
FAÇA ÁLCOOL COMBUSTÍVEL
O guia definitivo para a produção artesanal de álcool combustível.
"Passo a passo, do plantio da cana, passando pela construção dos equipamentos, até a destilação e armazenamento do Etanol"
Edição revisada e ampliada -2019
PortalSaibaFazer
HELDER VITOR TERRA

Faça álcool combustível

Helder Vitor Terra

Faça álcool combustível

O guia definitivo para a produção artesanal de álcool combustível.

PortalSaibaFazer
"Uma única idéia, pode mudar a sua vida!"

Faça álcool combustível

Copyright©2019 Terceira Edição Helder Vitor Terra

Todos os direitos reservados. Publicado por Portal Saiba Fazer,

Campos Gerais MG – helder@portalsaibafazer.com.br

Dedico este livro primeiramente a Deus, por prover tudo o que preciso e a meu pai por ter me ensinado o real valor do trabalho.

Ouse fazer, que o universo conspirará a seu favor,

Sumário

Prefácio 10
Parte1 Teoria minimamente necessária 12
Capítulo 1-Considerações gerais sobre o etanol 13
Álcool combustível no Brasil 15
Curiosidades sobre o etanol 31
Fermentação alcoólica 36
Matérias primas- Sorgo Sacarino 41
Matérias primas alternativas 43
Capítulo 2- Etanol de Milho 46
Viabilidade Econômica 47
Vantagens x desvantagens do milho 48
Processo de produção 49
Fermentação do milho 54
Capítulo 3-A cana-de-açúcar 55
Processamento da cana 57
Economia e história 58
Principais espécies 60
Variedades 62
O que é grau Brix 64
Capítulo 4- Destilação 67
Parte2 Aplicações práticas 75
Capítulo 5-O canavial 76
Doenças da cana-de-açúcar 80
Colheita da cana 96
Capítulo 6-Microdestilaria 100 litros dia 104
Visão geral 104
Moagem 108
Filtro e decantador de caldo 113
Preparação do mosto 116
Fermentação do mosto 113
Pé de cuba 129
Destilação 142
Montagem da coluna de destilação 160
Operando a coluna de destilação 165
Capítulo 7- O uso de pré destiladores- aumento da produção 170
Capítulo 8- Transformando alambique em microdestilaria 178
Capítulo 9- Nanodestilarias 193

Conclusão 183
Avisos e considerações finais 208

Prefácio

Sim é totalmente possível e viável economicamente produzir seu próprio combustível de maneira artesanal e ao alcance de qualquer pessoa. Muitas pessoas acham que produzir etanol é somente para grandes destilarias com sua estrutura gigantesca e seus canaviais enormes. Porém você poderá produzir seu próprio combustível com um pequeno investimento e equipamentos totalmente artesanais e de fácil construção. E com uma área um pouco maior do que um campo de futebol você poderá produzir mais de 8000 litros de etanol por ano, e se você não tem cana ou mora na cidade, é totalmente possível produzir seu combustível a partir de matérias-primas baratas e acessíveis, como o açúcar de varredura, cachaça de baixa qualidade e até resíduos da fabricação da cachaça, que são jogados fora, poderão ser transformados em combustível limpo e ecologicamente correto. Este livro, como todas as publicações do Portal Saiba Fazer, concentra-se na aplicação prática e simples de tecnologias, indo diretamente ao ponto, e utilizando o mínimo de teorias para que você possa começar logo a produzir seu próprio combustível. Aqui você aprenderá tudo o que precisa, deste a plantação da cana, passando pela construção dos equipamentos até a destilação e armazenamento do etanol, além de trazer a produção do etanol a partir de outras matérias-primas além da cana, para que mesmo pessoas que morem na cidade ou em espaços reduzidos possam fabricar seu etanol. Este livro está divido em duas partes, sendo a primeira uma parte teórica aonde você aprenderá a teoria essencial para dominar todo o processo da fabricação do álcool combustível e uma segunda parte totalmente prática, aonde você aprenderá a construir e operar microdestilarias de 10 até 500 litros por dia. Nesta nova versão trazemos algumas novidades em relação às versões anteriores, podemos destacar, a produção de etanol a partir do milho e também da mandioca, além de novos projetos de destiladores. Considere este novo trabalho um aperfeiçoamento.

Agradeço por você ter acreditado em meu trabalho e ter comprado este livro e me coloco, antecipadamente, à sua disposição para qualquer dúvida ou esclarecimento que venha a

precisar. Abra sua mente e descubra que fabricar etanol é muito, muito mais fácil do que você imagina. Antes de prosseguir com a leitura, gostaria de deixar bem claro que não me responsabilizo pelo uso de quaisquer informações aqui descritas e caberá somente a você a responsabilidade pelo seu uso. Use as informações com sabedoria e tenha sempre em mente que você está trabalhando com um combustível altamente inflamável e todo o cuidado deve ser tomado para que não ocorra acidentes. A decisão de seguir ou não estas informações, são de sua inteira responsabilidade e somente sua. Não me responsabilizo, por qualquer prejuízo de ordem material, moral, ou qualquer que seja.

Helder Vitor Terra- Campos Gerais –MG, 11 de Fevereiro de 2019.

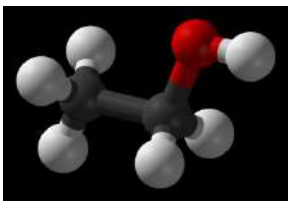
Parte 1

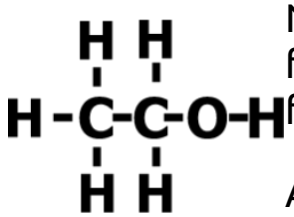
Teoria minimamente necessária

Capítulo 1:

Considerações gerais sobre o etanol

O **etanol** (CH3CH2OH), também chamado **álcool etílico** e, na linguagem popular, simplesmente **álcool**, é uma substância orgânica obtida da fermentação de açúcares, hidratação do etileno ou redução a acetaldeído, encontrado em bebidas como cerveja, vinho e aguardente, bem como na indústria de perfumaria. No Brasil, tal substância é também muito utilizada como combustível de motores de explosão, constituindo assim um mercado em ascensão para um combustível obtido de maneira renovável e o estabelecimento de uma indústria de química de base, sustentada na utilização de biomassa de origem agrícola e renovável. O etanol é o mais comum dos álcoois. Os álcoois são compostos que têm grupos hidroxilo ligados a átomos de carbono sp3. Podem ser vistos como derivados orgânicos da água em que um dos hidrogênios foi substituído por um grupo orgânico.





No Brasil os índios produziam o cauim, uma fermentação da mandioca cozida ou de sucos de frutas, mastigados e depois fervidos.

As técnicas de produção do álcool na antiguidade, apenas restritas à fermentação natural, ou espontânea de alguns produtos vegetais, como açúcares, começaram a se expandir a partir da descoberta da destilação – procedimento que se deve aos árabes. Mais tarde, já no século XIX, fenômenos como a industrialização expandem ainda mais este mercado, que alcança um protagonismo definitivo, ao mesmo ritmo em que se vai desenvolvendo a sociedade de consumo no século XX. O seu uso é vasto: em bebidas alcoólicas, na indústria farmacêutica, como solvente químico, como combustível ou ainda com antídoto.

O **álcool combustível** (Etanol) é um bio combustível produzido, geralmente, a partir da cana-de-açúcar, mandioca, milho ou beterraba.

Ele é utilizado desde o início da indústria automotiva, servindo de combustível para motores a explosão do tipo ciclo Otto. Porém, com a utilização de combustíveis fósseis, no começo do século XX, mais barato e abundante, o etanol tornou-se uma opção praticamente ignorada.

Durante a Segunda Guerra Mundial, em virtude da falta de combustíveis de origem fóssil proveniente do embargo por parte dos aliados, os nazistas construíram veículos e os famosos mísseis V2 tendo como combustível álcool feito a partir de batatas.



Temos uma tendência natural de achar que o uso do etanol como combustível para motores é recente, depois da década de 1980, mas na realidade, Henry Ford construiu seu famoso Ford modelo T 1908, movido a gasolina ou etanol, pois a gasolina naquela época era muito cara. A idéia era que fazendeiros americanos usassem álcool de milho para abastecer seus carros. Mas tarde com a maior oferta de gasolina e consequentemente seu menor

custo, esta idéia original deixa de ter sentido e ele passa a construir seus “Fords” apenas à gasolina.



Álcool combustível no Brasil

Ford 1925, o primeiro carro a álcool no Brasil

Agência AutoInforme - Um Ford empoeirado de quatro cilindros com faixas toscas amarradas na lateral, dirigido por um motorista de capuz, óculos de proteção e guarda-pó, é o carro mais antigo que se tem notícia a rodar com álcool no Brasil. Em agosto de 1925 o Ford percorreu 230 quilômetros em uma corrida no Circuito da Gávea, no Rio de Janeiro, na primeira prova automobilística realizada pelo Automóvel Clube do Brasil. O consumo foi de cinco quilômetros por litro. No mesmo ano, o carro fez os percursos Rio-São Paulo, Rio-Barra do Piraí e Rio-Petrópolis. O combustível era álcool etílico hidratado 70% (com 30% de água). "Era quase aguardente", diz o químico Abraão Iachan, assessor da diretoria do Instituto Nacional de Tecnologia (INT). A cachaça tem entre 38% e 54% de álcool na sua composição.

As primeiras experiências com esse carro ocorreram na Estação Experimental de Combustíveis e Minérios (EECM), organismo governamental de pesquisa que se transformou no INT, em 1933. A motivação da época não era muito diferente da de hoje. O então presidente Epitácio Pessoa (1919-1922) já reclamava em 1922 da "colossal importação de gasolina no Brasil", aludia ao "uso do álcool em seu lugar" e previa o "amparo que a solução prestaria à indústria canavieira". O governo seguinte, de Arthur Bernardes (1922-1926), encomendou à EECM um projeto de desenvolvimento de motores a álcool, que pudesse também servir de base para legislação sobre o assunto.

O diretor e um dos criadores da EECM, o engenheiro geógrafo e civil Ernesto Lopes da Fonseca Costa, era um entusiasta do projeto. A coordenação dos trabalhos foi do engenheiro Heraldo de Souza Mattos, dublê de pesquisador e piloto de testes do velho Ford, obtido por empréstimo. "Essas experiências tiveram por objetivo elucidar, entre outros, os seguintes pontos ainda mal conhecidos naquela época: causas prováveis das corrosões frequêntemente observadas nas diversas peças do motor alimentado com álcool; condições indispensáveis à perfeita carburação dos carburantes alcoólicos; consumo específico e fatores interferentes no rendimento térmico do motor", escreveu Fonseca Costa no prefácio do livro Álcool motor e motores a explosão, de Eduardo Sabino de Oliveira (Instituto do Açúcar e do Álcool, 1942).

A prioridade da EECM era como tornar viável a mistura do álcool com a gasolina importada e não substituir inteiramente um combustível pelo outro. Essa mistura passou a ocorrer obrigatoriamente na década de 1930, com várias leis municipais, estaduais e federais que estabeleciam a adição de 5% a 10% de álcool à gasolina. Nos anos 1920 o Brasil produzia 150 mil litros do combustível derivado da cana, fabricado em pequenas destilarias de aguardente. Nas décadas seguintes o país investiu na produção de álcool anidro (com pequena quantidade de água), mais adequado à mistura para motores a explosão.

O uso do álcool como combustível já estava na mira de diversas empresas e governos desde o início do século XX. É famosa a previsão de Henry Ford para o New York Times, em 1925: o álcool seria o "combustível do futuro". Na França havia pesquisas

alentadas sobre o poder carburante do álcool em motores a explosão. E outros países, como Inglaterra, Alemanha, Holanda e África do Sul, tiveram experiências semelhantes, todos antes do Brasil. Foi na segunda metade dos anos 1970 que o investimento científico e governamental no Programa Nacional do Álcool, o Proálcool, levou o país a tornar-se a principal referência mundial nesse combustível por meio de experiências duradouras e economicamente bem-sucedidas.

A partir da crise do petróleo, na década de 70 o Governo brasileiro numa atitude isolada internacionalmente, criou o programa "Pró-álcool" e o etanol novamente recebeu as atenções como biocombustível de extrema utilidade.

Enquanto o governo promovia estudos econômicos para a sua produção em grande escala, oferecendo tecnologia e até mesmo subsídios às usinas produtoras de açúcar e álcool, as indústrias automobilísticas instaladas no Brasil na época – Wolkswagem, Fiat, Ford e General Motors - adaptavam seus motores para receber o álcool combustível. Daí surgiriam duas versões no mercado: motor a álcool e a gasolina.

O primeiro carro a álcool lançado foi o Fiat 147 em 1978. Daí até 1986, o carro a álcool ganhou o gosto popular dos brasileiros, sendo que a quase totalidade dos veículos saídos das montadoras brasileiras naquele ano utilizava esse combustível.



A partir de então, o consumo de álcool apresentou queda gradual. Os motivos passam pela alta no preço internacional do açúcar, o que desestimulou a fabricação de álcool. Com o produto escasseando no mercado, o Governo brasileiro iniciou a importação de etanol dos Estados Unidos, em 1991, ao tempo que ia retirando, progressivamente, os subsídios à produção, promovendo a quase extinção do Pró-Álcool. A queda no uso desse biocombustível também se deveu, ao longo da década de 1990, a problemas técnicos nos motores a álcool, incapazes de um bom desempenho nos períodos frios, principalmente. Durante a década, com altas inesperadas no preço do petróleo, o álcool seria misturado a gasolina, numa taxa em torno de vinte por cento, como forma de amenizar o preço da gasolina ao consumidor.

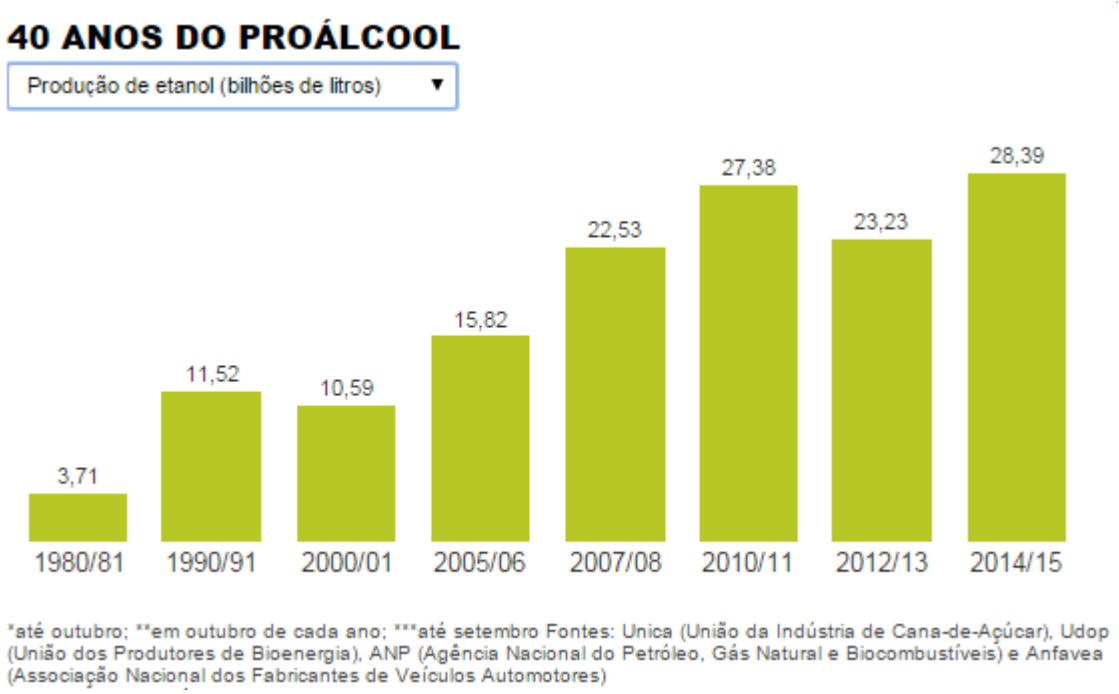
No início do século XXI, na certeza de escassez e de crescente elevação no preço dos combustíveis fósseis, priorizam-se novamente os investimentos na produção de etanol por um lado e, por outro, um amplo investimento na pesquisa e criação de novos bio-combustiveis. Diante de uma situação nacional antiga e inconstante, justamente causada pelas altas e baixas do petróleo, as grandes montadoras brasileiras aprofundaram-se em pesquisas e, dessa forma, lançaram uma tecnologia revolucionária: os carros dotados de motor bicombustível, fabricados tanto para o uso de gasolina quanto de álcool, os motores flex.

Pró-álcool

O **Pró-Álcool** ou **Programa Nacional do Álcool** foi um programa de substituição em larga escala dos combustíveis veiculares derivados de petróleo por álcool, financiado pelo governo do Brasil a partir de 1975 devido a crise do petróleo em 1973 e mais agravante depois da crise de 1979.

Em 14 de Novembro de 1975 o decreto n° 76.593 cria o Pró álcool, sendo o engenheiro Lamartine Navarro Júnior considerado "o pai do Pró álcool", acompanhado pelos empresários Cícero Junqueira Franco e Maurílio Biaggi, conforme

atesta o professor da Unicamp, José Tobias Menezes em seu livro "Etanol, o Combustível do Brasil". O programa de motores à álcool foi idealizado pelo físico *José Walter Bautista Vidal* e pelo engenheiro *Urbano Ernesto Stumpf* este último conhecido como o *pai do motor a álcool* entre outros.



Na época, o então governo militar, incentivou a grilagem de terras para o cultivo da cana e fez vista grossa em relação à violações de direitos trabalhistas. Quanto aos usineiros o governo forçou a produção de álcool, ao invés do açúcar, mediante o fornecimento de subsídios.

O programa substituiu por álcool etílico a gasolina, o que gerou 10 milhões de automóveis a gasolina a menos rodando no Brasil, diminuindo a dependência do país ao petróleo importado.

A decisão de produzir etanol a partir da cana-de-açúcar por via fermentativa foi por causa da baixa nos preços do açúcar na época. Foram testadas outras alternativas de fonte de matéria-prima, como por exemplo a mandioca.

A produção de álcool no Brasil no período de 1975-76 foi de 600 milhões de litros; no período de 1979-80 foi de 3,4 bilhões e de 1986-87 chegou ao auge, com 12,3 bilhões de litros.

Com a substituição do combustível, os automóveis precisaram passar por alterações. Como exemplo, os tubos tiveram seu material substituído; o calibre do percurso de combustível teve de ser aumentado; por causa do poder calorífico menor do álcool, foi necessário instalar injeção auxiliar a gasolina para partida a frio; o carburador teve de ser feito com material anticorrosivo, assim como a bomba de combustível, que passou a ser composta de cádmio.

A disponibilidade de álcool nesse período rendeu a pesquisadores a possibilidade de estudos da alcoolquímica, análoga da petroquímica baseada no petróleo, como, por exemplo, estudos sobre a viabilidade da produção de óxido de etileno e monômeros a partir do etanol, matérias-primas básicas para a produção de uma gama de compostos químicos usados no dia a dia.

O Programa começou a ruir à medida que o preço internacional do petróleo baixava, tornando o álcool combustível pouco vantajoso tanto para o consumidor quanto para o produtor. Para agravar o problema, o preço do açúcar começou a aumentar no mercado internacional na mesma época em que o preço do petróleo baixava, fazendo com que fosse muito mais vantajoso para os usineiros produzir açúcar no lugar do álcool.

E por causa disso, começou a faltar regularmente álcool combustível nos postos, deixando os donos dos carros movidos a combustível vegetal sem opções. Essas sucessivas crises de desabastecimento, aliadas ao maior consumo do carro a álcool e o menor preço da gasolina, levaram o pró-álcool a descrença geral por parte dos consumidores e das montadoras de automóveis, e desde então, a produção de álcool combustível e de carros movidos a esse combustível entraram em um declínio que parecia não ter fim, chegando ao ponto de a maioria das

montadoras não oferecerem mais modelos novos movidos a álcool.

Apesar do pioneirismo brasileiro no ramo do álcool combustível, a "volta" do carro a álcool só foi possível por causa de uma tecnologia desenvolvida nos Estados Unidos, tecnologia essa que conhecemos hoje por bi-combustíveis, ou somente "flex".

Essa tecnologia surgiu no final da década de 1980 por causa da crescente pressão do estado americano da Califórnia por carros menos poluentes, e junto com essa pressão, eram oferecidos vantajosos descontos em impostos para os carros que poluíssem menos o ambiente, foi quando as montadoras dos EUA apontaram para o etanol.

Mas como a demanda por veículos lá é muito maior que no Brasil, e a cadeia produtiva de álcool ainda não estava (e ainda não está) preparada para suprir tal demanda, as montadoras não poderiam simplesmente passar a vender modelos movidos a álcool, pois os consumidores não teriam como abastecê-los, foi então que em 1993 surgiram os primeiros carros bi-combustíveis, ou seja, aptos para rodar tanto com álcool quanto com gasolina, e com a mistura em qualquer proporção desses 2 combustíveis.



VW Gol 1.6 Total Flex modelo 2003, foi o primeiro veículo total flex fabricado no Brasil.

Porém, nesse meio tempo as montadoras conseguiram reduzir a emissão de poluentes de seus modelos movidos a gasolina, e pelo fato de mais uma vez o preço do petróleo estar baixo a

ponto de não valer a pena produzir álcool, esses modelos caíram no esquecimento.

A tecnologia flex fuel já estava em testes de adaptação no Brasil desde meados da década de 1990, porém por falta de regulamentação governamental, esses modelos não podiam ser vendidos ao público. Essa regulamentação só saiu no final de 2002, e logo no início de 2003 a VW apresentou ao mercado o primeiro carro flexível em combustível, o Gol Total-Flex, rapidamente seguida pela General Motors (GM), com o seu Chevrolet Corsa FlexPower. Desde então, salvo algumas exceções, todas as montadoras instaladas no Brasil produzem carros bí-combustíveis, e hoje anos após o lançamento do primeiro carro bi-combustível, os carros equipados com motores flex já correspondem a mais de 90% das vendas de automóveis 0 km, colocando novamente o Brasil na vanguarda do chamado combustível verde.

