação da água. O solvente que foi separado retorna ao sistema e será utilizado novamente na extração. O solvente é muito poluente ao meio ambiente, dessa maneira sua reutilização evita a poluição que seria ocasionada com o descarte incorreto do solvente. A água é direcionada para o ebulidor.

**Ebulidor:** acontece a retirada de solvente que foi arrastado no processo.

**Degomagem:** O produto da destilação é direcionado para a degomagem onde através de centrifugas retiram-se as gomas, obtendo como resultado a cera degomada que pode ser enviada ao refino.

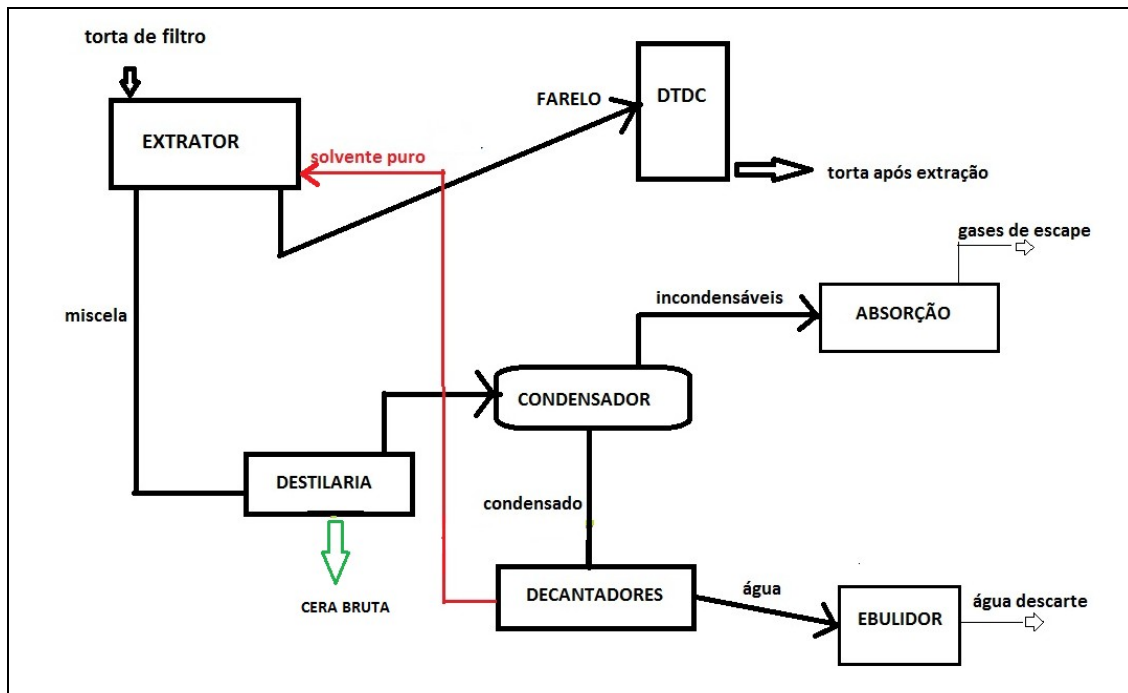
## 1.4.2 Descrição do processo

O processo de extração, visualizado na Figura 9, tem início com a matéria prima devidamente preparada alimentada ao extrator onde receberá sucessivos banhos de solvente para extração do óleo. Do extrator se obtém dois subprodutos a micela que é a mistura de solvente com óleo e o farelo. A miscela é enviada à destilaria que é composta de três evaporadores em série para separar o óleo do solvente. Como o solvente se transforma em gás, este segue para os condensadores, para retornar ao estado líquido. Devido a utilização de vapor d'água para auxílio do escoamento dos gases, o condensado deve ser recolhido aos decantadores para separação da água. Então o solvente puro retorna ao extrator, e a água é direcionada ao ebulidor para retirada de eventuais traços de solvente.

O óleo bruto obtido na coluna terminadora da destilaria é enviado a degomagem que através de centrifugas retiram a goma, obtendo assim o óleo bruto degomado, próprio para ser comercializado ou enviado à refinação.

O sistema de absorção tem a tarefa de recuperar os gases de solvente que estão presentes no ar que entrou juntamente com a massa na alimentação do extrator

Figura 9: Fluxograma do processo de extração da cera.



## 1.5 Especificação do solvente

O Solvente utilizado para a extração é o n-hexano que é um hidrocarboneto proveniente do petróleo, deve possuir as características descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Especificações do solvente.