Vantagens do uso do álcool combustível

- Menor dependência de combustíveis fósseis importados, e da variação do preço dos mesmos.

- Menor emissão de poluentes, já que grande parte dos poluentes resultantes da queima do combustível no motor são re-absorvidos no ciclo de crescimento da cana de açúcar, e os resíduos das usinas são totalmente reaproveitados na lavoura e na indústria.

- Maior geração de empregos, sobretudo no campo, diminuindo a evasão rural e o "inchamento" das grandes cidades.

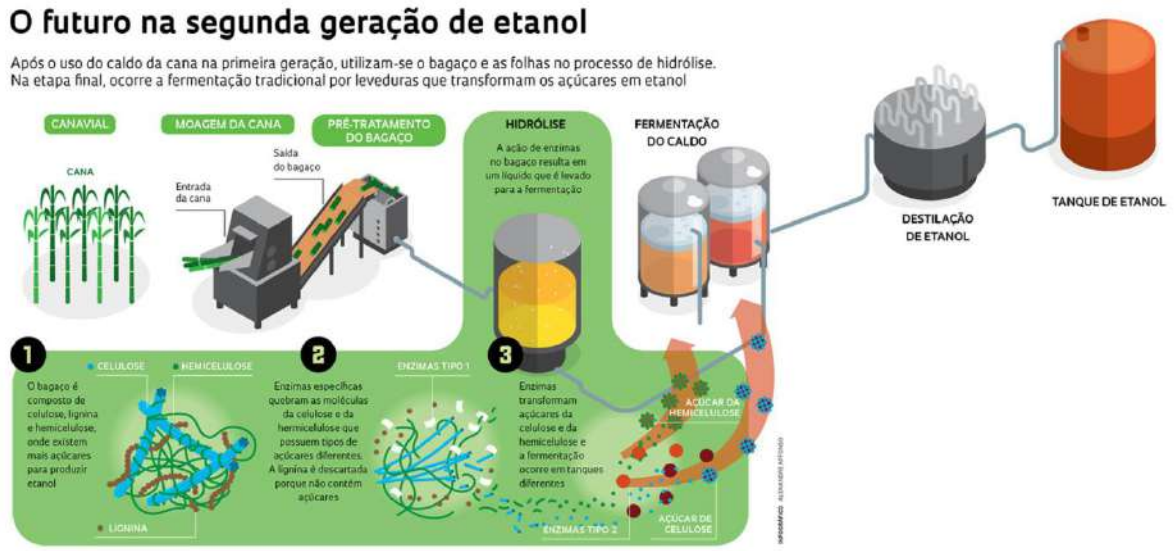
- Os subprodutos da cana são utilizados no próprio ciclo produtor de álcool, como fonte de energia elétrica obtida pela queima do bagaço, e como fertilizante da terra utilizada no plantio, através do chamado vinhoto, tornando uma usina de álcool auto-dependente.

- Fonte de geração de divisas internacionais, sobretudo em tempos de escassez de petróleo e consciência ecológica.

No Brasil, a obtenção do etanol (álcool combustível), ocorre principalmente pelo processo de fermentação da cana de açúcar. Outras fontes de açúcar podem ser utilizadas como matéria prima a serem fermentadas para a produção de etanol, como por exemplo, o milho, mandioca, batata, beterraba e frutas diversas. A beterraba é muito utilizada na produção de açúcar e etanol em países de clima frio como a Alemanha e os Estados Unidos, isto acontece devido ao fato, de que lá não se consegue cultivar a cana de açúcar, que só é cultivada em países de clima tropical. Vale ressaltar, que a beterraba cultivada lá, também conhecida por beterraba açucareira é totalmente diferente da nossa beterraba.



Na prática, poderemos utilizar até matérias-primas de descarte, como por exemplo, a cabeça e calda da cachaça, bebidas estragadas impróprias para o consumo humano, açúcar de varreção, etc. Também pode se utilizar de materiais compostos por celulose, como folhas, galhos e até o próprio bagaço da cana, mas esta tecnologia é muito cara ainda.



O maior consumo de álcool se dá em bebidas alcoólicas, seguido pelo consumo de álcool como combustível. Vale ressaltar, que o álcool etílico, ou etanol, é a mesma substância encontrada tanto no combustível, quanto nas bebidas alcoólicas, o que é diferente nas duas aplicações, é a concentração do etanol, que é muito maior no combustível. No Brasil, adotou-se a utilização de substâncias para tornar o álcool combustível com cheiro e sabor desagradáveis, para evitar que as pessoas pudessem beber o etanol combustível. Esta medida foi criada não somente com o intuito de preservar as pessoas, já que a ingestão de etanol em altas concentrações pode provocar coma alcoólico e pode levar até a morte, mas também para preservar os interesses econômicos do estado, já que o álcool combustível, recebe uma tributação menor em relação ao álcool utilizado em bebidas.

No processo de fermentação de açúcares para obter bebidas alcoólicas, não ocorre a produção de bebidas com alto teor alcoólico. Em bebidas de elevado teor alcoólico, é necessário um processo de destilação da solução e isso é o que ocorre na produção de cachaça, por exemplo. A cachaça ou também conhecida como aguardente é uma bebida feita a partir da fermentação do caldo da cana, ou garapa, nesta fase de mosto, a concentração alcoólica da cachaça é muito baixa, perto dos 10%, para que a mesma possa atingir seu grau de concentração alcoólica ideal, que é próximo a 40%, faz-se necessário a

utilização de um aparelho chamado **alambique**, aparelho este, que serve como um destilador fracionado, desenvolvido pelos alquimistas, na época medieval. No processo de destilação da cachaça, utilizando o alambique, ocorre a produção de várias frações da bebida, com diversificados teores alcoólicos.

No caso do álcool combustível ou do de uso doméstico, a destilação também ocorre, pois estes possuem alto teor alcoólico, geralmente acima de 85%.

Mais afinal o que significa aquela marcação encontrada nas bebidas alcoólicas e demais produtos provenientes do álcool etílico?



Significa que temos aqui, por exemplo, álcool etílico à 70°GL (graus Gay Lussac),ou seja temos álcool diluído em água a proporção de 70% de álcool e 30% de água. Devemos nos lembrar que o teor máximo de etanol encontrado no álcool comum é de 96% de etanol + 4% de água, em volume. Essa mistura álcool + água, não pode ser separada por destilação, pois é uma mistura azeotrópica, de ponto de fusão constante (78,15°C) e inferior ao álcool puro (78,3°C). O álcool anidro (sem água) que é adicionado a gasolina no Brasil, a razão de 22% de álcool por volume de gasolina, é produzido a partir de reações químicas do etanol comum (96%) com outras substâncias. E o etanol vendido no posto, é chamado de álcool hidratado, e deve ter uma concentração de etanol nunca inferior à 92,6°Gl. Já o etanol

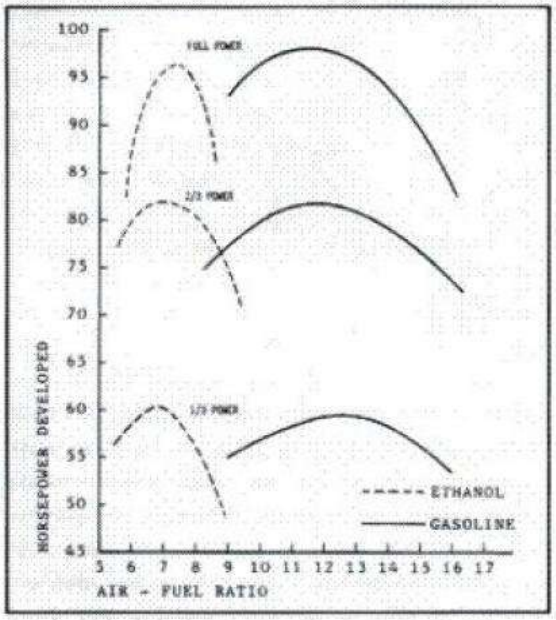
produzido em nossa microdestilaria, pode chegar a no máximo 94°Gl, mas devido ao fato do álcool artesanal, possuir em sua composição outros alcoóis, podemos utilizar o etanol de concentração igual ou superior a 85°GL.

Diferenças entre os combustíveis (álcool e gasolina)

Poder calorífico (capacidade de gerar energia)

O álcool, por conter oxigênio na molécula, tem um poder calorífico menor que o da gasolina, uma vez que o oxigênio (34,7% do peso molecular do etanol é oxigênio) aumenta o peso molecular, mas não produz energia. Isto explica a menor relação km/l de um motor a álcool em relação ao mesmo motor a gasolina. O álcool hidratado (95%) produz a energia de 20,05 MJ/litro, enquanto a nossa gasolina (22% de álcool) produz 27,57 MJ/l. Por aí já se vê que a 1 litro de gasolina produz 37,5% mais energia do que 1 litro de álcool: Daí, em um motor com o mesmo rendimento térmico, um motor a gasolina que faz 10 km/l, irá fazer 7,27 km/l de álcool.

Comparação entre cavalo de força gasolina X etanol



Proporção estequiométrica:

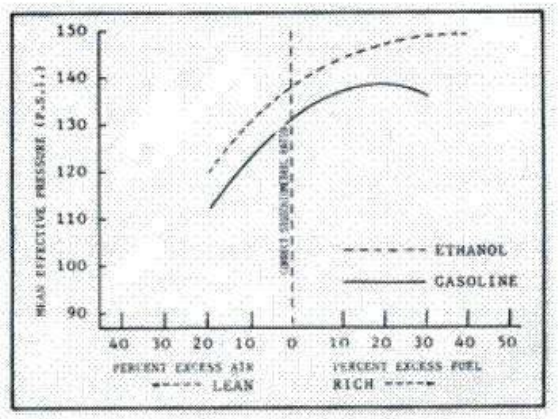
O álcool tem proporção estequiométrica de 8,4:1 (8,4 partes de ar para cada parte de álcool) em massa, enquanto a gasolina tem 13,5:1. Para a mesma massa de ar, é utilizado 60% a mais de massa de álcool. Em volume, é necessário mais 43% de álcool do que de gasolina. Por isto, os bicos para álcool têm que ter uma vazão em torno de 50% maior do que bicos para gasolina. Uma coisa interessante que decorre disto é a seguinte: Apesar de a gasolina fornecer mais 37,5% de energia, o fato de ser necessário 43% a mais de álcool para a mistura faz com que um motor ganhe em torno de 5% de torque e potência só de passar a queimar álcool.

Octanagem

O álcool tem um maior poder antidetonante do que a gasolina. Enquanto a gasolina comum tem 85 octanas, o álcool tem o equivalente a 110 octanas. Isto significa que ele consegue suportar maior compressão sem explodir espontaneamente. Isto faz com que um motor a álcool possa ter uma taxa de compressão maior do que um motor a gasolina. Enquanto as

taxas para gasolina variam entre 9 e 10,5:1, as taxas para álcool ficam entre 12 e 13,5:1. Como o rendimento térmico de um motor (rendimento térmico é quantos % da energia do combustível é transformada em movimento pelo motor) aumenta conforme aumenta sua taxa de compressão, os motores a álcool tendem a ter um rendimento térmico maior do que um motor a gasolina, compensando parte do menor poder calorífico. Assim, nosso motor não faria apenas 7,27 km/l, faria algo entre 7,5 e 8 km/l, devido ao melhor aproveitamento da energia do combustível. A velocidade da chama do álcool é menor, demandando maiores avanços de ignição.

Desempenho do motor de etanol contra gasolina



Calor de vaporização

O álcool tem um calor de vaporização de 0,744 MJ/l, enquanto a gasolina tem 0,325MJ/l. Isto quer dizer que o álcool necessita de mais do que o dobro de energia para se vaporizar. Esta vaporização acontece dentro do coletor de admissão, nos carros carburados e com injeção monoponto ou multiponto. A energia para vaporizar é conseguida através do calor do motor, que também aquece o coletor. Porém, ao se vaporizar, o combustível diminui a temperatura do coletor, pois está "roubando" energia. Não é difícil concluir que o álcool "rouba" mais que o dobro de energia, diminuindo muito mais a temperatura do coletor. Se a temperatura cair muito, o combustível não se vaporiza mais e caminha em estado líquido pelo coletor, causando uma súbita

falta de combustível na mistura, fazendo o motor falhar. Para evitar isto, faz-se passar água do radiador pelo coletor de admissão, para aquecê-lo. Este aquecimento é muito mais necessário em um motor a álcool, pela sua maior demanda de energia para vaporizar-se. Isto explica o porquê dos motores à álcool terem dificuldades para funcionar quando estão em condições de temperaturas frias. Necessitando de injeção de gasolina através de um injetor automático ou mesmo manual como nos antigos carros movidos a álcool da década de 80 e 90.

Ponto de fulgor

Uma explosão é uma reação em cadeia. Quando uma molécula de combustível reage com o oxigênio presente no ar, ela gera energia, que faz com que a molécula vizinha também reaja e por aí vai. O ponto de fulgor é a temperatura a partir da qual pode haver uma quantidade suficiente de combustível vaporizado a ponto de gerar uma reação em cadeia. Bem, o ponto de fulgor do álcool é 13°C. Isto significa que não é possível haver combustão do álcool abaixo desta temperatura. Isto explica por que é necessário usar gasolina para a partida a frio em motores a álcool em temperaturas baixas. O ponto de fulgor da gasolina pura é de aproximadamente -40°C. Estas duas propriedades acima decorrem do oxigênio presente na molécula do álcool, que a polariza. Isto faz com que a força de coesão entre as moléculas seja maior do que as da gasolina, que se mantém líquida pelo maior peso de suas moléculas, apolares em sua grande maioria. A menor atração molecular da gasolina é que faz com que esta tenha menor calor de vaporização e ponto de fulgor.

Estas características dos combustíveis nos levam a tirar algumas conclusões interessantes. O álcool combustível, possui um consumo da ordem de 30%, em Km/L em relação a gasolina, ou seja, o mesmo motor funcionando a álcool, gasta 30% a mais de combustível. Isto, inclusive, vem explicando nos manuais dos carros flex. Outra coisa, é que devido ao seu ponto de fulgor e calor de vaporização, o álcool não se vaporiza em temperaturas inferiores a 13°C, isto explica o porquê de utilizarmos gasolina em

um pequeno reservatório em carros movidos à álcool ou mesmo nos modelos flex.

VEJA QUANDO É VANTAJOSO USAR ÁLCOOL OU GASOLINA

Abasteça com álcool somente se o litro custar menos que:							
Preço do litro da gasolina em R$:	Álcool	Preço do litro da gasolina em R$:	Álcool	Preço do litro da gasolina em R$:	Álcool	Preço do litro da gasolina em R$:	Álcool
2,20	1,54	2,36	1,652	2,52	1,764	2,68	1,876
2,21	1,547	2,37	1,659	2,53	1,771	2,69	1,883
2,22	1,554	2,38	1,666	2,54	1,778	2,70	1,89
2,23	1,561	2,39	1,673	2,55	1,785	2,71	1,897
2,24	1,568	2,40	1,68	2,56	1,792	2,72	1,904
2,25	1,575	2,41	1,687	2,57	1,799	2,73	1,911
2,26	1,582	2,42	1,694	2,58	1,806	2,74	1,918
2,27	1,589	2,43	1,701	2,59	1,813	2,75	1,925
2,28	1,596	2,44	1,708	2,60	1,82	2,76	1,932
2,29	1,603	2,45	1,715	2,61	1,827	2,77	1,939
2,30	1,61	2,46	1,722	2,62	1,834	2,78	1,946
2,31	1,617	2,47	1,729	2,63	1,841	2,79	1,953
2,32	1,624	2,48	1,736	2,64	1,848	2,80	1,96
2,33	1,631	2,49	1,743	2,65	1,855		
2,34	1,638	2,50	1,75	2,66	1,862	Fonte: Cepea-USP e Folha Online	
2,35	1,645	2,51	1,757	2,67	1,869		

Evidentemente, que você não precisará fazer estes cálculos, já que o objetivo deste livro é levá-lo a total independência de combustíveis. E já vou logo adiantando, que o álcool produzido em nossa microdestilaria, tem um custo por volta de 50% menos que o valor da bomba de combustível. Este tem sido um parâmetro norteador muito eficiente em se tratando de estimativas de custos de produção.



Curiosidades sobre o etanol

1. O etanol é uma substância altamente energética. Meio litro de uísque, por exemplo, contém cerca de 1650 kilocalorias, quase metade da necessidade diária média de um homem adulto (3300 kilocalorias). Povos antigos, como os sumérios, utilizavam a cerveja como fonte cotidiana de alimentação, consumindo o produto em uma espécie de pão líquido.

2. Apesar de ser a melhor matéria-prima do etanol, a cana-de-açúcar produz muito menos etanol que o milho por peso. Uma tonelada da planta produz entre 85 e 90 litros de álcool, enquanto a tonelada do milho rende mais de 400 litros. A vantagem da cana deve-se ao custo e à facilidade em quebrar suas moléculas de açúcar. Em média, a fermentação do açúcar da cana leva de 10 a 12 horas, enquanto o milho demora de 38 a 45 horas. Outra vantagem é que um hectare de plantação de cana-de-açúcar produz em média 80 toneladas do produto, enquanto a mesma área de plantação de milho produz apenas de 15 a 20 toneladas.

3. O etanol é combustível veicular de mais de 40 países, que o utilizam principalmente misturando o líquido a gasolina. A maior proporção do combustível no exterior ocorre na Suécia, que usa 95% de etanol (E95) nos tanques de alguns ônibus do transporte público. O Brasil até hoje é o único

país que utiliza etanol hidratado puro (E100) como combustível.

4. Além dos automóveis, o etanol também pode ser combustível de motocicletas, caminhões, ônibus e até de avião. Desde 2007, as aeronaves Ipanema da Embraer, usadas na agricultura, possuem modelos que operam a álcool.

5. São Paulo e Curitiba utilizam etanol como combustível no sistema de transporte público nas cidades. Na capital paulista, cerca de 60 ônibus são movidos a etanol E95, enquanto na cidade paranaense são aproximadamente 20 veículos abastecidos com uma mistura de 8% de etanol com o diesel (MAD8).

6. O frio é um dos grandes "inimigos" da consolidação do etanol no mercado. Abaixo de 13 ºC (ponto de fulgor do etanol), o álcool perde sua capacidade de gerar combustão, ficando inutilizável como combustível. Entretanto, esse problema se torna cada vez menor com sistemas de partida a frio cada vez mais sofisticados. O meio mais comum de gerar partida a frio é injetando gasolina aditivada no motor.

7. Além do etanol e açúcar, a cana-de-açúcar produz vários tipos de produtos. Do gás carbônico, oriundo da fermentação, surge o gás utilizado na fabricação de refrigerantes. A vinhaça, resíduo pastoso derivado da destilação, vira adubo ou fertilizante. Já o bagaço da cana pode servir para alimentar animais e fabricar papel, além de gerar calor e energia elétrica.

8. O bagaço da cana-de-açúcar, subproduto da fabricação de etanol, é hoje uma grande fonte de energia elétrica alternativa. Em 2010, esse tipo de bioeletricidade compôs cerca de 5% do abastecimento elétrico do país, sendo a segunda maior fonte de energia renovável, atrás apenas das hidrelétricas. Atualmente, a energia do bagaço da cana já produz a média anual do que produziria belo Monte (cerca de 4500 MW), com projeções de que até 2021 o aproveitamento seja 3 vezes maior.

9. Em quase 35 anos de utilização como combustível puro, o etanol oscilou entre a quase exclusividade em relação a gasolina e à completa extinção. Surgindo em 1979, bastou apenas 4 anos para ele igualar a gasolina na preferência dos veículos novos. Em 1985, o etanol atingiu seu pico, com cerca de 90% dos carros novos sendo movido por ele. Porém, no fim da década, o preço do petróleo diminuiu, e a gasolina ultrapassou o álcool em 1990. Entre 1996 e 2002, foi praticamente 0% a quantidade de veículos novos movidos a etanol. O combustível só ressurgiu em 2003, com a chegada dos motores bicombustível. Desde 2005, a venda de automóveis total flex predomina, com cerca de 90% dos carros saídos de fábrica possuindo esse sistema.

10. Embora se diga que o Brasil é o único país que usa 100% etanol no combustível, tecnicamente a proporção é de até 96%. Isso ocorre porque o álcool combustível utilizado é o etanol hidratado, que possui cerca de 5% de água e o restante de álcool puro. Álcool 100% puro, na verdade, é muito raro, pois até mesmo o álcool anidro, misturado a gasolina, pode ser utilizado a partir de 99,6% de teor alcoólico.

11. O etanol reduz em mais de 70% a emissão de gás carbônico (CO2) se comparado a gasolina, contando o ciclo total do produto (da fabricação ao escapamento do motor). O grande fator disso é que o etanol é produzido por uma planta, que na fotossíntese absorve o gás carbônico da queima do produto que ela própria foi matéria-prima. Se comparar todos os gases do efeito estufa, como o metano e o óxido nitroso, a redução atinge quase 90%.

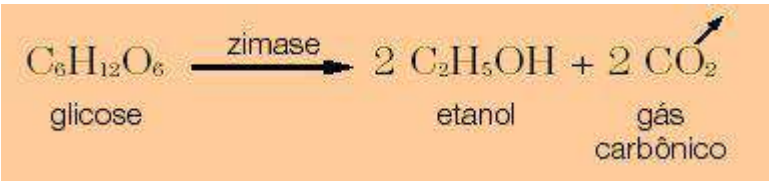
12. O Brasil e os Estados Unidos, juntos, produzem cerca de 90% de todo o etanol consumido no mundo. A estimativa é que a safra 2019/20 no país da América do Norte tenha gerado 58 bilhões de litros do produto, cerca de 60% a mais que a produção brasileira estimada em 22 bilhões no mesmo ano-safra. A produção mundial está estimada em mais de 85 bilhões de litros.

13. A cana-de-açúcar não é vendida por tonelada, mas pelo açúcar total recuperável (ATR) em cada tonelada de cana-de-açúcar. Isso significa que o preço do produto se baseia no que há efetivamente de açúcar na cana, rejeitando a quantidade de água, fibra e outros elementos. No estado de São Paulo, que produz cerca de 60% de todo o etanol brasileiro, a produção de etanol hidratado por tonelada de cana-de-açúcar é calculada pela fórmula EH = 0,59126 x ATR, enquanto a do etanol anidro segue EA = 0,56654 x ATR.

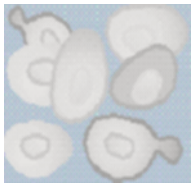
14. Mesmo o Brasil sendo o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, o produto ocupa apenas 1,5% das terras agricultáveis do país.

15. O Brasil utiliza o etanol combustível desde 1938, quando um decreto-lei obrigou a mistura do álcool a gasolina. O primeiro carro 100% a álcool surgiu em 1979.

Fermentação alcoólica



Uma mudança química em matéria animal e vegetal provocada por leveduras microscópicas, bactérias, ou mofos é chamada de fermentação. Exemplos de fermentação são: o azedamento de leite, o crescimento da massa de pão, e a conversão de açúcares e amidos em álcool. Muitas substâncias químicas industriais e vários antibióticos usados em medicamentos modernos são produzidos através de fermentação sob condições controladas.
O resultado da fermentação é que uma substância seja quebrada em compostos mais simples. Em alguns casos a fermentação é usada para modificar um material cuja modificação seria difícil ou muito cara se métodos químicos convencionais fossem escolhidos. A fermentação é sempre iniciada por enzimas formadas nas celas dos organismos vivos. Uma enzima é um catalisador natural que provoca uma mudança química sem ser afetado por isto.



A levedura comum é um fungo composto de minúsculas células similares às bactérias. Suas enzimas invertase e zimase quebram açúcar em álcool e gás carbônico. Elas crescem o pão e transformam suco de uva em vinho. Bactérias azedam o leite produzindo ácidos láctico e butúrico. Células do corpo humano produzem enzimas digestivas, como pepsina e renina que transformam comida em uma forma solúvel.

Os produtos de fermentação foram usados desde a antiguidade. Habitantes das cavernas descobriram que a carne envelhecida tem um sabor mais agradável que a carne fresca. Vinho, cerveja, e pão são tão velhos quanto a agricultura. Queijo, que envolve a fermentação de leite ou creme é outra comida muito antiga. O valor medicinal de produtos fermentados é conhecido de há muito tempo. Os chineses usavam coalho de feijão-soja mofado para curar infecções de pele há 3.000 anos atrás. Os índios da América Central tratavam feridas infetadas com fungos.

A verdadeira causa de fermentação, porém, não era compreendida até o século XIX. O cientista francês Louis Pasteur, enquanto estudando problemas dos cervejeiros e vinicultores da França, encontrou que um tipo de levedura produz vinho bom, mas um segundo tipo torna-o azedo. Esta descoberta conduziu à teoria da origem de doenças de Pasteur.

A química das fermentações é uma ciência nova que ainda está em suas fases mais iniciais. É a base de processos industriais que convertem matérias-primas como grãos, açúcares, e subprodutos industriais em muitos produtos sintéticos diferentes. Cepas cuidadosamente selecionadas de mofos, leveduras e bactérias, e são usadas.

A Penicilina é um antibiótico que destrói muitas bactérias causadoras de doenças. É derivado de um mofo que cresce em uma mistura fermentativa de substâncias cuidadosamente selecionadas para este propósito. A Penicilina industrial e muitos outros antibióticos se tornaram uma área muito importante da indústria farmacêutica.

O Ácido cítrico é uma das muitas substâncias químicas produzidas por microorganismos. É usado em limpadores de metal e como um preservativo e agente de sabor em alimentos. O Ácido cítrico é responsável pelo sabor azedo de frutas cítricas. Poderia ser obtido delas, mas necessitaria muitos milhares de frutos para produzir a quantia de ácido cítrico atualmente feita pela fermentação de melado com o mofo Aspergillus niger.

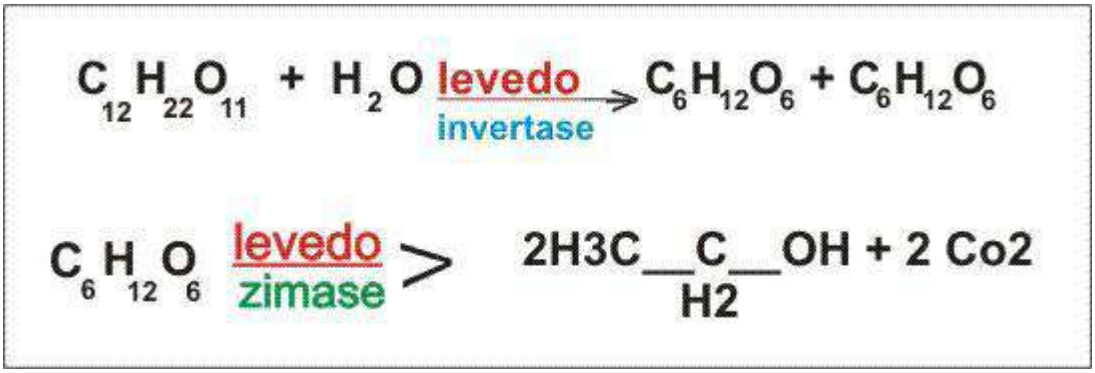
Um produto de fermentação a Terramicina, é adicionado a rações animais para acelerar o crescimento dos animais e os proteger de doenças. Certas vitaminas são feitas através de fermentação de mofos; e as próprias enzimas, extraídas de vários microorganismos, têm muitos usos na fabricação de alimentos e medicamentos.



Foto de uma fermentação de mosto obtido a partir do caldo de cana.

No processo de fermentação são utilizadas como matérias primas muitas substâncias, dentre as quais substâncias açucaradas (melaço de cana, suco de frutas, e beterraba), substâncias amiláceas (milho, arroz, trigo e batata) e substâncias celulósicas (madeira e papel). Com relação as substâncias açucaradas, a fermentação conduz a formação de etanol a partir da sacarose. Assim partindo da garapa proveniente da cana-de-açúcar, inocula-se o microorganismo ***Saccharomyces cerevesae***. Este na presença de sacarose elabora uma enzima (invertase), que catalisa a hidrólise da sacarose, produzindo glicose e frutose. Em seguida o microorganismo elabora outra enzima (zimase), que catalisa a transformação da glicose e da frutose em álcool etílico. Essa reação é bastante exotérmica e libera gás carbônico o que

dá ao sistema um aspecto de fervura, daí o nome ***fermentação*** (do latim: "***fermentare***") atribuído por Paster.



Como dito anteriormente a cana-de-açúcar é a material prima mais utilizada no Brasil para a produção do etanol, porém outras podem ser utilizadas como a beterraba, o milho, a mandioca e qualquer coisa que possa ser fermentada. Em tese qualquer substância que possa fornecer amido, como mandioca, celulose, etc, é capaz de fornecer álcool combustível, mas na prática, tem-se que ver a viabilidade econômica para a produção do mesmo. A grande dificuldade é realizar a conversão do amido contido na matéria prima em açúcar para que possa ser fermentado. De longe, a cana-de-açúcar, é a matéria prima que tem o melhor rendimento na produção de etanol. Sem contar a facilidade no seu plantio e a fermentação direta, já que todo o açúcar contido na cana é fermentável, não necessitando de onerosos processos de conversão do amido, como acontece no milho, na beterraba e em outras matérias primas.

O milho e a mandioca precisam passar por um processo de cozimento com temperaturas controladas, acidulados ou adicionados enzimas para que ocorra a quebra das moléculas de amido em glicose e só assim ocorrerá a fermentação e consequentemente a produção do etanol. Devemos sempre, levar em consideração o custo do processo e neste quesito, a cana-de-açúcar ganha com folga das outras matérias-primas.

Eu considero o domínio do processo de fermentação, a etapa mais complexa na produção de etanol. A não ser que você utilize descarte da produção de cachaça, ou mesmo a cachaça de má

qualidade para a produção de etanol, você obrigatoriamente terá que dominar com maestria esta importante etapa da produção.

Matérias primas:

Sorgo Sacarino



O alto preço atingido pelo etanol durante a **entressafra da cana** não é o único motivo de dor de cabeça para as usinas do setor nesse período. Outra preocupação é o prejuízo ocasionado pela imobilização de maquinário e mão de obra durante os meses em que não se produz a matéria-prima do biocombustível. Uma alternativa para a resolução dessas duas questões foi recentemente apresentada na Usina Cerradinho: o **sorgo sacarino**, uma variedade da planta utilizada na alimentação animal que tem capacidade de gerar açúcar fermentável para a produção de álcool e biomassa para energia elétrica.

A Cerradinho, de Catanduva (SP), cultivou 1,2 mil hectares com a novidade e produziu 1,4 milhão de litros de etanol no final de março. O negócio faz parte do projeto desenvolvido pela Monsanto/CanaVialis, que desde 2004 trabalha em pesquisas sobre o híbrido de sorgo sacarino. No momento, a empresa está testando suas sementes em mais 11 usinas, que juntas mantêm 3,1 mil hectares de plantio.

É importante salientar que de maneira nenhuma o sorgo sacarino veio para substituir a cana, que é, de longe, a melhor espécie para produção de etanol. O objetivo é garantir que as usinas tenham

um ganho de 30 a 60 dias na produção do biocombustível. Isso acontece porque o sorgo tem um ciclo de 120 dias, podendo ser plantando entre novembro e outubro, início da entressafra de cana-de-açúcar, e colhido entre fevereiro e março. Especialistas indicam seu plantio em áreas de reforma da cana, justamente porque a capacidade de produção de etanol a partir do sorgo sacarino é inferior.

A Embrapa Milho e Sorgo de Minas Gerais trabalha com variedades do grão desde a década de 1980. Atualmente, mantém no mercado duas cultivares do sorgo sacarino, cujos testes em laboratório mostraram que é possível chegar a aproximadamente 4 mil litros de etanol por hectare. O desafio agora é em relação às sementes, já que não existem máquinas capazes de colher em uma planta com três metros de altura, fazendo com que seja necessária a colheita manual. A entidade retomou o programa de melhoramento genético do sorgo sacarino e 25 variedades estão sendo avaliadas em todas as regiões brasileiras. A expectativa é que num prazo de dois ou três anos novos materiais estejam disponíveis no mercado.



Alternativas de matérias-primas para a produção de etanol artesanal



Ao longo dos anos, recebo diariamente e-mails e telefonemas de pessoas, me questionando sobre a possibilidade de produção de etanol em escala ainda menor e se seria possível produzir este etanol em zonas urbanas e sem utilizarmos a cana como matéria-prima. Produções entre 10 e 50 litros por dia, o que chamo de nanodestilaria, que é um conceito que será detalhado em capítulo próprio, é sim possível e relativamente fácil. Entre as matérias-primas existentes 3 se destacam pela facilidade, seriam: a cachaça de má qualidade ou bebidas alcóolicas estragadas ou impróprias ao consumo humano, o descarte da produção de cachaça (a calda e a cabeça) e o açúcar de varredura.



A cachaça de má qualidade, que pode ser comprada em grandes quantidades e a um custo muito baixo, contém em média de 40 a 55% de etanol, sendo necessário apenas destilá-la em nossa coluna de destilação para obtenção do etanol. Mil litros de cachaça a 50°GL produziram perto de 550 litros de etanol. Esta é de longe a matéria-prima mais fácil e eficiente para a produção de etanol. Sua grande vantagem, além de eliminar todas as fases anteriores do processo, como a moagem, preparação do caldo e fermentação,

ainda possibilita que colunas de destilação simples, produzam 5 vezes mais etanol no mesmo período de funcionamento, ou seja, uma coluna de destilação que produza 100 litros/dias, passará a produzir 500 litros/dia por utilizar a cachaça e não o caldo fermentado, que tem em média apenas 10°GL. Este conceito é tão interessante, que sugerimos que você produza o pré destilado em um capítulo próprio. Este pré destilado é simplesmente uma cachaça de má qualidade com 50°GL.



A cabeça e calda na produção de cachaça são descartados por trazem má qualidade à cachaça. Uma cachaça de qualidade boa, despreza, durante a sua destilação, da cabeça, que é a primeira porção, a parte que sai primeiro da destilação e a calda, a última porção do processo de destilação. Este resíduo da produção de cachaça possui em média de 40% de etanol em sua composição, ou seja, em 500 litros destes rejeitos, teremos aproximadamente, 220 litros de etanol. Vale ressaltar, que os produtores de cachaça jogam fora este resíduo e você poderá até mesmo ganhá-lo gratuitamente do produtor, ou montar uma parceria com algum destes produtores. O funcionamento da coluna de destilação, quando estiver sendo abastecido por este resíduo é praticamente igual ao de quando utilizamos cachaça de má qualidade, ou seja, 4 a 5 vezes mais produção no mesmo período de tempo.



Açúcar de varreção nada mais é que um açúcar impróprio ao consumo humano, ou seja, por algum motivo ele foi sujo ou contaminado sendo impróprio para o mercado. Este açúcar, geralmente, é vendido a fábricas de ração. Em 1000 litros de água, dissolvemos 120 kg de açúcar de varreção, o que dará uma calda com 14º Brix, que ideal para a fermentação. Inoculamos o fermento e dentro de 30 horas, teremos um mosto fermentado e ao ser destilado, produzirá

perto de 90 litros de etanol. Poderemos fazer o etanol até com açúcar cristal de mercado, mas os custos do açúcar são muito altos e inviabilizam a produção, porém o açúcar de varreção é vendido a uma fração do preço do açúcar comercial.

1000 litros de água + 120 KG de açucar = 90 litros de etanol

Apesar de ser um pouco mais trabalhoso, ainda é muito prático e fácil o uso do açúcar de varreção ou açúcar de varredura, como é chamado, para a produção do etanol por ainda eliminar uma das fases do processo que seria o da moagem da cana.

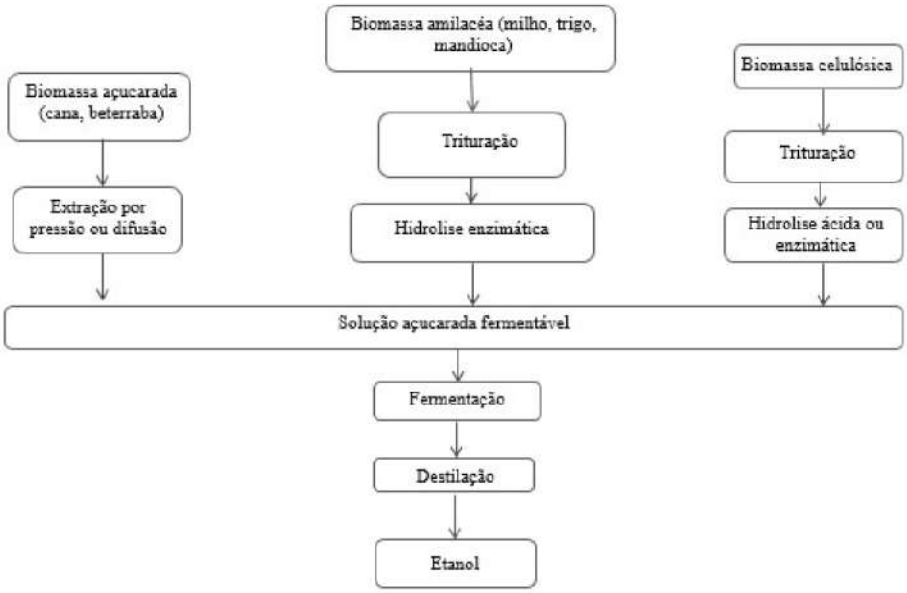
Capítulo 2:

Etanol de Milho.



Tenho recebido, durante os últimos anos, diversas pessoas perguntando sobre a produção do etanol através do milho, da batata doce, da mandioca e de outras fontes de matéria prima. Em tese, tudo o que é fermentável, produz etanol, há, todavia, de se ver a viabilidade econômica desta matéria prima. O milho, assim como a batata, mandioca, por serem constituídos de amido não são fermentáveis diretamente, exigindo algum processo que quebre as grandes moléculas do amido em moléculas menores, tornando assim em uma substância fermentável e em condições de formar o etanol. Por exigirem este processo extra, estas matérias primas, geram o chamado etanol de segunda geração, E2G e o etanol feito a partir da cana (sacarose) chamado de etanol de primeira geração E1G. O etanol de segunda geração, mesmo sendo mais caro o processo e mais complexo, tem seu lugar, porque pode ser produzido no período da entre safra da cana de açúcar, onde os equipamentos estariam parados e também em regiões onde o clima não permite o cultivo da cana. Vale lembrar, que todo o processo e os equipamentos utilizados são os mesmos tanto para a cana, quanto para outra fonte de matéria prima, a coisa que muda é simplesmente o processo fermentação.

Fluxograma das etapas de produção dos diferentes tipos de etanol



Este livro, como todas as publicações de minha autoria, são de cunho prático, e transmito minha experiência e vivências pessoais, sendo assim nunca produzi comercialmente etanol a partir de outras fontes de matéria prima que não seja as citadas neste livro: cana e seus derivados (rapadura, melaço), açúcar de varredura, cabeça e calda de cachaça e bebidas alcoólicas de baixa qualidade, mas o milho por ser assunto recorrente e de interesse de muita gente, mereceu um capítulo especial nesta versão definitiva do nosso guia de produção de etanol artesanal. Neste capítulo, discutirei os conceitos por trás da produção do etanol a partir desta matéria prima e também alguns processos para que você possa tentar produzir seu etanol com ele. Volto a salientar que, minha experiência prática neste caso é limitada e estará o leitor pisando em um solo ainda inexplorado para mim, onde você terá que se aventurar sozinho.

Viabilidade Econômica:

Há uma enorme demanda por etanol, por isso, a produção de etanol de segunda geração E2G se faz útil e viável economicamente na maioria dos casos. Os melhores resultados são obtidos em regiões onde a produção milho é abundante, nestes lugares, a produção é maior por hectare e o preço mais

competitivo. Um exemplo é o estado do Mato Grosso, no Brasil onde se consegue uma produção muito maior do que a média nacional e o preço está entre os mais competitivos do país.

Rendimento

Para cada hectare de milho plantado é possível produzir cerca de 8 a 11 toneladas de grãos, sendo que de cana são produzidas 90 toneladas, pois esta ocupa menos espaço no terreno.

Para essa quantidade de milho, são produzidos de 3,2 a 4,5 mil litros de etanol, enquanto que a cana produz, cerca de, 7,5 mil litros. Uma tonelada de milho produz, cerca de, 410 litros de etanol.

Vantagens:

1º Produção em áreas onde seria impossível o cultivo da cana de açúcar.
2º O milho pode ser armazenado por até 3 anos, o que seria interessante para ser usado em destilarias no período da entre safra, onde os equipamentos ficam parados. Vale ressaltar, que uma destilaria convencional de etanol de primeira geração, trabalha em média 4 meses no ano apenas, o milho poderia aumentar em muito o período de funcionamento desta destilaria.
3º O milho pode ser armazenado na própria destilaria, diminuindo em muito as despesas de transporte.

4º O milho além de produzir etanol, gera subprodutos, como ração, óleo, ácidos, etc.

Desvantagens.

1º Pelo menos 2 processos a mais do que a cana durante a fermentação, a gelatinização do milho e o cozimento.
2º O uso de enzimas nem sempre baratas e fáceis de se encontrar, como a alpha e beta anmilaze.
3º Preparação de pé de cuba a cada ciclo, não sendo possível a reutilização do fermento, como no caso da cana de açucar, pois o

fermento faz uma reação irreversível durante o processo, se tornando parte dele.
4º Fermentação demorada, cerca de 48 h, contra 24, 12 h da cana de açúcar.
5º Necessidade de espaço para armazenamento, coisa que não ocorre com a cana.

Processo de produção do álcool de milho



A produção do álcool de milho envolve um processo desenvolvido principalmente segundo as seguintes etapas:
• Recepção e estocagem de grãos;
• “Mashing”, esterilização, liquefação e sacarificação;
• Sacarificação e fermentação simultânea (SSF);
• Fermentação;
• Destilação;
• Produção do etanol;
• Separação da vinhaça, evaporação e secagem do sub produto.

Preparação dos mostos de material amiláceo:

Para o preparo do mosto, é necessário sacarificar os amiláceos (grãos) e feculentos (raízes e tubérculos), porque os agentes de fermentação alcoólica não possuem enzimas amilolíticas. A sacarificação é o processo de transformação do amido em açúcares fermentescíveis. Realiza-se por via química, biológica ou ação de enzimas, mas as destilarias comumente usam a via biológica

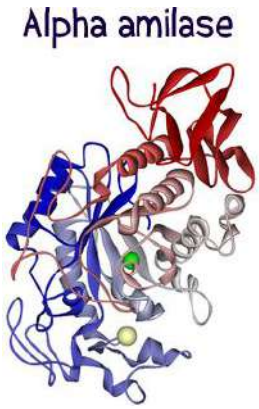
As enzimas amilolíticas utilizadas nesse processo são compostos de natureza protéica, que atuam como catalisadores biológicos em todas as reações metabólicas energicamente possíveis e aceleram essas reações por ativação específica.