Natureza química	Solvente orgânico
Aspecto	Líquido límpido
Cor	Incolor
Odor	Suave
Fórmula molecular	$C_6H_{14}$
Massa molecular	86,18 g/mol
Temperatura de auto-ignição	225°C
Limites de explosividade no ar	
Superior (LSE)	6,9% v/v
Inferior (LIE)	1,2% v/v
Pressão do vapor	0,42 kgf/cm <sup>2</sup> a 37,8°C
Densidade	0,672 a 20°C
Viscosidade	0,45 cSt a 25°C
Destilação a pressão atmosférica	
Ponto inicial	62°C
Ponto de ebulição	68°C
Ponto seco	-96°C
Enxofre	10 ppm máximo
Composição normal hexano	58 a 62%

(Tecnal, 2012)

## 1.6 Análises

O laboratório tem função importante nas atividades da planta de extração, pois seu trabalho garante a qualidade do produto. Conforme o resultado das análises, a operação toma as atitudes coerentes a favor dos indicadores de desempenho.

As análises realizadas na torta de filtro, na Figura 10, resultante do processo de extração são:

- Umidade e voláteis
- Teor de cera
- Proteína
- Cinzas
- Acidez
- Fibra bruta

Figura 10: Torta de filtro



Na cera bruta são feitas as seguintes análises:

- Umidade e voláteis

- Teor de cera
- Proteína
- Acidez

Figura 11: Cera extraída da torta de filtro



### 1.7 Destinação da cera bruta

Após o processo de extração, a cera bruta vai para fora da unidade industrial para realização do processo de refino.

De acordo com Gandra (2006) nas ceras brutas há uma grande quantidade de matérias graxas, resinas e algumas impurezas que conferem propriedades indesejáveis à cera bruta, como viscosidade, consistência e baixo ponto de fusão, também apresenta odor desagradável e cor escura. Devido a esses aspectos a cera deve passar por um processo de refino para obter um produto com especificações industriais.

Segundo Garcia *et al.* (2003) a cada tonelada de cana-de-açúcar processada pode-se obter 180 gramas (0,018%) de cera refinada.

A cera refinada é usada em graxas, polimentos para pisos, cosméticos, tintas de impressão, tintas dispersantes (toner), tintas para papel carbono, emulsões para preservação de frutas, vegetais e queijos, para dar brilho a comprimidos, medicamentos de ação prolongada, emulsões para impermeabilização de tabuleiros de partículas, tratamento de fibras têxteis, pagamentos de fusão quente, para dar forma aos plásticos, fundições de precisão e como plastificante em pneumáticos. Também pode ser usada como matéria-prima para a obtenção de alcoóis da cadeia C<sub>22</sub>-C<sub>31</sub> (ICIDCA, 1999).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor sucroalcooleiro que sempre foi marcado por uma performance ambiental e social negativa, associada a danos ambientais como queimadas, desmatamentos e destruição da biodiversidade, vem demonstrando percepção às oportunidades estratégicas que podem existir na adoção de medidas que reorganizem a exploração agrícola e agroindustrial para a sua sustentabilidade. Um exemplo disso é a importância dada ao destino adequado de seus subprodutos, o que já acontece a algum tempo e vem se aperfeiçoando devido aos avanços tecnológicos. Porém, são decisões cautelosas tendo em vista o bom momento do setor com a produção de eletricidade a partir do bagaço da cana. O processo de extração da cera atende as normas ambientais, por ser um ciclo fechado, que reutiliza o solvente e se adequa às normas exigidas. O objetivo maior é alcançar novos mercados para esse produto que tem grande potencial para substituir as ceras convencionais, como a cera de carnaúba, utilizadas nos setores farmacêuticos, químicos, automobilístico e de cosméticos.