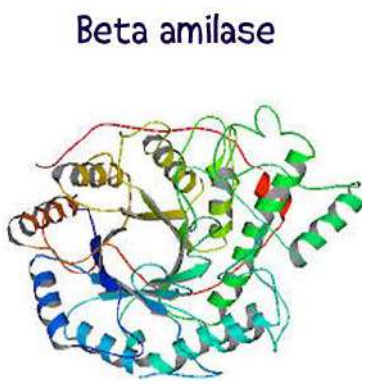
As principais enzimas amilolíticas utilizadas no processo são:

a) Alfa amilase (endoamilase): ataca as moléculas de amilose e amilopectina produzindo dextrinas;

b) Beta amilase (exoamilase): hidrolisa as dextrinasproduzidas pela enzima alfa amilase, formando maltose em grande quantidade;

c) Glucoamilase ou amilo 1, 6 glicosidase: enzima liquidificante e sacarificante, que hidrolisa completamente o amido em glicose a partir de uma extremidade não redutora. É a única capaz de hidrolisar ao mesmo tempo ligações alfa 1,4 e alfa 1,6.





Sacarificação

Para que se possa fazer reagir as enzimas sobre o material amiláceo, é necessário que este se encontre sob forma de goma, ou como se costuma dizer, geleificado. Para isso, os grãos passam por uma série de operações que se inicia com a pesagem e prossegue com a moagem, hidratação e cozimento. Do armazenamento, encaminha-se a matéria-prima para moinhos, onde este é fragmentada em pedaços de 3-4 mm, evitando-se um maior fracionamento para não dificultar a operação posterior de cozimento. A seguir, faz se a hidratação com água acidulada pH entre 4,5- 5,0 e temperatura de 55 a 65°C até a absorção de 40 a 50%, o que se consegue no período de 13 a 15 h. Passa-se o material hidratado para os cozedores, onde se procede ao máximo de desagregação do produto, na forma coloidal de goma. Para facilitar a solubilização das matérias protéicas e o cozimento do amido ou da fécula, opera-se sob pressão de 3 atm, aproximadamente, e em presença de solução de ácido clorídrico em pH 5,5 com adição de 200 a 300 litros de água por 100 kg de grãos hidratados. O tempo de cozimento, assim como a pressão e a temperatura, varia de acordo com a natureza do amido, podendo-se estabelecer 3 h como paramento indicativo. Após a obtenção da goma procede-se a sacarificação, colocando-a em contato com o malte. Pela ação das enzimas amilolíticas dos grãos germinados produz se maltose, dissacarídeos diretamente fermentáveis e dextrinas não fermentáveis. A relação maltose-dextrinas varia por influência da concentração de amido no produto que se deseja sacarificar, pela concentração de enzimas sacarificantes e pela duração da ação enzimática. A reação do meio favorável situa-se em pH entre 5,5 a 5,7 e a temperatura mais conveniente para a obtenção de mais percentagem de maltose situa-se entre 40 e 60°C. Após o cozimento resfria-se a massa, adicionam-se de 7 a 15% de leite de maltose e mantêm-se o conjunto sob agitação e temperatura constantes por 1 h, aproximadamente. Eleva-se a temperatura lentamente para 65°C, resfria-se para 28 a 30°C, efetua-se a correção do mosto e envia-se às dornas para fermentar. A sacarificação pode ser descontínua ou contínua. A sacarificação do tipo descontínua é

feita em um tanque de ferro ou aço inoxidável, com serpentina interna para o resfriamento, registros para tomada de amostras, agitador mecânico e um exaustor de vapor. Neste processo ocorre a adição de α-amilases e amiloglicosidase à massa em agitação, mantendo as condições ótimas de pH e temperatura para atuação das enzimas. Durante essa operação, o amido é liquefeito rapidamente e cerca de 70 a 80 % são convertidos em açúcares fermentescíveis. Na sacarificação contínua, a massa de amido atravessa uma tubulação durante certo período de tempo, à temperatura de 63 °C para proporcionar a conversão, ou adota-se um resfriador a vácuo, onde a massa permanece por um período de retenção suficiente para ocorrer a conversão. O período curto de tempo permite obter boa liquefação, hidrolisando o amido em 70 % de maltose e 30 % de dextrinas.

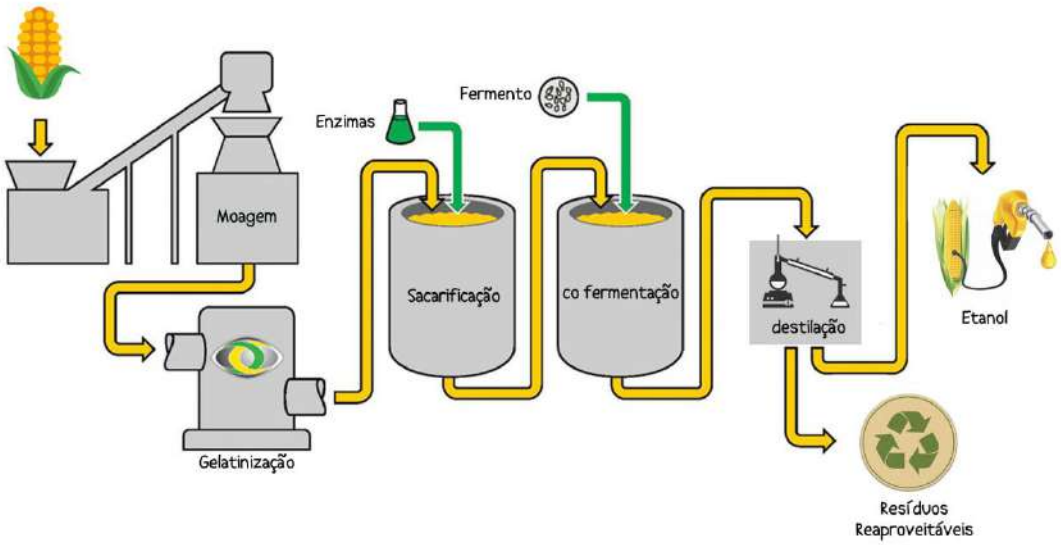
Gelatinização

O aquecimento de suspensões de amido em excesso de água (maior que 60%) causa uma transição irreversível denominada gelatinização. A etapa de gelatinização necessária para intumescer os grânulos de amido e torná-los suscetíveis, pois geralmente as alfas e beta amilase não agem com eficiência nos grânulos crus e são resistentes às enzimas. O inchamento dos grânulos em água fria e a concomitante solubilização da amilose e amilopectina induzem a gradual perda da integridade granular com a geração de uma pasta viscosa .Observações microscópicas revelam que a desorganização pelo tratamento térmico de grânulos de amido envolve diversos estágios durante o aquecimento e que cada grânulo apresenta cinética própria. Em condições de umidade intermediária há quantidade insuficiente de água livre e ocorre apenas uma desorganização parcial na população de grânulos, assim como das áreas cristalinas dentro dos grânulos que ocorre na temperatura de gelatinização, em média 67 ° C. Sob baixas temperaturas de aquecimento, próximas à temperatura de início, a gelatinização ocorre primeiramente nas regiões amorfas do grânulo. Sob aquecimento continuado à mesma temperatura, eventualmente todas as regiões amorfas são desestabilizadas e as regiões cristalinas começam a gelatinizar. A extensão desse processo, entretanto, depende da

temperatura. Com a elevação da temperatura de aquecimento, a extensão de regiões cristalinas que são gelatinizadas também aumenta. Quando a temperatura é suficientemente elevada, ambas as regiões, amorfas e cristalinas, são gelatinizadas.
Na tabela abaixo, temos as temperaturas de gelatinização de amidos de diferentes fontes.

Vegetal	Temp. Inicial	Temp. Inter-mediaria	Temp. Final
Milho	62,0	66,0	70,0
Trigo	59,5	62,5	64,0
Batata	58,0	62,0	66,0
Mandioca	52,0	59,0	64,0

O grau de hidratação está relacionado com o poder de inchamento do grânulo de amido, influenciado pela associação molecular e pela composição química. É maior em féculas que nos amidos de cereais e muito baixa nos amidos com elevados teores de amilose.



Fermentação:

Ocorrerá de forma semelhante a da cana-de açúcar, porém, muitos autores recomendam a não reutilização do fermento. O uso de aditivos, controle do ph, temperatura são fundamentais para que possamos ter rendimento satisfatório.

Capítulo 3:
A cana-de-açúcar



A cana**-de-açúcar** é uma planta que pertence ao gênero *Saccharum* L.. Existem, pelo menos, seis espécies do gênero, sendo a cana-de-açúcar cultivada um híbrido multiespecífico, recebendo a designação *Saccharum* spp. As espécies de cana-de-açúcar são provenientes do Sudeste Asiático. A planta é a principal matéria-prima para a fabricação do açúcar e álcool (etanol).

É uma planta da família Poaceae, representada pelo milho, sorgo, arroz e muitas outras gramas. As principais características dessa família são a forma da inflorescência (espiga), o crescimento do caule em colmos, e as folhas com lâminas de sílica em suas bordas e bainha aberta.

É uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo tropical, gerando centenas de milhares de empregos diretos. É fonte de renda e desenvolvimento, embora nitidamente concentradora de renda. Na região de Ribeirão Preto, a principal zona produtora do

Brasil, 98.228 pessoas tinham renda inferior a R$ 100 mensais até 2007.

A principal característica da indústria canavieira é a expansão por meio do latifúndio, resultado da alta concentração de terras nas mãos de poucos proprietários, normalmente conseguida através da incorporação de pequenas propriedades, gerando por sua vez êxodo rural.

Geralmente, as plantações ocupam vastas áreas contíguas, isolando e/ou suprimindo as poucas reservas de matas restantes, estando muitas vezes ligadas ao desmatamento de nascentes ou sobre áreas de mananciais. Os problemas com as queimadas, praticadas anteriormente ao corte para a retirada das folhas secas, são uma constante nas reclamações de problemas respiratórios nas cidades circundadas por essa monocultura. Ademais, o retorno social da agroindústria como um todo, é mais pernicioso que benéfico para a maioria da população.

O setor sucroalcooleiro brasileiro despertou o interesse de diversos países, principalmente pelo baixo custo de produção de açúcar e álcool. Este último tem sido cada vez mais importado por nações de primeiro mundo, que visam reduzir a emissão de poluentes na atmosfera e a dependência de combustíveis fósseis. Todavia, o baixo custo é conseguido, por vezes, pelo emprego de mão-de-obra assalariada de baixíssima remuneração e em alguns casos há até seu uso com características de *escravidão por dívida*.

No Brasil, a agroindústria da cana-de-açúcar tem adotado políticas de preservação ambiental que são exemplos mundiais na agricultura, embora nessas políticas não estejam contemplados os problemas decorrentes da expansão acelerada sobre vastas regiões e o prejuízo decorrente da substituição da agricultura variada de pequenas propriedades pela monocultura. Já existem diversas usinas brasileiras que comercializam crédito de carbono, dada a eficiência ambiental.

As queimadas também têm diminuído devido ao aumento de denúncias e endurecimento da fiscalização, embora muitas

dessas denúncias terminem sem uma penalização formal. Em cidades como Ribeirão Preto, Araraquara, Barretos, Franca, Jaboticabal e Ituverava, as multas e advertências a usinas e produtores que queimam seus canaviais cresceram 27% em 2009 em relação a 2008, segundo levantamento da Cetesb.

Para renovação do cultivo, algumas indústrias canavieiras fazem, a cada quatro ou cinco anos, plantios de leguminosas (soja) que recuperam o solo pela fixação de nitrogênio. Quanto aos problemas advindos da queima controlada na época do corte, existe já um movimento em direção à mecanização da colheita que aumenta de ano para ano, além de rigorosos protocolos que determinaram o fim da queima no ano de 2014.

Processamento da cana

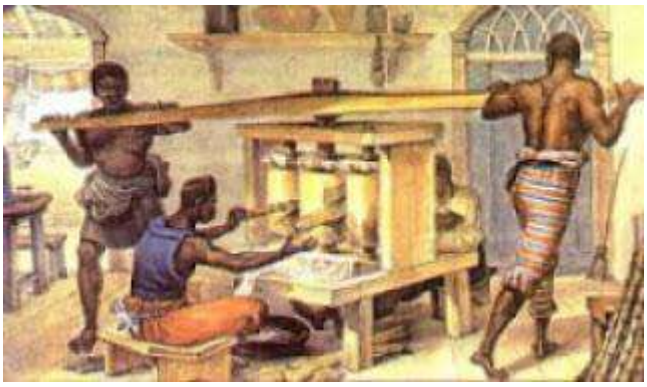


A cana colhida é processada com a retirada do colmo (caule), que é esmagado, liberando o caldo que é concentrado por fervura, resultando no mel, a partir do qual o açúcar é cristalizado, tendo como subproduto o melaço ou mel final. O colmo é às vezes consumido in natura (mastigado), ou então usado para fazer caldo de cana e rapadura. O caldo também pode ser utilizado na produção de etanol, através de processo fermentativo, além de bebidas como cachaça ou rum e outras bebidas alcoólicas, enquanto as fibras, principais componentes do bagaço, podem ser usadas como matéria prima para produção de energia

elétrica, através de queima e produção de vapor em caldeiras que tocam turbinas, e etanol, através de hidrólise enzimática ou por outros processos que transformam a celulose em açucares fermentáveis.

Praticamente todos os resíduos da agroindústria canavieira são reaproveitados. A torta de filtro, formada pelo lodo advindo da clarificação do caldo e do bagacilho, é muito rica em fósforo e é utilizada como adubo para a lavoura de cana-de-açúcar. A vinhaça, que é o subproduto da produção de álcool, contém elevados teores de potássio, água e outros nutrientes, sendo utilizada para irrigar e fertilizar o campo.

Economia e história



Foi a base da economia do nordeste brasileiro, na época dos engenhos. A principal força de trabalho empregada foi a da mão-de-obra escravizada, primeiramente indígena e em seguida majoritariamente de origem africana. Os regimes de trabalho eram muito forçados em que esses trabalhadores, na ocasião da colheita, chegavam a trabalhar até 18 horas diárias, sendo utilizada até o final do século XIX. Com a mudança da economia brasileira para a monocultura do café, esses trabalhadores foram deslocados gradativamente dos engenhos para as grandes fazendas cafeeiras. Com o tempo, a economia dos engenhos entrou em decadência, sendo praticamente substituído pelas usinas. O termo engenho hoje em dia é usado para as

propriedades que plantam cana-de-açúcar e a vendem, para ser processada nas usinas e transformada em produtos derivados.

O Brasil é hoje o principal produtor de cana-de-açúcar do mundo. Seus produtos são largamente utilizados na produção de açúcar, álcool combustível e mais recentemente, biodiesel.

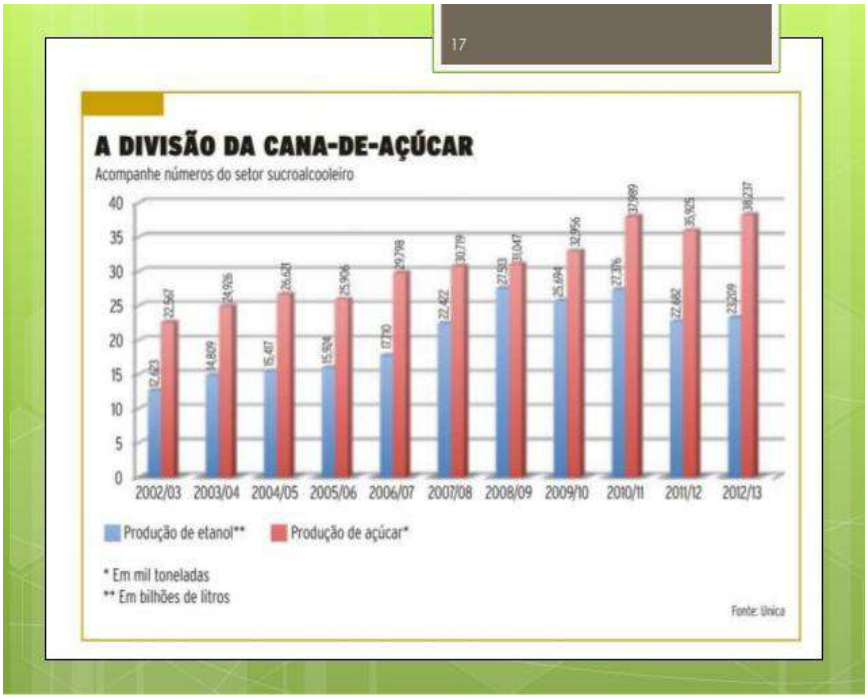
A cana-de-açúcar foi a base econômica de Cuba, quando tinha toda a sua produção com venda garantida para a União Soviética, a preços artificialmente altos. Com o colapso do regime socialista soviético, a produção de cana cubana tornou-se inviável.

A cana-de-açúcar também é o principal produto de exportação em países do Caribe como a Jamaica, Barbados, etc. Com a suspensão de preferências européias à cana caribenha em 2008, espera-se um colapso semelhante na indústria canavieira caribenha.

Vários países da África austral, principalmente a África do Sul, Moçambique e a ilha Maurício, são igualmente importantes produtores de açúcar.

Uma tonelada de cana-de-açúcar produz 90 litros de etanol sendo que um hectare de terra produz 90 toneladas de cana-de-açúcar, (existem variedades, que chegam a produzir perto de 120 toneladas por hectare), no total são produzidos 8000 litros de etanol por hectare em média.

Abaixo, os dados de produção por região, de 2002 a 2013, em mil de toneladas de açúcar e em bilhões de litros de etanol:



O produtor deve escolher a variedade que melhor se adapte ao solo, período de safra e clima de sua região, levando em conta as características de produtividade, riqueza de açúcar e facilidade de fermentação. Você pode procurar ajuda da Emater ou de algum técnico ou engenheiro agrônomo local para que ele possa determinar a melhor variedade para o seu caso.
A cana-de-açúcar adapta-se a uma ampla faixa de clima, desde latitudes 35°N a 30°S sendo normalmente plantada em altitude até 1000 metros do nível do mar**.** A precipitação volumétrica anual mínima exigida é de 1.200mm, com chuvas bem distribuídas. O solo deve ser leve sem excesso de umidade rico em matéria orgânica e minerais. Solos pesados, argilosos e mal drenados são limitantes para o cultivo da cana-de-açúcar. Caso sua propriedade não atenda ás necessidades citadas a cima, não se preocupe basta procurar junto a um engenheiro agrônomo que ele te informará sobre as correções de solos adequadas.

Principais espécies

.Saccharum officinarum:

Compreende as chamadas canas nobres ou tropicais caracterizadas por seus altos teores de açúcar, porte elevado,

colmos grossos e baixos teores de fibras. Essa espécie foi cultivada no Brasil até 1952, quando uma epidemia da doença mosaico trouxe grande prejuízo aos canaviais. Pertencem a essa espécie as variedades: preta, rosa, riscada, roxa, cristalina, creoula, manteiga, caiana, sem-pêlo e outras. São muito exigentes em clima e solos, além de sensíveis a doenças.



.Saccharum spontaneum:
Apresenta colmos curtos, finos, fibrosos, praticamente sem açúcar, com sistema radicular bem desenvolvido, perfilhamento vigoroso e abundante. São muito rústicas, vegetando praticamente em qualquer tipo de solo e clima e é resistente à doença mosaico.

.Saccharum sinensis:
Essa espécie inclui variedades da China e do Japão e caracteriza-se por alto porte, colmos finos e fibrosos, teor médio de açúcar, raízes abundantes e fortes.

.Saccharum barberi:
Apresenta porte baixo ou médio, colmos finos, fibrosos e pobres em açúcar, sendo também suscetível ao mosaico.

.Saccharum robustom:
Apresenta colmos muito altos (de até 10 metros), relativamente grossos, muito fibrosos e pobres em açúcar, sendo também suscetível ao mosaico.

.Saccharum edule:
Abrange algumas espécies da Nova Guine e das Ilhas vizinhas. Caracterizada por apresentarem inflorescências empregadas na alimentação humana.



VARIEDADES:

As variedades recomendadas resultam de cruzamentos entre as espécies. A escolha deve levar em consideração as características da variedade, o meio que vai ser implantado o canavial e o período de fabricação do álcool. O período de maturação é importante fator a ser considerado. As variedades devem apresentar maturação entre Junho a Novembro, ocasionando maior rendimento de álcool. Período este, geralmente, usado para a fabricação do Etanol. Classificadas em precoces, médias e tardias, de acordo com o período útil de processamento, ou seja, a época em que apresentam teores de açúcar mais elevados, as variedades atingem maturação entre maio e junho, de julho a agosto e setembro a novembro, respectivamente. As precoces são apropriadas para o início da safra. Entretanto, dependendo de sua produtividade podem ser vantajosas para todo o período. O teor máximo de açúcar é alcançado de agosto a setembro, época em que começa a declinar. A colheita corresponde a 180 dias. Já as variedades médias, atingem brix (unidade de medida de percentual de açúcar) mínimo para corte entre final de julho e início de agosto, e o máximo, em setembro. Apresentam um período de colheita de 120 dias. As denominadas tardias atingem o brix mínimo para processamento entre final de agosto e início de setembro. O período de colheita é curto, em torno de 90 dias, e coincide com o final da safra. O produtor pode através de aconselhamento de um bom engenheiro agrônomo, desenvolver uma plantação combinando os diversos tipos de cana (precoce, normal e tardia), o que é muito benéfico, pois assim, podemos

estender o período de produção do etanol de 4 a 5 meses, para até 8 a 9 meses ao ano.
Atualmente as variedades mais utilizadas para produção de etanol são:

RB765418 –Precoce rica em açúcar, não floresce e apresenta interior excelente (sem isoporizar). O período de safra é longo, e a cultura exige solos de fertilidade média a alta, produzindo melhor naquelas de textura leve. A variedade é resistente às doenças: ferrugem, escaldadura e carvão e tolerante a pragas. Sua despalha natural é media e apresenta um pouco de joçal no centro da bainha. O porte é semi-decumbente apresentando, muitas vezes, tombamento por ocasião da colheita.

RB739359 –Variedade precoce com início de colheita recomendado a partir de junho. Muito rica em açúcar, normalmente não floresce e apresenta excelente interior. Adapta-se a solos de baixa e média fertilidade, e o período de safra é de médio para longo. A produção agrícola é alta, porte ereto, com despalha natural media e presença de joçal. É sensível ao carvão, porém resistente a ferrugem e escaldadura e tolerante a pragas.

RB739735 –De maturação média/tardia, com teor de açúcar alto. Não floresce e apresenta excelente interior. A produtividade é boa em diferentes tipos de solo, melhorando ainda mais naqueles de textura leve e que apresentam boa retenção de umidade. Produção agrícola alta. É tolerante às pragas e à escaldadura, resistente ao carvão e ferrugem. O porte é ereto e tem uma despalha natural, facilitando a colheita. Não apresenta joçal.

RB72454-Variedade de maturação média a tardia, que normalmente não apresenta florescimento. O índice de chochamento é baixo, sendo encontrado somente em canas florescidas. Rica em açúcar, adapta-se a diferentes tipos de solos, produzindo melhor naqueles de textura leve. A produção agrícola é alta. É moderadamente resistente ao carvão, escaldadura e ferrugem e tolerantes a pragas. O porte dos colmos é semi-ereto, com despalha e colheita difíceis. Apresenta joçal.

SP71-1406-Variedade de maturação média a tardia, não apresenta florescimento. A proporção de açúcar é de média para alta, com bom interior e sem chochamento. A melhor época para corte é a partir do mês de agosto até o final de safra. É recomendada para solos de fertilidade média e textura leve. Tem crescimento vigoroso e apresenta boa produtividade cana planta e soca. Mostra parte semi-ereto e despalha natural, o que favorece o corte, não apresentando joçal. É tolerante as doenças, carvão e mosaico.

Teor de Sacarose.

A cana-de-açúcar contém em sua composição, sacarose, que é na verdade a matéria prima para a fabricação do etanol. Tanto que a cana é comercializada de acordo com seu percentual de sacarose. Para que possamos saber qual a quantidade de sacarose que a cana-de-açúcar contém, ou seja, seu grau de doçura usamos de uma unidade de medida chamada ***grau brix***.

O que é grau Brix?

Brix (símbolo°Bx) é uma escala numérica que mede a quantidade de sólidos solúveis (entenda-se basicamente como açúcar ou sacarose) em uma fruta, em cana-de-açúcar, em suco de frutas, em tomate, cereja, etc. Falando de uma forma mais simples ainda, o grau Brix pode ser considerado o grau de doçura de uma fruta ou um líquido. Utiliza-se esse índice para aferir a qualidade em grande número de frutas, tomate, cana-de-açúcar. Quanto mais alto o grau Brix, maior a doçura e a qualidade. Só para se ter uma noção de importância do Brix, na indústria do açúcar paga-se mais pela cana que possuir Brix mais elevado. No caso particular de uvas, considera-se o mínimo de 14°Bx para uvas de mesa.

No caso das Uvas Especiais APPC o Brix mínimo são as seguintes:
- Uva Beni Izu = 16°Bx
- Uva Fuji Midori = 16°Bx
- Uva Pilar Moscato = 18°Bx

Já a cana-de-açúcar deve ter entre 18°Bx ou mais para que possa ser colhida.

Esses valores são aferidos através de um aparelho denominado refratômetro.

Refratômetro



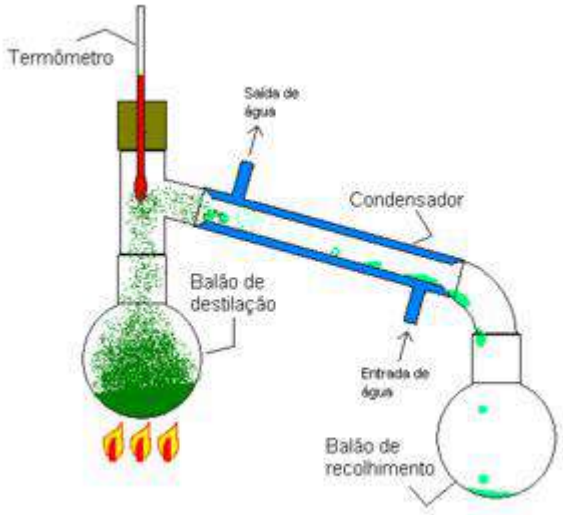
É importante salientar, que o refratômetro, serve para medirmos o índice de sacarose diretamente da planta, e é muito útil na colheita da mesma, mas para o uso no processo de fermentação de nossa microdestilaria, usaremos um outro medidor mais simples e específico, o densímetro sacarímetro de brix, ou simplesmente sacarímetro de brix, facilmente encontrado no mercado livre ou pela internet:



Sacarímetro de Brix

Na próxima etapa do livro, você aprenderá detalhadamente a calcular seu canavial bem como plantar, cuidar e colher sua cana, dentro das suas necessidades e também todos os tratos culturais e como combater doenças da cana-de-açúcar.

Capítulo 4
Destilação



A **destilação** é o processo de separação baseado no fenômeno de equilíbrio líquido-vapor de misturas. Em termos práticos, quando temos duas ou mais substâncias formando uma mistura líquida, a destilação pode ser um método para separá-las.
Um exemplo de destilação que remonta à antiguidade é a destilação de bebidas alcoólicas. A bebida é feita pela condensação dos vapores de álcool que escapam mediante o aquecimento de um mosto fermentado. Como o ponto de ebulição do álcool é menor que o da água presente no mosto, o álcool evapora, dando-se assim a separação da água e o álcool.

O petróleo é um exemplo moderno de mistura que deve passar por várias etapas de destilação antes de resultar em produtos realmente úteis ao homem: exemplo gasolina, óleo diesel, querosene, asfalto e outros.

O uso da destilação como método de separação disseminou-se pela indústria química moderna. Pode-se encontrá-la em quase todos os processos químicos industriais em fase líquida em que seja necessária uma purificação.

Em teoria, não se pode purificar substâncias até 100% de pureza através da destilação. Para conseguir uma pureza bastante alta, é

necessário fazer uma separação química do destilado posteriormente.

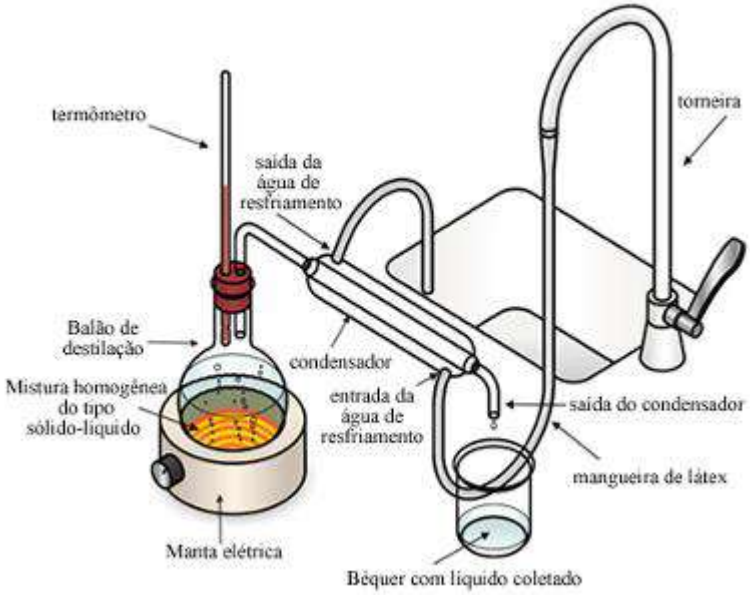
A destilação tem suas limitações. Não se pode separar misturas azeotrópicas (substâncias de mesmo ponto de fusão) por destilação comum.

Destilação é o processo de vaporizar o líquido para depois condensá-lo e recolhê-lo em um outro recipiente.



Um alambique não passa de um destilador simples.

Destilação simples é um processo que permite a separação de um líquido de uma substância não volátil (tal como um sólido por exemplo) é usada para separar misturas homogêneas do tipo sólido-líquido, como uma mistura de água e sal. A aparelhagem utilizada comumente em laboratórios para a realização da destilação simples é a mostrada a seguir:



A mistura é colocada dentro do balão de destilação e aquecida por meio de uma tela de amianto e um bico de Bunsen ou por meio de uma manta elétrica se a mistura for inflamável. Quando o líquido começa a entrar em ebulição, o seu vapor sobe e vai para o condensador.



O condensador é uma vidraria de laboratório que possui um tubo interno que se mantém resfriado pela circulação de água ao seu redor. Ele possui duas partes abertas onde são conectadas duas mangueiras de látex. A água entra na parte de baixo e sai pela parte de cima.
Assim, quando o vapor entra no tubo interno do condensador, ele resfria e volta para o estado líquido, sendo coletado no final do condensador com um béquer ou erlenemeyer. A parte sólida fica separada no balão de destilação.

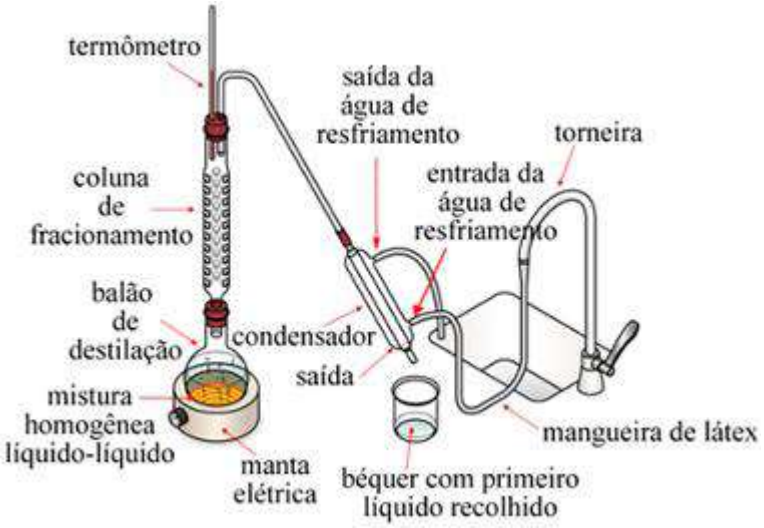
Na destilação do mosto já fermentado ao qual chamamos de vinho, para a obtenção de álcool combustível, não poderemos usar destilação simples, já que a diferença de temperatura de fusão entre os líquidos (água e álcool) é muito pequena (100°C/78,3°C respectivamente). Na fabricação de cachaça usa-se um destilador simples, comumente chamado de alambique, mas

neste caso o resultado da destilação é um produto com no máximo 50% de álcool em sua composição, o que o torna impróprio para seu uso como combustível. Teríamos que fazer diversas redestilações do produto a fim de aumentarmos a concentração do álcool, o que além de muito trabalhoso é extremamente perigoso. O que usaremos é uma coluna de destilação capaz de realizar uma destilação fracionada.

Destilação fracionada

É usada para separar misturas de dois ou mais líquidos miscíveis entre si em que as temperaturas de ponto de ebulição, dos líquidos, sejam menor do que 80°C e que não são **azeotrópicas**, isto é, misturas de composição bem definida que possuem um ponto de ebulição constante como se fossem substâncias puras. Um exemplo de mistura assim é a formada por aproximadamente 96% de etanol e 4% de água. Se essa mistura fosse colocada para destilar, tanto o álcool quanto a água passariam para o estado de vapor em 78,1°C sem que houvesse separação.

A aparelhagem usada na destilação fracionada em laboratório é a mostrada a seguir:

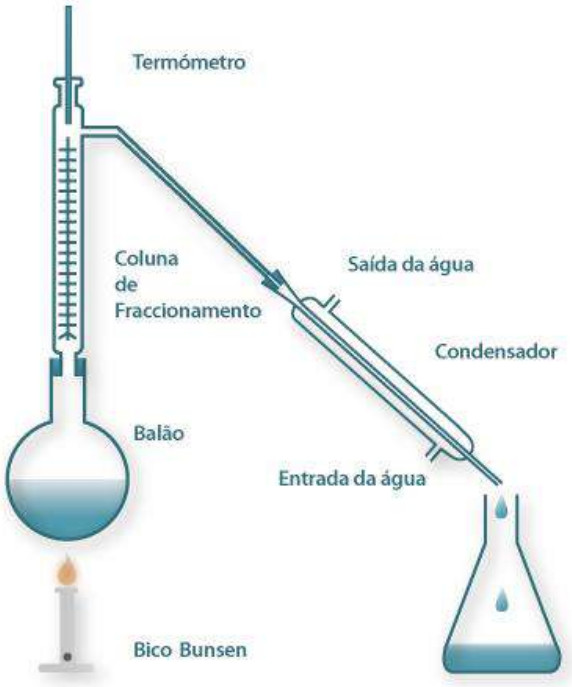


Veja que a principal diferença é que, antes do condensador, é usada uma coluna de fracionamento que possui bolinhas de porcelana. Ela serve para dificultar a passagem do vapor até o condensador. Isso porque os líquidos geralmente possuem as temperaturas de ebulição muito próximas umas das outras. Por exemplo, ao nível no mar, o etanol possui ponto de ebulição igual a 78,37°C e o da água é 100 °C.

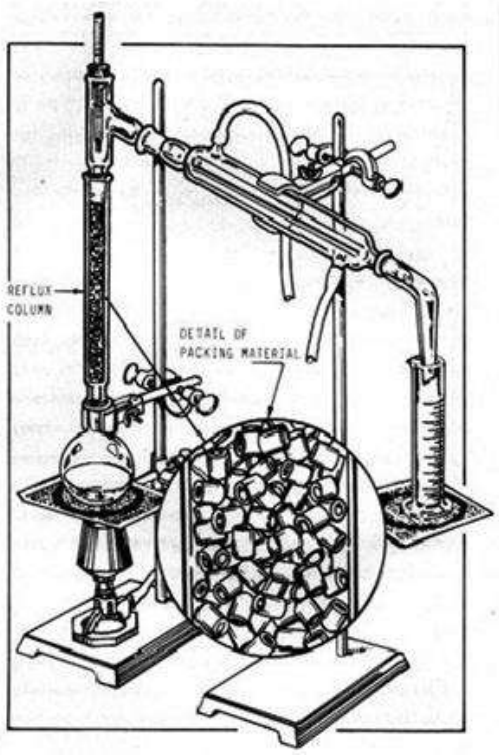
Quando a mistura é aquecida, o líquido que possui menor ponto de ebulição evapora primeiro, passa por essa coluna e chega até o condensador, onde retorna ao estado líquido e é coletado. Assim, quando o outro líquido começa a passar para o estado de vapor, a coluna de fracionamento dificulta que ele prossiga para o condensador.

Por exemplo, se fosse uma mistura de etanol e água com proporções diferentes da mencionada acima que formam a mistura azeotrópica, o etanol entraria em ebulição primeiro. Mas logo em seguida a água também entraria em ebulição, de modo que a coluna de fracionamento dificultaria a passagem da água e permitiria que ela não se misturasse novamente com o vapor do etanol. O grande diferencial do aparelho de destilação fracionada é a presença de uma coluna de fracionamento. O objetivo desta coluna é criar várias regiões de equilíbrio líquido-vapor, enriquecendo a fração do componente com menor temperatura de ebulição, que no nosso caso é o etanol.

A destilação fracionada é usada em processos industriais importantes, como na produção de bebidas alcoólicas destiladas, no refino do petróleo para a obtenção de seus derivados, na obtenção da cafeína e na obtenção dos principais componentes do ar. Observe que todo o “segredo” por trás da destilação do etanol está em construir um equipamento que ofereça resistência a passagem da água, através de uma coluna de retificação, nome industrial ao aparelho de destilação fracionada.

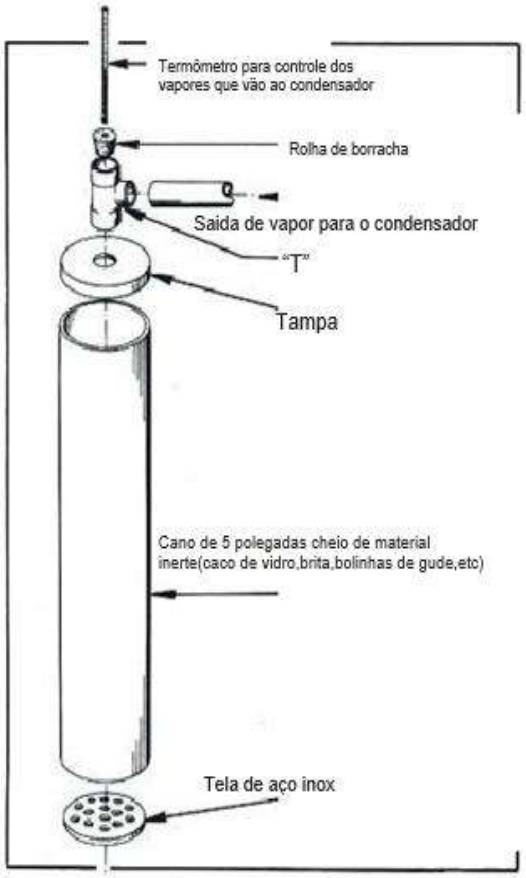


Lembre-se que o álcool anidro (sem água) não pode ser obtido por destilação fracionada, por se tratar de uma mistura azeotrópica, neste caso, produz-se o álcool anidro a partir de reações de desidratação do álcool hidratado.



A coluna de fracionamento também é chamada de coluna de refluxo. Podemos usar soluções bem simples para a obtenção deste refluxo e consequentemente uma maior concentração do álcool do destilado.

Se adicionarmos uma simples peça sobre o alambique, no lugar do chamado “capelo”, já teríamos uma concentração muito maior do álcool produzido.
Veja que o que fará o fracionamento nesta coluna rudimentar são materiais inertes, como caco de vidro, bolinhas de



gude, ou britas. Estes materiais inertes, dificultaram a passagem dos vapores de água e consequentemente, teremos uma maior concentração alcoólica do destilado. Utilizaremos de estruturas deste tipo para a construção de pré destiladores e usaremos trocadores de calor ajustáveis, para maior precisão, na construção de nossas colunas de retificação, ou destiladores.

Parte 2
Aplicações práticas

Capítulo 5
O canavial



Os cálculos aqui apresentados foram realizados para uma produção média de 100 litros/dia, com jornada de 8 horas e período de safra de aproximadamente 200 dias. Considerou-se um rendimento médio de 100 toneladas de cana por hectare (ha=10.000 metros quadrados.) a média de rendimento é de 80 litros por tonelada.

Produção esperada	=100 X 200 =20000 litros/ano
Matéria-prima nescessária	=20000/80 =250 toneladas
Área anual de corte	=250/100 = 2,5 hectares
Área de renovação (20%da área de corte	)= 0,5 ha
Área total(área de corte +área de renovação)	= 3 hectares

O cálculo acima nos mostra que para se produzir 20 mil litros de etanol anualmente precisa-se de uma área de apenas 3 hectares de cana.

Implantação do canavial:

Uma vez dimensionada a área para ser plantada e escolhidas as variedades e locais de plantio, inicia-se a implantação do canavial. Além dos aspectos já mencionados, a escolha da área de plantio

deve considerar ainda a facilidade de acesso para a colheita e transporte da cana para a fábrica. Para as recomendações de corretivos de solo e fertilizantes, o primeiro passo é a realização da análise do solo. A partir do resultado e identificadas as deficiências, recomenda-se as quantidades de calcário e adubo a serem empregados no solo. De posse da análise, o produtor deve buscar orientação técnica para conhecer as necessidades de calagem e adubação do terreno. Recomenda-se aplicar calcário com, no mínimo, 30 dias de antecedência ao plantio. Além do calcário e fertilizantes químicos, a matéria orgânica no solo é fator importante na produção agrícola valorizando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Preparo do solo para plantio:

Em áreas mecanizáveis, recomendam-se as práticas de aração e gradagem do terreno. A aração é feita até 30 ou 40 cm de profundidade, com arados tipo aiveca ou de disco. Metade do calcário deve ser aplicada antes da aração, e a outra metade, antes da gradagem, possibilitando melhor incorporação ao solo. Em áreas declinosas, não mecanizáveis, recomenda-se o plantio direto, ou cultivo mínimo, sem aração e gradagem. Os sucos de plantio são abertos, sem nenhum preparo anterior. Essa prática diminui as possibilidades de erosão do terreno. Nesse tipo de plantio, o calcário deve ser aplicado no sulco, de modo a não entrar em contato direto com o adubo.

Plantio:

O plantio adotado normalmente na região centro-sul é o chamado “cana de ano e meio”. O período de fevereiro a março é o mais recomendado. Havendo necessidade, pode-se adotar o plantio da cana de ano (setembro-outubro). Neste caso, são indicadas as variedades precoces. Os sulcos deverão ser abertos em curvas de nível, numa profundidade de 20 a 25 cm e espaçamento de 0,90 a 1,40 m, dependendo da textura, estrutura, declividade e fertilidade do terreno. Em solos menos férteis, mais inclinados ou quando se utilizam variedades com menos capacidade de perfilhamento, deve-se optar por

espaçamentos menores. Já em solos de melhor fertilidade e planos, recomenda-se um espaçamento maior. Em áreas declinosas, utilizando-se o cultivo mínimo, a sulcação deve ser feita com sulcador ou arado de aiveca, tração animal. Torna-se necessário a limpeza e o reafundamento do sulco. No descarregamento das mudas para plantio, deve-se ter o cuidado de dividir os montes estrategicamente, objetivando maior agilidade na distribuição das mudas na área a ser plantada. As mudas são dispostas inteiras no fundo do sulco, ultrapassando–se pé e ponta. Em seguida, faz-se com o podão o seu corte em toletes de duas ou três gemas. A densidade de plantio é de 15 a 18 gemas por metro de sulco, levando-se em consideração a variedade a ser utilizada.



Detalhe da gema da cana ou “nó”

O consumo médio de mudas de cana é de 10 a 14 toneladas por hectare. A cobertura dos toletes deve ser realizada com uma camada de terra de 8 a 12 cm, dependendo da maior ou menor temperatura e umidade do solo. No plantio deve se utilizar mudas sadias, oriundas de viveiros livres de mistura de variedades, com idade de 10 a 12 meses (cana plana).