**REFERÊNCIAS**

- ADAMENAS, J. O negócio é fazer cera. **Química e Derivados**, p. 24-29, 1982.
- ANDRADE, S.A.C.; CASTRO, S.B. **Engenharia e tecnologia açucareira**. Departamento de Engenharia Química CTG – Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco, 2006.
- AZZAM, A. M. **Separation and analysis of wax from Egyptian sugar cane filter press cake**. Fette Seifen Anstrichmittel, v.86, n.6, p.247-250, 1984.
- BURGI, R. **Produção de bagaço de cana-de-açúcar (Saccharum sp. L.) autohidrolisado e avaliação de seu valor nutritivo para ruminantes**. Piracicaba, 1995. 61p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- BUTTAR, G. S.; PARMAR, S. S.; SINGH, K. **An efficacious protocol of wax extraction from filter cake of sugar industry and its chemical analysis**. In: 61<sup>ST</sup> ANNUAL CONVENTION OF THE SUGAR TECHNOLOGISTS' ASSOCIATION OF INDIA, New Delhi, 1999. Proceedings. New Delhi: The Sugar Technologists' Association of India, 1999. p. 40-44.
- CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPI, J. **Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização**. Revista Brasileira de Energia. Vol. 2. 1992.
- DELGADO, A. A.; CÉSAR, M. A. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Vol II. Piracicaba: Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, 1977.
- EMBRAPA MILHO E SORGO. **Sistemas de Produção . Cultivares do Sorgo**. Versão Eletrônica. 4. ed. set. 2008. ISSN 1679-012X. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivadoSorgo\\_4ed/](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivadoSorgo_4ed/)>. Acesso em: 15 jun. 2012.
- FERRÃO, P. D. M.; WEBER, F. A. **Cogeração: uma abordagem socioeconômica**. Santa Catarina, 2001.
- FRAVET, P. R.F., SOARES, R. A. B., LANA, R. M. Q., LANA, A. M. Q., KORNDORFER, G. H. **Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar**. Lavras. 2010.
- FRUTUOSO, E. S. **Extração, refinação e estudo das propriedades termodinâmicas de cera de cana-de-açúcar**. 1989. 65p. Dissertação (Mestre em Ciências) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- GANDRA, K. M. **Obtenção e caracterização de cera de cana-de-açúcar e suas frações**. Campinas, 2006.
- GARCÍA, A.; GARCÍA, M. A.; RIBAS, M.; BROWN, A. **Recuperación de cera de cutícula de caña de azúcar mediante separación mecánica y extracción con solventes**. Grasa y Aceites, v.54, n.2, p.169-174, 2003.

GASNET. O site do Gás Natural. Disponível em:

<<http://www.gasnet.com.br/conteudo/13001>> Acesso em 22 outubro de 2012.

GORDINHO, M. C. **Do álcool ao etanol: trajetória única**. Editora Terceiro Nome. São Paulo, 2010.

GRAILLE, J.; BAREA, B.; BARRERA, D. A.; VIEIRA, T. M. F. S.; MAHLER, B. **Caracterização analítica da cera de cana-de-açúcar para seu uso cosmético**. Disponível em:< <http://www.cirad.org.br/br/recherche/506br.html>> Acesso em: agosto 2012.

HAMERSKI, F. **Estudo de variáveis no processo de carbonatação do caldo de cana-de-açúcar**. Curitiba, 2009.

HAMILTON, R. J. Analysis of Waxes. In: HAMILTON, R. J. **Waxes: Chemistry, Molecular Biology and Functions**. Dundee: Oily Press, 1995. Chap.6, p.311-342, 1995.

HONIG, P. **Principles of sugar technology**. New York: Elsevier Publishing Company, v. 1, 1953.

ICIDCA Instituto Cubano de Pesquisa dos Derivados da Cana-de-açúcar. **Manual dos Derivados da Cana-de-açúcar**. Brasília. 1999.474 p.

JARDIM, A. **Nosso ouro verde melhorando o ambiente global**. Brasília, 2008.

JÚNIOR, D. N. O insumo torta de filtro. **IDEA News**, Ribeirão Preto, 2010.

LAGUNA, A.; CARVAJAL, H.; GARCÍA, M. M.; MAGRANER, J. H.; ARRUZAZABALA, M. L. V.; MÁS, R. F. **Policonasol, una mezcla de alcoholes alifáticos primarios superiores para el tratamiento de complicaciones ateroscleróticas tales como la hiperagregabilidad plaquetaria, loa accidents isquémicos, trombosis e incluso su efectividad contra úlceras gástricas químicamente inducidas y su proceso de obtención de la caña**. Patente Cubana CU 22229A1, 1996.

MALHEIROS, S. M. P.; JUNIOR, D. R. P. **Utilização de resíduos agroindustriais no processo de compostagem**. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. p. 1897-1905. Campinas, 1995.

MANTELATTO, P. E. **Estudo do processo de cristalização de soluções impuras de sacarose de cana-de-açúcar por resfriamento**. 2005. 235f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005. Disponível em:< [http://www.bdttd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1810](http://www.bdttd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1810)> Acesso em: 15 outubro de 2012.

MARCOCCIA, R. **Participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz energética mundial**. 2007. 95p. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa interinidade de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo. São Paulo.

MARQUES, M. O. , MARQUES, T. A. , TASSO JUNIOR, L. C. **Tecnologia do açúcar. Produção e industrialização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal. Funep, 2001.

MENDONÇA, C. G. **Características das superfícies foliares de algumas plantas daninhas e estudo da absorção e translocação de 2,4-D em *Memora peregrina* (Miers) Sandwith**.

2004. 91p. Tese (Doutor em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MILANEZ, A. Y.; FILHO, P. S. C. F.; ROSA, S. E. S. **Perspectivas para o etanol brasileiro**. BNDES Setorial Rio de Janeiro, n. 27, p. 22-38, mar 2008.

MORAES, M. A. F. D. **O mercado de trabalho da agroindústria canavieira: desafios e oportunidades**. v. 11, n. 4, p. 605-619, 2007.

NAZATO, C.; FERRAZ, S. C. U.; VILCA, F. Z.; TORRES, N. H.; SILVA, D. F. C.; HARDER, M. N. C. **Cera de cana-de-açúcar na formulação de um brilho labial a partir de extração simples e por bioetanol**. Revista brasileira de Produtos Agroindustriais. p. 389-396. Campina Grande, 2012.

NAZATO, C.; SILVA, D. F. C.; FERRAZ, S. C. U.; HARDER, M. N. C. **Moendas e difusor: diferentes pontos de vista sobre o assunto**. Bioenergia em revista: diálogos.p 129-139. Piracicaba, 2011.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Sistema Agroindustrial da cana: cenários e agenda estratégica**. Economia Aplicada. São Paulo, v.11, n.4, p. 587-604. Dez 2007.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2007, p.471-550.

NUISSIER G.; BOURGEOIS, P.; GRIGNON-DUBOIS, M.; PARDON, P.; LESCURE, M. H. Composition of sugarcane waxes in rum factory wastes. **Phytochemistry**; n. 61 p.721–726, 2002.

OMENA, S. P. F.; CALLADO, N. H.; PEDROSA, V. A.; TORQUATO, Jr. H.; MENEZES, A. C. V.; PIMENTEL, I. M. C. **Tratamento de águas de lavagem de cana-de-açúcar, visando sua reutilização**. Alagoas, 2011.

PAPPA, D. M. A. **Barreiras térmicas e a utilização de UHT na redução da contaminação microbiana no processo fermentativo do caldo de cana**. 2011. 99 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. Jaboticabal, 2011.

PATURAU, J. M. **By-products of the Cane Sugar Industry**. New York: Elsevier Publishing Company, 1969. 274p.

PAYNE, J. H. **Operações unitárias na produção de açúcar de cana**. São Paulo: Novel STAB. 1989.

POLPRASERT, C. **Organic Waste Recycling**. John Willey e Sons. New York, 1992. 357p.

RODRIGUES, A. P. **Laboratório Industrial: setor açúcar**. Colégio Eduvale Olímpia, 2010, 63 f. Disponível em :< <http://pt.scribd.com/doc/50147701/12/PREPARO-DA-CANA>> Acesso em: 15 novembro de 2012.

RODRIGUES, I. C.; BATALHA, M. O.; NEVES, M. R. **A adoção da eco-estratégia no setor sucroalcooleiro: a produção de açúcar orgânico**. São Paulo, 2010.

SÃO PAULO. TECNAL Equipamentos e Instalações para Óleos Vegetais. **Extração contínua de óleos vegetais**: manual de instruções operacionais. Ourinhos, 2012, 31 p.

SILVA, L. A. **Métodos convencionais e não-convencionais utilizados na clarificação do caldo de cana**. 2010. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. Jaboticabal.

SILVA, R. B.; PORTO, A. G.; WOLQUIND, C. S.; SILVA, F. S.; SILVA, F. T. C. **Aplicação da produção mais limpa no processo de clarificação do caldo de cana para produção de açúcar**. GEPROS. Gestão da Produção, Operação e Sistemas. Ano 4, n. 1, p. 59-71, 2008.

SIQUEIRA, D.S.; PEREIRA, A.S.; AQUINO NETO, F.R. **Determinação de compostos de massa molecular alta em folhas de plantas da Amazônia**. Química Nova, v.26, n.5, p.633-640, 2003.

STRAUS, E. L.; MENEZES L. V. T. **Minimização de Resíduos**. In: Anais do 17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 212-225, 1993.

ÚNICA – UNIÃO CANAVIEIRA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cana-de-açúcar**. 2012.

VIEIRA, T. M. F. S. **Obtenção de cera de cana-de-açúcar a partir de subproduto da indústria sucro-alcooleira: extração, purificação e caracterização**. 2003. 139p. Tese(Doutor em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

VILELA, J. M. C. L. Inovações na purificação do caldo. : MARQUES, M. O. et al. **Tecnologias na Agroindústria Canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008, p. 263-371.

VILLAR, J.; GARCÍA, M. A.; GARCÍA, A.; MANGANELLY, E. **Crude wax extraction from filter cake in stirred tank**. International Sugar Journal, v.107, n.1277, p.308-311, 2005.