Produção de Mudas

Após, em média, quatro ou cinco cortes consecutivos, a lavoura canavieira precisa ser renovada. A taxa de renovação está ao redor de 15 a 20% da área total cultivada, exigindo grandes quantidades de mudas. A boa qualidade das mudas é o fator de produção de mais baixo custo e que maior retorno econômico proporciona ao agricultor, principalmente quando produzida por

ele próprio. Para a produção de mudas, há necessidade de que o material básico seja de boa procedência, com idade de 10 a 12 meses, sadio, proveniente de cana-planta ou primeira soca e que tenha sido submetido ao tratamento térmico. A tecnologia empregada na produção de mudas é praticamente a mesma dispensada à lavoura comercial, apenas com a introdução de algumas técnicas fitossanitárias, tais como:

- Desinfecção do podão - o podão utilizado na colheita de mudas e no seu corte em toletes, quando contaminado, é um violento propagador da escaldadura e do raquitismo. Antes e durantes estas operações deve-se desinfetar o podão, através de álcool, formol, lisol, cresol ou fogo. Uma desinfecção prática, eficiente e econômica é feita pela imersão do instrumento numa solução com creolina a 10% (18 litros de água + 2 litros de creolina) durante meia hora, antes do início da colheita das mudas e do corte das mesmas em toletes. Durante essas duas operações, deve-se mergulhar, frequente e rapidamente, o podão na solução.

- Vigilância sanitária e "roguing" - formando o viveiro, torna-se imprescindível a realização de inspeções sanitárias frequentes, no mínimo uma vez por mês. A finalidade dessas inspeções é a erradicação de toda touceira que exiba sintoma patológico ou características diferentes da variedade em cultivo. Além dessas duas medidas fitossanitárias, algumas recomendações agronômicas devem ser levadas em consideração, como a despalha manual das mudas, menor densidade das mudas dentro do sulco e maior parcelamento do fertilizante nitrogenado.

- ***Rotação de culturas*** - durante a reforma do canavial, no período em que o terreno permanece ocioso, deve-se efetuar o plantio de culturas de ciclo curto, em rotação com a cana-de-açúcar. Amendoim e soja são as mais indicadas. Além dos conhecidos benefícios agronômicos proporcionados pela rotação de culturas, a cana-de-açúcar permite a consorciação com outra cultura, aproveitando o terreno numa época em que estaria ocioso, proporcionando melhor aproveitamento de máquinas e implementos. A implantação da cultura é feita sem gasto financeiro correspondente ao preparo do solo, havendo menor

exposição do terreno à erosão e às ervas daninhas e diminuição da sazonalidade de empregos.

Tratos culturais

A cana-de-açúcar, assim como outras culturas, sofre com a competição de ervas daninhas. O período crítico de competição situa-se entre 60 a 120 dias após a brotação das gemas. Nesse período, o canavial deve ficar limpo, garantindo uma boa produção e facilitando a futura colheita. O controle pode ser feito através da capina manual ou mecânica e, em casos especiais, através de herbicidas. Normalmente, conforme a quantidade de chuva gastam se duas capinas para manter o canavial limpo, no caso de cana de ano e meio. Nos plantios de cana de ano, as capinas são em maior número, devido a um período maior de chuvas na fase inicial de crescimento da cana.

Doenças da cana-de-açúcar

Mosaico



Trata-se de uma doença sistêmica, causada por vírus e que, no passado, acarretou seríssimos prejuízos à agroindústria mundial, inclusive à brasileira, chegando a dizimar certas variedades com extenso cultivo na época. A transmissão da doença ocorre através do plantio de tolete contaminado e pelos pulgões. O principal sintoma surge nas folhas jovens do cartucho, sob a

forma de pequenas estrias cloróticas no limbo foliar, causando uma alternância entre o verde normal da folha e o verde claro das estrias. Dependendo da linhagem do vírus e da variedade atacada, os sintomas visuais são diferentes. Em alguns casos o quadro é invertido, predominando o verde-claro, em consequência do grande número e coalescencia das estrias amareladas. A baixa produtividade das lavouras enfermas é consequência do subdesenvolvimento das plantas e baixo perfilhamento das touceiras, sendo que os prejuízos estão em função da resistência varietal, grau de infecção e virulência do agente etiológico. O controle é realizado pela adoção de variedades resistentes, plantio de mudas sadias e práticas de "roguing", que é a prática de examinar cuidadosa e sistematicamente o campo de produção de sementes com o objetivo de remover as plantas indesejáveis. É uma operação de fundamental importância para a obtenção de sementes de elevado grau de pureza varietal, genética e física, pois prevê a eliminação de todas as plantas contamináveis (atípicas).

Escaldadura



Estrias brancas nas folhas e brotação lateral dos colmos. Doença de ação sistêmica, causada pela bactéria *Xantomonas albilineans*, é transmitida pelo plantio de mudas doentes ou qualquer instrumento de corte contaminado. Os sintomas são determinados por duas estrias clorótica e finas nas folhas e bainhas, podendo também aparecer manchas cloróticas no limbo foliar e brotações laterais de baixo para cima no colmo doente.

As folhas tornam-se anormais, duras, subdesenvolvidas e eretas. Pontuações avermelhadas são observadas na região do nó, quando o colmo é seccionado longitudinalmente. A escaldadura provoca baixa germinação das mudas, morte dos rebentos ou de toda a touceira, desenvolvimento subnormal das plantas doentes, entrenós curtos e baixo rendimento em sacarose. Com o avanço da doença, advêm a seca e a morte das plantas. O controle é feito por meio de variedades resistentes, plantio de mudas sadias, "roguing" e pela desinfecção do podão ou outro instrumento utilizado na colheita e corte dos colmos

Raquitismo-das-soqueiras



A alta transmissibilidade do agente causal, provavelmente uma bactéria, e a ausência de sintomas típicos que permitem o seu diagnóstico, fazem com que o raquitismo-das-soqueiras seja a doença mais traiçoeira da cana-de-açúcar. A disseminação do raquitismo no campo ocorre pelo plantio de muda doente e pelo uso de instrumento cortante contaminado, principalmente o podão usado no corte da cana. Algumas variedades enfermas, quando cortadas longitudinalmente, apresentam pontuações avermelhadas na região da inserção das folhas. As mudas

portadoras do raquitismo exibem germinação lenta e desuniforme, e os maiores prejuízos ocorrem nas soqueiras com baixo perfilhamento, internódios curtos, com subdesenvolvimento geral e desuniforme no talhão. O controle preconizado baseia-se no tratamento térmico das mudas a 50,5°C durante duas horas e "descontaminação" dos instrumentos cortantes.

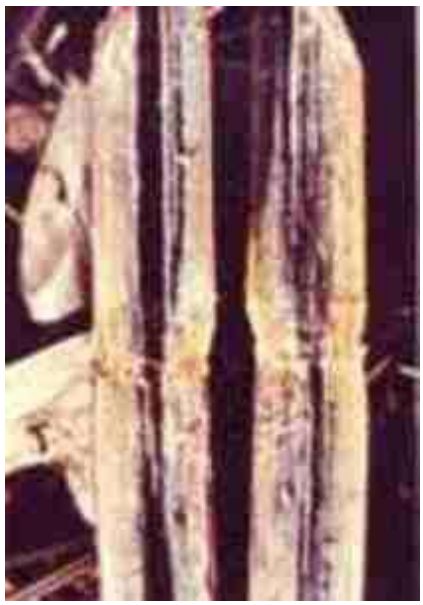
Carvão



É uma doença sistêmica causada pelo fungo *Ustilago scitaminea*, e que encontra boas condições de desenvolvimento nas regiões subtropicais com inverno frio e seco. O sintoma característico é a presença de um apêndice na região apical do colmo, medindo de 20 a 50 cm de comprimento por 0,5 a 1,0 cm de diâmetro. Inicialmente, esse "chicote" apresenta cor prateada, passando posteriormente à preta, devido à maturação dos esporos nele contidos. A transmissão ocorre pelo plantio de mudas doentes, pelo vento que dissemina os esporos e pelo solo contaminado. A doença provoca um verdadeiro definhamento na cana-de-açúcar, gerando internódios finos e curtos, dando à planta uma semelhança de capim. Os rendimentos agrícola e industrial são severamente afetados. O controle é feito por meio de variedades resistentes, tratamento térmico, "roguing", plantio de mudas sadias e proteção química das mudas com fungicida à base de Triadimefon 25 g/100 litros de água do ingrediente ativo em

banho de imersão durante 10 minutos, ou pulverização no fundo do sulco de plantio com 500 g do ingrediente ativo por hectare.

Podridão-abacaxi



Causada pelo fungo *Thielaviopsis paradoxa*, a podridão-abacaxi é uma doença típica dos toletes, podendo causar prejuízos à cana colhida e deixada no campo. A penetração do patógeno ocorre pela extremidade seccionada ou por ferimentos na casca. O tolete contaminado inicialmente apresenta uma coloração amarelo-pardacenta, passando à negra. Geralmente há destruição total do tecido parenquimatoso, permanecendo indestrutíveis os tecidos fibrovasculares. Os toletes atacados não germinam, provocando falhas na lavoura, podendo dar prejuízo total. Durante o ataque pode haver exalação de odor típico, semelhante ao de abacaxi maduro. A doença ocorre em função

do atraso na germinação dos toletes, que pode ser motivado por seca e, principalmente, baixa temperatura. Plantio em época correta, bom preparo do solo e colocação do tolete à profundidade adequada aceleram a germinação e constituem o melhor controle da doença. Também é recomendado o tratamento químico dos toletes com Benomil a 35-40 g/100 litros de água do ingrediente ativo ou Thiadimefon 25 g/100 litros de água do ingrediente ativo, em banho de imersão durante 3 minutos

O controle de doenças da cana se dá, principalmente, através de trabalhos e melhoramento genético, para se obter variedades resistentes ou tolerantes. Esse trabalho exige continuidade, pois os agentes causadores das doenças podem produzir novas raças capazes de vencer a resistência. Neste caso ocorrerão novos surtos da doença. A melhor conduta para o produtor que constatar alguma doença em seu canavial ainda é buscar uma orientação técnica.

Pragas

Entre as principais pragas da cana, destacam-se pela importância econômica, as seguintes:

Pragas que atacam a parte aérea:

Broca do colmo (Diatrea spp)



Larva da broca

Causa em canas novas o “coração morto” (morte da gema apical). Em canas adultas, provoca redução do peso, encurtamento dos

entrenós, quebra de colmos, brotação lateral. Devido às galerias abertas nos colmos, causa, indiretamente, a inversão da sacarose pela ação dos fungos. Pode ser evitada através do controle biológico, com moscas e vespas parasitas.

Cigarrinha da folha(Mahanarva posticata)-



A maior injuria à planta é causada pelos insetos adultos, que, se alimentarem picando as folhas, injetam toxina provocando o seu amarelecimento e necrose. Os prejuízos podem chegar a 20%, quando a população de adultos chega a 0,7 indivíduos/colmo. O controle com inseticidas mostra-se pouco eficiente, pois combate apenas os adultos. O controle biológico através da utilização do fungo ***Metarrhizum anisopliea***, aplicando no início ataque da praga é o mais indicado.

O uso do fungo Metarrhizum anisopliea no combate da cigarrinha da folha

Controle biológico da cigarrinha da raiz da cana faz produtor economizar até R$120/hectare. Fonte: Jornal O Estado de São Paulo, 02/06/2004 Suplemento Agrícola (www.estadao.com.br) Jornalista: BETHMELO

Os produtores paulistas de cana-de-açúcar estão rendendo-se aos benefícios do fungo Metarhizium anisopliae no controle da

cigarrinha da raiz da cana (Mahanarva fimbriolata). Segundo pesquisa do Instituto Biológico (IB), órgão da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do
Estado de São Paulo, entre 2002 e 2003, empresas e biofábricas de São Paulo conseguiram receita bruta de R$ 2.680.000 com a produção de 268 toneladas de bioinseticida, vendidas pela média de R$ 10 o quil o. A crescente demanda, de acordo com o diretor do IB, Antônio Batista Filho, é por causa da relação custo/benefício. "Enquanto 1 hectare tratado com o fungo custa, em média, R$ 40, a mesma área tratada com inseticida químico fica na faixa de R$ 160, o que dá uma economia de R$ 120 por hectare ou um total de R$ 19.429.200", diz. "Mais importante é que se deixou de aplicar 3.238 toneladas de produto químico." Colheita mecânica – Com a proibição da queima da cana, o produtor começou a adequar-se à colheita mecânica, conseguindo resultados positivos com a redução dos custos de mão de obra. O uso da máquina substitui 80 pessoas no campo, conforme Batista. "Mas a mudança afetou o microclima, e a cigarrinha, que vivia em equilíbrio, virou a principal praga da cultura." Por meio do IB, há quatro anos, a secretaria iniciou as pesquisas visando a aumentar o uso do Metarhizium, com base no sucesso do Nordeste, que já usava esse fungo no controle da cigarrinha da folha da cana (Mahanarva posticata). Em São Paulo predomina a cigarrinha da raiz, de controle mais difícil, segundo Batista, pois a mesma fica no solo, na base da cana, sugando-a. A partir da demanda do setor sucoalcooleiro, o instituto montou um projeto temático em parceria com a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq)/USP, Universidade Federal de São Carlos, câmpus de Araras (SP) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), responsável pelo aporte de R$ 500 mil. Na touceira – "O projeto trata dos problemas fitossanitários da cana, e abrange pragas doenças e plantas daninhas no sistema de colheita da cana crua", conta o diretor do IB. "No caso da cigarrinha, os isolados do fungo IBCB 348 e IBCB 425 hoje são utilizados pela maioria das empresas produtoras de fungos entomapatogênicos do País." A cigarrinha da raiz aloja-se na touceira, sugando a seiva da cana. Ao mesmo tempo, diz Batista, produz uma espuma que recobre todo o seu corpo. Na fase de ninfa, que dura 30 dias, passa por cinco estágios, trocando a pele cinco vezes até alcançar a fase

adulta, caracterizada pela presença de asas. Nessa etapa, vai para a parte aérea da cana, onde ocorre o acasalamento e a postura dos ovos, embaixo dos restos da cultura. "Os ovos ficam no solo e, graças à umidade do solo, dão origem às ninfas nas primeiras chuvas de outubro", informa. Por essa razão, ele recomenda o início do controle biológico da cigarrinha entre outubro e novembro. De acordo com Batista, o IB coordenou a instalação de seis biofábricas para a produção de Metarhizium. Atualmente, assessora 67% da produção de bioinseticida (164 toneladas), o que equivale a 66% da área total tratada com o fungo em São Paulo (107.747 hectares). Biofábrica– Em 2003, a Biocana, de Pontal (SP), produziu 25 toneladas do fungo Metarhizium anisopliae. Para este ano, a previsão da proprietária da biofábrica, Eni Leila Costa Morsoletto, é alcançar acima de 50 toneladas do fungo para atender aos produtores de cana de São Paulo, principalmente, e de outros Estados. "As usinas com as quais a gente trabalha têm obtido excelentes resultados com o uso do fungo", afirma. "É uma conquista a médio e longo prazos, pois os resultados melhoram com o tempo." Segundo Eni, o fungo, que é produzido em arroz, é aplicado em calda ou em grânulos. Na forma líquida, explica, a recomendação é de 2 a 3 quilos do arroz mais o fungo para 300 litros de água por hectare. Para tanto, o arroz é lavado com um pouco de água e passado por uma peneira. O arroz é jogado fora, e a água, completada até chegar ao volume indicado. No caso do granulado, utilizam-se 8 a 10 quilos por hectare. A aplicação da calda é feita com pulverizador com jato dirigido, diretamente na soqueira, ou por avião. No caso do granulado, a aplicação é feita com avião. "Economicamente, o uso do fungo é bem melhor do que a utilização de defensivos químicos" compara. Ela diz porém, que nos casos de alta infestação da cigarrinha, recomenda-se o manejo integrado.

Formiga Saúva




A Formiga saúva (Atta bisphaerica e Atta capiguara), é um inseto extremamente voraz que provoca a desfolha da planta, causando folhas e redução de “stand” e do porte dos colmos no canavial. Estima-se que um sauveiro adulto ocasione uma queda de 5% na produtividade. O controle por destruição do sauveiro com enxadão mostra-se eficiente para os novos (90 a 120 dias de formação). Todavia a prática mais recomendável é a termonebulização, embora a aplicação de iscas também se mostre eficiente, exceto em períodos de chuva.

Pragas de hábitos subterrâneos

Cupins ou térmitas



(***Heterotermes, Rhyncnotermes, Syntermes, Embiratermes, Cornitermes, Procorniternes*** e outros)- causam danos a cultura por atacarem os toletes, danificando as gemas e ocasionando falhas na germinação. Em canas adultas, abrem galerias nos entrenós reduzindo o crescimento e provocando a secagem dos colmos. Em áreas com altas infecções, um controle bem feito pode acrescer até 10 t de cana por hectare. Recomenda-se como controle um monitoramento da população, fazendo-se levantamentos antes do plantio. Determina-se assim o índice de ocorrência, identificando os gêneros presentes na área. Caso se justifique o controle, a etapa de preparo do solo exige uma aração profunda para expor as colônias. No plantio, deve-se, através de recomendações técnicas utilizar um cupincida eficiente.

Colheita da cana:

Maturadores Químicos

São produtos químicos que tem a propriedade de paralisar o desenvolvimento da cana induzindo a translocação e o armazenamento dos açúcares. Vêm sendo utilizados como um instrumento auxiliar no planejamento da colheita e no manejo varietal. Muitos compostos apresentam, ainda, ação dessecante, favorecendo a queima e diminuindo, portanto, as impurezas vegetais. Há uma ação inibidora do florescimento, em alguns casos, viabilizando a utilização de variedades com este comportamento. Dentre os produtos comerciais utilizados como maturadores, podemos citar: Ethepon, Polaris, Paraquat, Diquat, Glifosato e Moddus. Estudos sobre a época de aplicação e dosagens vêm sendo conduzidos com o objetivo de aperfeiçoar a metodologia de manejo desses produtos, que podem representar acréscimos superiores a 10% no teor de sacarose.

Determinação do Estágio de Maturação

O ponto de maturação pode ser determinado pelo refratômetro de campo e complementado pela análise de laboratório. Com a adoção do sistema de pagamento pelo teor de sacarose, há necessidade de o produtor conciliar alta produtividade agrícola

com elevado teor de sacarose na época da colheita. O refratômetro fornece diretamente a porcentagem de sólidos solúveis do caldo (Brix). O Brix está estreitamente correlacionado ao teor de sacarose da cana. A maturação ocorre da base para o ápice do colmo. A cana imatura apresenta valores bastante distintos nesses seguimentos, os quais vão se aproximando no processo de maturação. Assim, o critério mais racional de estimar a maturação pelo refratômetro de campo é pelo índice de maturação (IM), que fornece o quociente da relação.

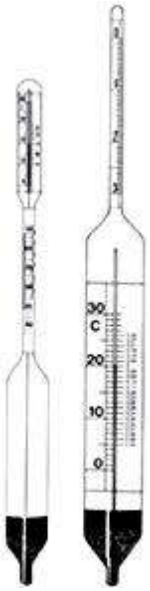
IM=Brix da ponta do colmo
Brix da base do colmo
Admitem-se para a cana-de-açúcar, os seguintes estágios de maturação:

IM	Estágio de Maturação
< 0,60	cana verde
0,60 - 0,85	cana em maturação
0,85 - 1,00	cana madura
> 1,00	cana em declínio de maturação

As determinações tecnológicas em laboratório (brix, pol, açúcares redutores e pureza) fornecem dados mais precisos da maturação, sendo, a rigor, uma confirmação do refratômetro de campo.
Apesar de destinada a facilitar a colheita da cana, a prática de queimar os canaviais é um fator prejudicial a produção do álcool. Tal conduta acelera a deterioração da cana, ainda no campo, pela inversão mais rápida da sacarose em glicose e frutose. Além disso, acarreta acumulo de cinzas nas dornas de fermentação, interferindo negativamente no processo de fermentação. Considera-se adequado o nível de amadurecimento do canavial quando o teor de açúcar da cana atingir 18° brix. O teor de açúcar pode ser medido de duas maneiras:
.A primeira consiste no uso do “refratômetro de campo” aparelho de grande utilidade para o produtor de álcool, que vem acompanhado de furador e espremedor manual.



O refratômetro possibilita uma leitura direta do grau brix, ou porcentagem de açúcar com apenas uma gota de caldo, obtida com o espremedor em amostra da parte media da cana. A retirada das amostras deve ser feita em locais distantes uns dos outros, no interior do canavial.
Uma outra alternativa é a utilização do sacarímetro de graus brix, que fornece também a porcentagem de açúcar existente no caldo de cana.



O procedimento para determinar o ponto de maturação da cana é o seguinte:
-coletar cerca de 15 colmos em diferentes pontos de um hectare de cana, evitando-se a retirada de amostras da periferia do canavial;

-passar os entrenós da parte mediana dos colmos na moenda e obter o caldo;
-coar bem o caldo, eliminando o bagacilho;
-encher uma proveta com o caldo (a proveta pode ser substituída por tubos de pvc ou gomo de bambu de 30 cm de comprimento, sendo que o diâmetro deve ser o dobro do diâmetro do bulbo do sacarimetro.);
-deixar em repouso por algum tempo para eliminação do gás contido no caldo;
-mergulhar o sacarímetro com cuidado no caldo de cana, soltando a haste somente quando ele estiver flutuando. O sacarímetro não pode tocar nas paredes do tubo;
-efetuar a leitura, observando o número correspondente na haste. A leitura deve ser feita na direção da superfície livre do líquido acima do menisco-razão pela qual o tubo deve estar cheio;
Tome como referência a foto abaixo:



-verificar a temperatura do caldo utilizando termômetro;

-caso a temperatura seja superior ou inferir a 20°C (para qual o aparelho é calibrado),há necessidade de se fazer a correção da leitura, utilizando-se uma tabela.

TABELA DE CORREÇÃO SACARÍMETRO DE BRIX CALIBRADOS A 20° C

Tempo de referência °C	GRAUS BRIX										Tempo de referência °C
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
10	-0,32	-0,42	-0,52	-0,60	-0,67	-0,71	-0,74	-0,76	-0,80	-0,80	10
11	0,30	0,39	0,47	0,54	0,61	0,65	0,67	0,68	0,70	0,70	11
12	0,27	0,35	0,42	0,49	0,54	0,58	0,60	0,61	0,60	0,60	12
13	0,25	0,32	0,38	0,43	0,48	0,51	0,53	0,53	0,53	0,50	13
14	0,22	0,28	0,33	0,37	0,41	0,44	0,45	0,46	0,50	0,50	14
15	-0,20	-0,24	-0,28	-0,32	-0,35	-0,37	-0,38	-0,38	-0,40	-0,40	15
16	0,16	0,19	0,23	0,26	0,28	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	16
17	0,12	0,15	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,23	0,25	0,25	17
18	0,08	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15	0,18	0,20	18
19	-0,04	-0,05	-0,06	-0,06	-0,07	-0,04	-0,08	-0,08	-0,10	-0,10	19
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
21	+0,05	+0,06	+0,06	+0,07	+0,07	+0,07	+0,08	+0,08	+0,10	+0,10	21
22	0,10	0,11	0,12	0,14	0,14	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	22
23	0,16	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,23	0,23	0,25	0,25	23
24	0,21	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	24
25	0,27	0,30	0,32	0,35	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	25
26	+0,33	+0,36	+0,39	+0,42	+0,45	+0,46	+0,47	+0,47	+0,48	+0,48	26
27	0,40	0,42	0,46	0,50	0,53	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	27
28	0,46	0,49	0,54	0,57	0,61	0,62	0,64	0,64	0,64	0,64	28
29	0,54	0,56	0,61	0,65	0,69	0,70	0,72	0,72	0,72	0,72	29
30	0,60	0,63	0,68	0,73	0,77	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	30
31	+0,68	+0,70	+0,76	+0,81	+0,85	+0,87	+0,88	+0,88	+0,90	+0,90	31
32	0,75	0,78	0,84	0,90	0,94	0,95	0,97	0,97	1,00	1,00	32

INSTRUÇÕES DE USO DO SACARÍMETRO DE BRIX

O Sacarímetro de Brix é um instrumento destinado a medir o teor de açúcar em solução. A escala do Sacarímetro de Brix varia de 0 a 90º Brix com divisões de 0,1 / 0,2 / 0,5 e 1º Brix. A escala de temperatura no caso de Termo-densímetros varia de 0 a 50ºC com divisão de 1ºC.

Instruções de Uso:

·**Limpeza:** o Sacarímetro de Brix deve estar limpo antes de ser inserido na solução. Impurezas irão alterar o valor da medição. A

limpeza pode ser realizada com detergente líquido, algumas gotas de álcool e água corrente;
·**Homogeneidade da solução:** a amostra deve estar homogênea de forma que a medição não seja alterada. Recomenda-se, misturar a amostra na proveta com uma haste de vidro até homogeneizar a amostra. O instrumento não deve ser utilizado para misturar e homogeneizar soluções, isto pode acarretar desgaste do vidro e consequentemente a descalibração do instrumento;
·**Após estabilizar a solução:** a solução deve estar parada (estática) na proveta para inserir o Sacarímetro de Brix. Para uma medição correta o instrumento não pode encostar na parede interna da proveta no momento da tomada da densidade;
·**Após utilizar o Sacarímetro de Brix:** guardá-lo limpo na sua embalagem. Não manusear o densímetro pela sua haste. No caso do Termo-densímetros, com enchimento a líquido vermelho ou Hg, armazenar o instrumento em pé de forma a prevenir a separação da coluna de líquido e em locais sem exposição solar. Caso ocorra a separação da coluna de líquido, o procedimento correto é aquecer o bulbo até a coluna de líquido atingir o reservatório de segurança. Esperar o líquido esfriar normalmente. Não encher completamente a câmara de expansão devido ao risco de estourar o bulbo. O uso de densímentos em temperaturas inadequadas pode implicar em quebras (trincas), destruição do lastro (derretimento do lacre) e da escala (descoloração e deslocamento).

Procedimento de Medição:
1. Inserira amostra na proveta e homogeneizar a mesma;
2. Após estabilizar a solução inserir o de Sacarímetro de Brix livre de impurezas na solução e aguardar por até cinco minutos para realizar a medição;
3. O Sacarímetro de Brix deve flutuar na solução para uma correta medição. O instrumento não pode encostar no fundo e nas laterais da proveta;
4. Realizar a leitura na base do menisco conforme a figura;



Observações Importantes:
-densímetro calibrado a 20º C;
-para medições que exigem maior precisão recomenda-se utilizar somente Sacarímetro de Brix calibrado.

O corte

Determinados os talhões do canavial, que pelo grau de maturação encontram-se prontos para o corte, o produtor deve optar inicialmente pelos locais de acesso mais difíceis e mais distantes da unidade de processamento. Outro importante fator é a área de cana a ser cortada, que depende da capacidade da fábrica, da produtividade agrícola e industrial. Aliando-se esses fatores o teor de açúcar da cana, calcula-se a área a ser cortada por dia, para processamento na indústria, pela seguinte fórmula:

A = CF/RI /RA
onde:
A = área a ser colhida
CF=capacidade da fábrica
RI=rendimento industrial
RA=rendimento agrícula

Supondo-se que um produtor tenha uma fábrica com capacidade para produção de 150 litros de álcool por dia, com rendimento industrial médio de 80 litros por tonelada de cana a 18° brix, e um rendimento agrícola de 75 toneladas por hectare, a área a ser cortada é:
A=150/80/75=0,025ha ou 250 metros quadrados.

O dimensionamento do corte de acordo com as necessidades de moagem para um período normal de trabalho de 8 horas diárias evita perdas desnecessárias. As canas colhidas no período da tarde serão armazenadas e moídas na manhã do dia seguinte. A cana deve ser cortada o mais rente possível do solo, com um tipo especial de facão, chamado de podão.



A prática correta do solo permite uma rebrota mais sadia e resistente dos rizomas, aumentando a longevidade do canavial.



Evidentemente, que as grandes destilarias utilizam-se de colheita mecanizada, empregando grandes colheitadeiras de cana. Mas neste livro, nos concentraremos somente na colheita manual da cana-de- açúcar.



O transporte da cana deve ser realizado simultaneamente ou logo após o corte. Em seguida, a cana é empilhada em depósito próprio, na área de moagem. O local deve ser coberto, de maneira a proteger contra sol e chuva, e fresco, para evitar perda de água por transpiração. O armazenamento da cana além de 24 horas e em locais inadequados provoca perdas no teor de açúcar por respiração e transpiração. Também é importante a ordem dos lotes de cana no depósito, para que a cana que foi cortada e transportada primeiro, seja também a primeira a ser moída, evitando-se assim perdas no rendimento da produção do álcool.

Preparo do Terreno

Tendo a cana-de-açúcar um sistema radicular profundo, um ciclo vegetativo econômico de quatro anos e meio ou mais e uma intensa mecanização que se processa durante esse longo tempo de permanência da cultura no terreno, o preparo do solo deve ser profundo e esmerado. Convém salientar que as unidades sucroalcooleiras não seguem uma linha uniforme de preparo do solo, tendo cada uma utiliza seu sistema próprio, variação essa que ocorre em função do tipo de solo predominante e da disponibilidade de máquinas e implementos. No preparo do solo, temos de considerar duas situações distintas:
a) a cana vai ser implantada pela primeira vez;
b) o terreno já se encontra ocupado com cana.
No primeiro caso, faz-se uma aração profunda, com bastante antecedência do plantio, visando à destruição, incorporação e decomposição dos restos culturais existentes, seguida de gradagem, com o objetivo de completar a primeira operação. Em solos argilosos é normal a existência de uma camada impermeável, a qual pode ser detectada através de trincheiras abertas no perfil do solo, ou pelo penetrômetro. Constatada a compactação do solo, seu rompimento se faz através de subsolagem, que só é aconselhada quando a camada adensada se localizar a uma profundidade entre 20 e 50 cm da superfície e com solo seco. Nas vésperas do plantio, faz-se nova gradagem, visando ao acabamento do preparo do terreno e à eliminação de ervas daninhas. Na segunda situação, onde a cultura da cana já se encontra instalada, o primeiro passo é a destruição da soqueira, que deve ser realizada logo após a colheita. Essa operação pode ser feita por meio de aração rasa (15-20 cm) nas linhas de cana, seguidas de gradagem ou através de gradagem pesada, enxada rotativa ou uso de herbicida. Se confirmada a compactação do solo, a subsolagem torna-se necessária. Nas vésperas do plantio procede-se a uma aração profunda (25-30 cm), por meio de arado ou grade pesada. Seguem-se as gradagens necessárias, visando manter o terreno destorroado e apto ao plantio. Devido à facilidade de transporte, à menor regulagem e ao maior rendimento operacional, há uma tendência das grades pesadas substituírem o arado.

Calagem

A necessidade de aplicação de calcário é determinada pela análise química do solo, devendo ser utilizado para elevar a saturação por bases a 60%. Se o teor de magnésio for baixo, dar preferência ao calcário dolomítico. O calcário deve ser aplicado o mais uniforme possível sobre o solo. A época mais indicada para aplicação do calcário vai desde o último corte da cana, durante a reforma do canavial, até antes da última gradagem de preparo do terreno. Dentro desse período, quanto mais cedo executada maior será sua eficiência.

Adubação

Para a cana-de-açúcar há a necessidade de considerar duas situações distintas, adubação para cana-planta e para soqueiras, sendo que, em ambas, a quantificação será determinada pela análise do solo. Para cana-planta, o fertilizante deverá ser aplicado no fundo do sulco de plantio, após a sua abertura, ou por meio de adubadeiras conjugadas aos sulcadores em operação dupla. No quadro a seguir são indicadas as quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio a serem aplicadas com base na análise do solo e de acordo com a produtividade esperada.

Adubação Mineral de Plantio

Produtividade esperada	Nitrogênio	P resina, mg/dm³			
		0 - 6	7 - 15	16 - 40	>40
t/ha	N, kg/ha	P_2O_5, kg/ha			
<100	30	180	100	60	40
100 - 150	30	180	120	80	60
>150	30	*	140	100	80

Produtividade esperada	K+ trocável, mmol$_c$/dm³				
	0 - 0,7	0,8 - 1,5	1,6 - 3,0	3,1 - 6,0	>6,0
t/ha	K_2O, kg/ha				
<100	100	80	40	40	0
100 - 150	150	120	80	60	0
>150	200	160	120	80	0

* Não é provável obter a produtividade dessa classe, com teor muito baixo de P no solo
Fonte: Boletim Técnico 100 IAC, 1996

Aplicar mais 30 a 60 kg/ha de N, em cobertura, durante o mês de abril; em solo arenoso dividir a cobertura, aplicando metade do N em abril e a outra metade em setembro-outubro. Adubações pesadas de K2O devem ser parceladas, colocando no sulco de plantio até 100 kg/ha e o restante, juntamente com o N, em cobertura, durante o mês de abril. Para soqueira, a adubação deve ser feita durante os primeiros tratos culturais, em ambos os lados da linha de cana; quando aplicada superficialmente, deve ser bem misturada com a terra ou alocada até a profundidade de 15 cm. Na adubação mineral da cana-soca aplicar as indicações do quadro a seguir, observando os resultados da análise de solo e de acordo com a produtividade esperada.

Adubação Mineral da Cana-Soca

Produtividade esperada	Nitrogênio	P resina, mg/dm³	K+ trocável, mmol$_c$/dm³
		0-15 > 15	0,15 1,5-3,0 > 3,0

t/ha	N, kg/ha	P_2O_5, kg/ha		K_2O, kg/ha		
< 60	60	30	0	90	60	30
60 - 80	80	30	0	110	80	50
80 - 100	100	30	0	130	100	70
> 100	120	30	0	150	120	90

Fonte: Boletim Técnico 100 IAC, 1996

Aplicar os adubos ao lado das linhas de cana, superficialmente e misturado ao solo, no máximo a 10 cm de profundidade. Se for constatada deficiência de cobre ou de zinco, de acordo com a análise do solo, aplicar os nutrientes com a adubação de plantio, nas quantidades indicadas a seguir:

Zinco no solo	Zn	Cobre no solo	Cu
mg/dm^3	kg/ha	mg/dm^3	kg/ha
0-0,5	5	0-0,2	4
> 0,5	0	> 0,2	0

Fonte: Boletim Técnico 100 IAC, 1996

Uso de Resíduos da Agroindústria Canavieira

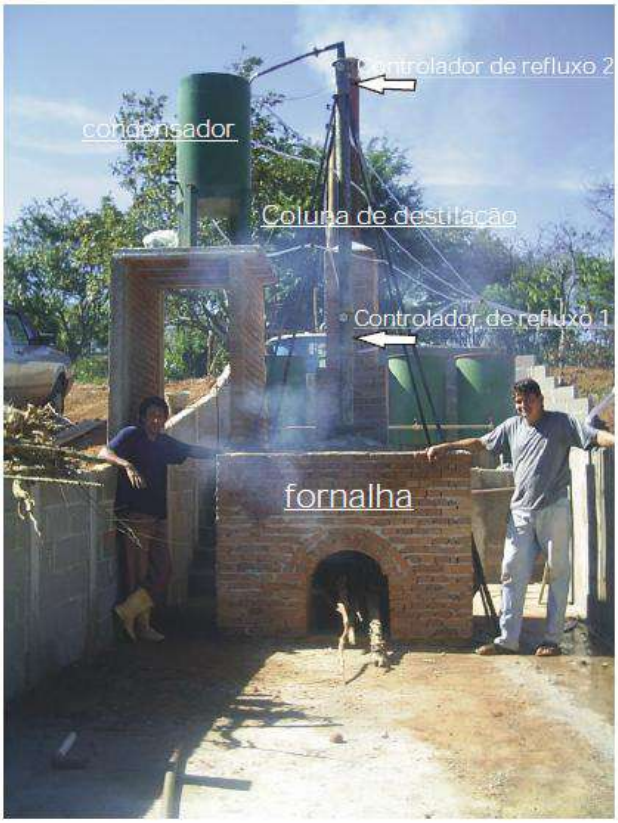
Atualmente há uma tendência em substituir a adubação química das socas pela aplicação da vinhaça, cuja quantidade por hectare está na dependência da composição química da vinhaça e da necessidade da lavoura em nutrientes. Os sistemas básicos de aplicação são por infiltração, por veículos e aspersão, sendo que cada sistema apresenta modificações. A torta de filtro (úmida) pode ser aplicada em área total (80-100 t/ha), em pré-plantio, no sulco de plantio (15-30 t/ha) ou nas entrelinhas (40-50 t/ha). Metade do fósforo aí contido pode ser reduzido da adubação fosfatada recomendada. (Boletim Técnico 100 IAC, 1996)

A fabricação de álcool artesanal pode ser integrada a outras atividades agrícolas como a pecuária de leite ou de corte e produção de adubo orgânico. Nesta concepção o bagaço, a ponta da cana e o vinhoto são usados na alimentação do gado no período seco do ano, quando as pastagens são deficientes. O

período coincide com o da safra da cana, quando os pecuaristas passam a contar com os “subprodutos” do álcool combustível. Um aspecto importante dos projetos integrados dentro da propriedade rural é a maior estabilidade da mão-de-obra. O período de produção coincide com a entressafra de outras culturas, quando há uma maior disponibilidade de trabalhadores no meio rural. Em projeto integrado é importante considerar o tamanho do rebanho e o número de empregados disponíveis.

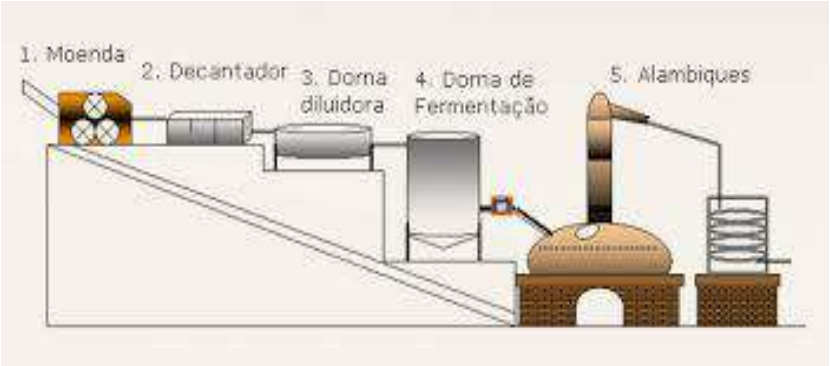
Capítulo 6

Operação microdestilaria para 100 litros/dia



A quantidade de cana para se produzir 100 litros/dia durante, cerca de, 200 dias já foi apresentado na parte anterior. Caso você não tenha cana plantada não se preocupe, você encontrará um grande número de pessoas dispostas a vender e até mesmo doar a cana, ou você poderá fazer parcerias em sua região, trocando cana por etanol.

Visão geral da microdestilaria:





Sendo que:

1) Moenda
2) Decantador
Estes dois componentes formarão a unidade de extração do caldo e ocupará uma área de uns 20 metros quadrados, sendo 4m x 5m.

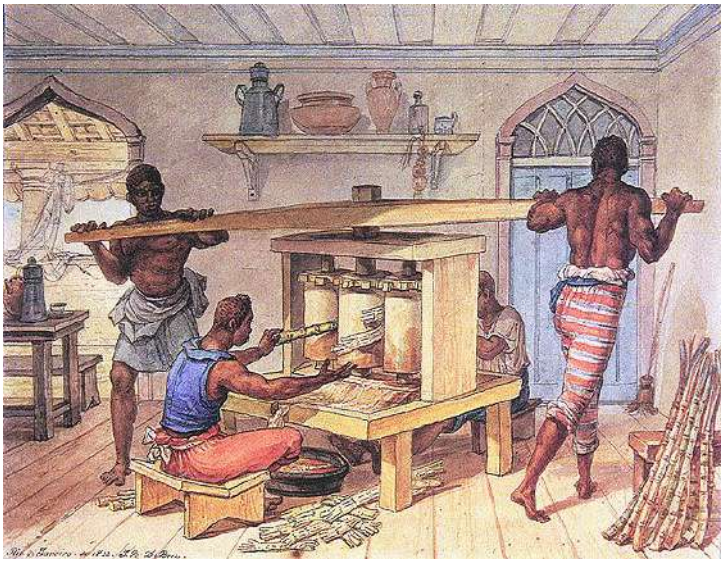
3) Caixa de preparação do mosto: caixa com capacidade de 1000 litros para a preparação do mosto, ela é ligada após o decantador e possui um registro com mangueira flexível de 2 polegadas para abastecer as dornas de fermentação.
4) Dornas de fermentação: Também são caixas dágua ou tambores de aço que terão ligações entre si (explicado detalhadamente a frente) aonde poderemos usar os dispositivos de sifão e serpentina para aquecimento.
Estes dois componentes formam a sala de fermentação e deverão ter seus 25 metros quadrados aproximadamente, sendo 5m x 5m.



5) Condensador
6) Coluna de destilação
Estes dois componentes formam a parte da destilação propriamente dita e deverá ocupar, em média, uma área de 12 metros quadrados, sendo 3m x 4m.


Caixa de preparo
Coluna de destilação
Moenda
Dornas

Moagem



Moagem é a operação de extração do caldo existente nos colmos da cana-de-açúcar. Em termos aproximados, essa matéria-prima possui 85 a 92% de caldo e 8 a 15% de fibras, dependendo da variedade, clima, solo e outros fatores. Na cana madura o caldo contém, aproximadamente, de 75 a 82% de água e perto de 18 a 25% de açucares, sendo 16 a 23% de sacarose e um pouco menos de 2% de glicose e frutose. Nas fábricas artesanais, utilizam-se, geralmente, moendas de apenas três rolos para prensagem da cana.





As moendas são compostas basicamente por: base de fundação, castelos, rolos, bagaceira, reguladores de pressão e motores.

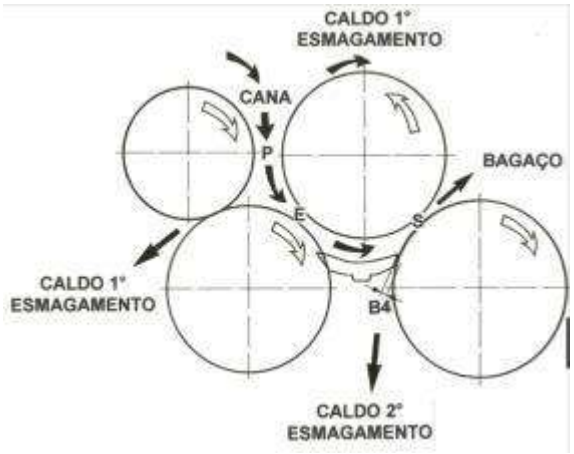
Base de fundação: é normalmente retangular, de ferro fundido ou aço- carbono, tendo seus pés fixados com parafusos em bases de concreto. Em suas laterais são fixados dois castelos. A base também funciona como coletora de caldo, com saída em sua parte central.

Castelos: são bases de sustentação dos rolos das moendas e da bagaceira, fabricadas em ferro fundido ou chapa de aço.

Rolos: cada rolo consta de eixo de aço, revestido com camisa cilíndrica em ferro fundido, com frisos ou ranhuras para escoamento do caldo e fixação das canas na operação de moagem. As moendas possuem três rolos, sendo um fixo situado na parte superior e dois móveis em plano inferior. O cilindro inferior, do lado em que entra a cana, é denominado rola cana e aquele situado do lado que sai o bagaço é chamado de rola bagaço.

Bagaceira: é constituída de uma chapa metálica, levemente recurvada, de comprimento igual à distância entre os castelos e de largura tal que impeça a queda do bagaço entre os cilindros

rola cana e rola bagaço. Tem função de encaminhar a cana do primeiro para o segundo esmagamento.



Motor: utilizado para movimentar as moendas, geralmente é elétrico e seu dimensionamento dependerá das características da moenda, ficando em torno de 7,5 HP (cavalo de força). Mas outras fontes motoras podem ser usadas, como o boi ou até mesmo o homem, como acontecia no Brasil colônia.



Essas moendas têm um poder de extração médio do caldo da cana que varia de 60% a 70%. Algumas mais robustas podem

atingir rendimento de extração de até 75%. No bagaço ainda ficam de 30 a 40% de caldo. A maior parte dos produtores aproveita o bagaço tanto para a alimentação do gado, como para a fabricação de adubo. Além disso, reservam até 50% dele para a queima em fornalhas ou caldeiras como fonte de calor para a coluna de destilação. Outro aspecto importante é a possibilidade de utilização do bagaço, ainda rico em açúcar, na alimentação do gado bovino no período seco do ano, quando há deficiência nas postagens.

O emprego de moendas com capacidade superior ao limite de produção esperado permite uma maior durabilidade do equipamento, diminuindo as paralisações por quebra ou desgaste das peças. Para a fabricação do etanol artesanal, é importante que as moendas tenham velocidade dos rolos dentro dos limites de 10 a 12 rotações por minuto RPM. Velocidades mais elevadas aumentam a produtividade do equipamento (em litros de caldo por hora), mas comprometem o rendimento da extração (em litros de caldo por tonelada de cana). Além disso, acarretam quebras e desgaste geral do equipamento de moagem.

Nas grandes destilarias, eles usam de uma técnica que pica a cana e suas moendas monstruosas retiram mais de 95% do caldo da cana.

Na operação de moagem, a assepsia dos equipamentos e instalações é fundamental. As moendas, coadores, os tanques de decantação e de recepção, assim como as tubulações devem ser lavados com abundância de água quente. Essa operação diminui as possibilidades de infecções capazes de prejudicar a fermentação do caldo e consequentemente o rendimento do etanol.

A ponta da cana será descartada e não serve para a produção do etanol, porém ela serve perfeitamente como fonte de alimentação para o gado.

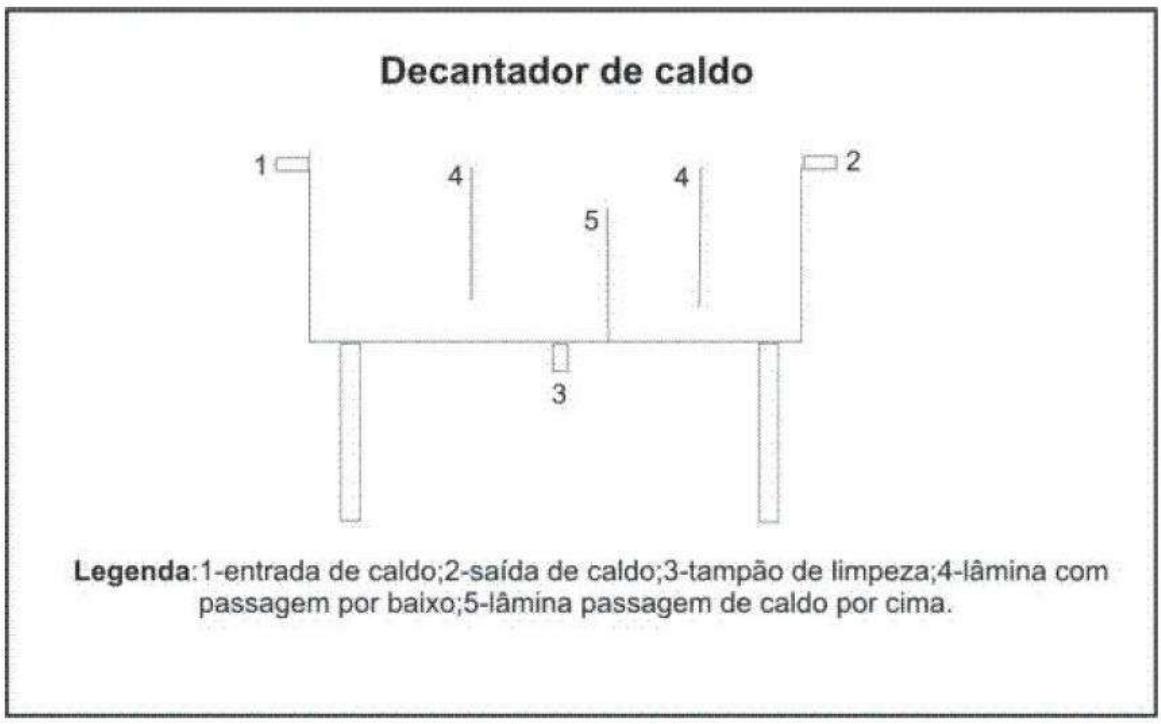
Tenha consciência de que a moenda é, de longe, o equipamento mais caro da destilaria e sugiro que você compre uma usada se tiver poucos recursos financeiros, mas aconselho seriamente a não comprar um pequeno moedor, porque isto será prejuízo na certa. Se pretende produzir 100 litros por dia, sugiro que adquira uma moenda de pelo menos 500 litros por hora como a da imagem abaixo:



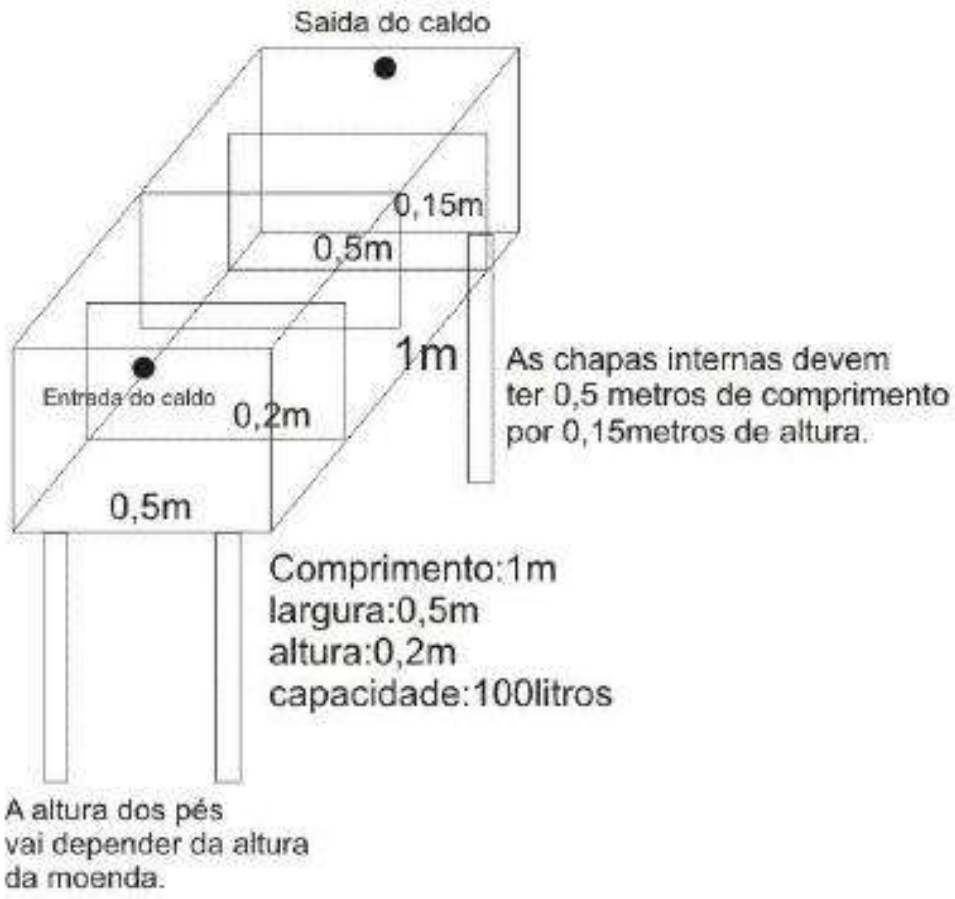
Filtro e decantador de caldo



Na saída da moenda o caldo passa por uma peneira para retirar as impurezas maiores. Em seguida, passa pelo decantador onde deixa as impurezas mais finas tais como terra e bagacilho que são prejudiciais à fermentação e ao rendimento do etanol. O decantador deve ser dimensionado de modo que o tempo de retenção do volume de caldo de cana, em seu interior, seja metade do tempo gasto na moagem para sua obtenção. As saídas que vemos na foto acima, são para a retirada de impurezas na hora da lavagem e podemos notar seu funcionamento pelo desenho abaixo:



Abaixo temos um projeto de um simples e eficiente decantador de caldo de cana que você mesmo poderá construir facilmente.


Saida do caldo
0,15m
0,5m
1m
As chapas internas devem ter 0,5 metros de comprimento por 0,15metros de altura.
Entrada do caldo
0,2m
0,5m
Comprimento:1m
largura:0,5m
altura:0,2m
capacidade:100litros
A altura dos pés vai depender da altura da moenda.


Entrada do caldo
Saida do caldo
Disposição das placas

Preparação do Mosto



Esta parte de preparação do mosto como a próxima da fermentação, ao meu ver, são as partes mais críticas e importantes para a obtenção do etanol. Erros aqui nesta fase e na próxima, vão trazer prejuízos e perda de tempo, por isso toda a atenção agora é fundamental para a compreensão destes processos.

Logo após a moagem do caldo e sua passagem pela peneira e pelo decantador, devemos recolhê-lo em uma dorna ou caixa de preparação, que tenha a capacidade, no nosso caso específico de 1000 litros. (Para se produzir 100 litros de etanol /dia.



A finalidade desta caixa de preparação ou dorna diluidora, é podermos prepara o caldo para a próxima etapa que é a fermentação. Abaixo temos os procedimentos que devemos fazer com o caldo da cana após sua moagem.

Diluição do caldo

A fermentação ideal ocorre com o caldo da cana numa concentração de açucares em torno de 14°Brix. Normalmente o caldo apresenta uma concentração entre 14° a 22°Bx. Acima de 14°Bx é necessário diluir o caldo em água para garantir a estabilidade do fermento ao longo de todo o processo de fabricação. Teores acima de 15°Bx acarretam fermentação mais lenta, frequentemente incompleta, além de dificultar a ação do fermento. Quando se destila um mosto com fermentação incompleta, ocorrem perdas no rendimento da produção. Teores abaixo de 14°brix permitem fermentações mais rápidas, sendo importantes na etapa de multiplicação do fermento (pé de cuba), entretanto acarretam uma diminuição no rendimento.



A diluição é feita com água potável, obedecendo ao seguinte cálculo estabelecido através da regra das misturas:

$$\text{Água} = \frac{C \times {}^{o}\text{brix}C - C}{14}$$

Onde:
Água é quantidade de água, em litros, para diluir o mosto
C é o volume em litros do caldo que você possue
ºbrixC= grau brix do caldo que possue
*usamos 14, que a graduação brix ideal do caldo

Exemplo:
Tomemos como exemplo, que temos 1000 litros de caldo à graduação de 22º brix (22%).

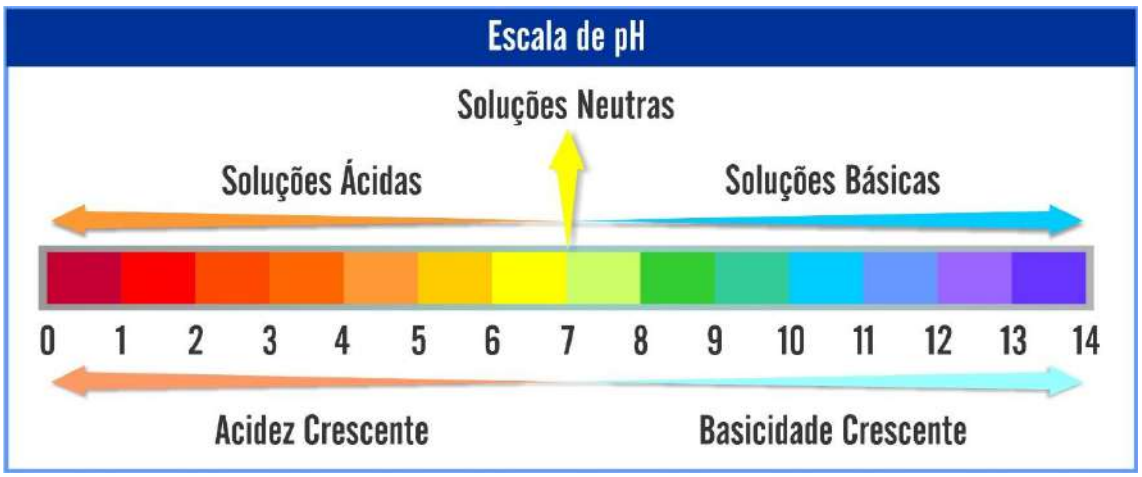
$$\text{Água} = \frac{1000 \times 22 - 1000}{14} = 1500 \text{ litros}$$

Deveremos adicionar 1500 litros de água potável para diluir de 22º para 14º brix.

PH do caldo:
O Potencial Hidrogeniônico (pH) consiste num índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio qualquer.

As substâncias em geral, podem ser caracterizadas pelo seu valor de pH, sendo que este é determinado pela concentração de íons de Hidrogênio (H^+). Quanto menor o pH de uma substância, maior a concentração de íons H^+e menor a concentração de íons OH^-. Os valores de pH variam de 0 a 14 e podem ser medidos através de um aparelho chamado phmetro, mas podemos medir o pH (com menos precisão) com o uso de indicadores. Mas o que é um indicador? É uma substância que revela a presença de íons hidrogênio livres em uma solução, ele muda de cor em função da concentração de H^+ e de OH^- de uma solução, ou seja, do pH.
Veja como classificar se uma solução é ácida ou básica:

pH 0 a 7 - soluções ácidas
pH = 7 - soluções neutras
pH acima de 7 - soluções básicas ou alcalinas.



Como foi dito, podemos utilizar de um phmetro para medição do ph do caldo, ou de indicadores, como fitas tornassol por exemplo.



phmetro



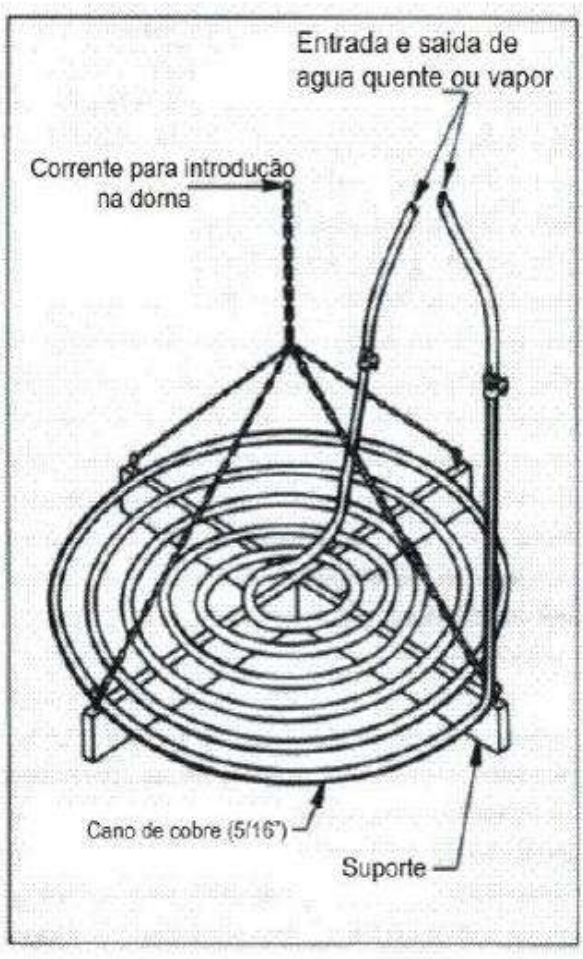
papel tornassol

No phmetro ele nos dá o valor do PH diretamente em sua tela digital. Já com o papel tornassol, é necessário imergir o papel no caldo e esperar para que ele mostre o valor através de uma escala de cores. Usamos geralmente o papel de ph por ser mais barato e fácil de ser encontrado em casas de equipamentos para limpeza de piscinas por exemplo.
O controle do ph na preparação do caldo e mesmo durante a fermentação é extremamente importante por duas razões: evita o crescimento de bactérias indesejáveis e possibilita ao fermento

se desenvolver de maneira saudável e produtiva, tudo isto, é possível somente em um meio ligeiramente ácido. O caldo de cana natural é ligeiramente alcalino e deve ser acidificado antes da fermentação. A principal bactéria que traz problemas de contaminação é a que produz o ácido láctico, embora na produção do etanol não se tenha a preocupação com a palatabilidade qualquer quantidade de ácido láctico formado, reduz o rendimento da produção do etanol. Portanto a produção de ácido láctico e outros contaminantes devem ser evitados ao máximo, e o desenvolvimento destes organismos é reduzido em um meio ligeiramente ácido, ou seja, em uma faixa de ph menor do que 5. Acima deste valor, o crescimento deles é rápido. A faixa ótima de ph para a fermentação alcoolica é entre 4,8 e 5,0. Acidez abaixo de 4,5 também é indesejável e prejudica o processo de fermentação. O operador de uma microdestilaria deve estar sempre atento ao controle do ph, não só do caldo, mas também durante a fermentação do mosto. Se estiver muito acima de 5, o ph deve ser imediatamente reduzido pela adição de ácido. O mais comumente empregado para o controle do ph é o ácido sulfúrico, embora outras substâncias possam ser utilizadas, como por exemplo, o ácido muriático (ácido clorídrico) encontrado facilmente. O ácido deve ser misturado lentamente até obtermos o valor ideal. Não existe quantidade pré determinada em termos de volume de ácido, a quantidade deve ser adicionada cuidadosamente fazendo o controle através de medições do ph. Minha experiência pessoal, não aconselha o uso dos ácidos, devido ao seu potencial de acidentes. Utilizo sempre a vinhaça, que nada mais é que o descarte do processo da destilação. Ela por ser ácida, é perfeita para o controle do PH e não oferece riscos ao operador. Caso o ácido seja adicionado em excesso, o valor do ph pode ser aumentado, utilizando-se de soda cáustica. Todavia, deve-se sempre evitar o excesso do ácido que é muito prejudicial ao caldo.

Temperatura

A temperatura ideal para fermentação situa-se entre 28° e 30°C. Temperaturas mais baixas restringem a atividade do fermento, enquanto as mais elevadas favorecem o enfraquecimento das leveduras. Os produtores utilizam-se de técnicas simples nos meses de frio, para reter o calor e elevar a temperatura do mosto, como por exemplo, o uso de lona plástica sobre as dornas, já que a transformação do açúcar em álcool libera calor (exotérmica). Outra prática utilizada é o uso de água quente ou vapor através da introdução de serpentina de cobre na dorna de fermentação. No projeto apresentado mais a frente veremos que temos a opção de usar água quente proveniente da própria coluna de destilação.



Em lugares de temperatura muito elevada no verão, pode-se utilizar o mesmo dispositivo para realizar a circulação de água fria para abaixar a temperatura do mosto, vale lembrar que normalmente utiliza-se somente para elevar a temperatura do mosto. Em cidades do norte e nordeste, devido às altas temperaturas, usa-se também, esfriar as dornas de fermentação utilizando-se uma mangueira de jardim e água da torneira.

Nutrientes

O uso de nutrientes no mosto é de grande importância principalmente quando se faz o pé-de-cuba e também quando a fermentação por algum motivo não vai bem e precisamos reativar o fermento. Também com o uso dos nutrientes, temos uma elevação no rendimento de produção do álcool. Tomemos como exemplo de aplicação prática, 4 tipos diferentes de nutrientes, sendo 2 naturais e dois sintéticos:



Sulfato de amônia: boa fonte de nitrogênio e ajuda na acidificação do mosto, sendo que devemos utilizá-lo na proporção de **1000 g / 1000 L,** ou seja, 1000 gramas (1 kg) de sulfato de amônia para cada 1000 litros de mosto.



Superfosfato de cálcio: boa fonte de cálcio, também deve ser usado na proporção de **500 g/ 1000 L.**

Farelo de arroz: deve ser utilizado na proporção de **1000 g /1000 L**

Fubá: aproximadamente 1000 g / 1000L.

Aconselho o uso destes nutrientes somente na fase inicial de multiplicação do pé-de-cuba e quando, por

algum motivo, a fermentação não está dando o rendimento esperado. Entraremos em maiores detalhes na etapa da fermentação prática de nossa microdestilaria.

A fermentação do mosto

A fermentação consiste em adicionar ao mosto uma levedura (fermento) para transformar o açúcar em álcool. A levedura é o microorganismo agente da fermentação. Além desta transformação o levedo ou levedura é responsável por várias outras reações benéficas e maléficas que atuam sobre o rendimento da produção. Com certeza é uma fase importante da cadeia da produção do etanol, se não for a mais importante. A acepsia é fundamental na fase da fermentação e consequentemente em todo o processo. A tabela abaixo mostra a perda de etanol em comparação ao número de bactérias maléficas no mosto:

Efeito da infecção no rendimento do etanol:

Infecção em nível (bactérias por ml.)	Perda no rendimento (porcentagem)
0-1 milhões	até 1%
1-10 milhões	1-3%
10-100 milhões	3-5%
mais de 100 milhões	mais de 5%

Fermento

Diversos tipos de fermento podem ser usados, desde fermentos naturais provenientes da própria cana até fermentos elaborados em laboratórios com a finalidade específica de produção do etanol,



como é usado nas grandes usinas de álcool. Neste trabalho nós prenderemos ao uso do fermento prensado ou “Flashman”, fermento muito utilizado em padarias. O fermento ao qual nos referimos é o ***Saccharomyces cerevisae,*** fermento largamente utilizado pelas indústrias de bebidas para a produção do etanol em suas mais diversas formas (cerveja, vinho, cachaça, etc). Usaremos o mesmo por ser de fácil aquisição, dar um bom rendimento e também pela sua boa produtividade e resistência. Usaremos o fermento que é refrigerado, não aconselho o uso de fermento desidratado.

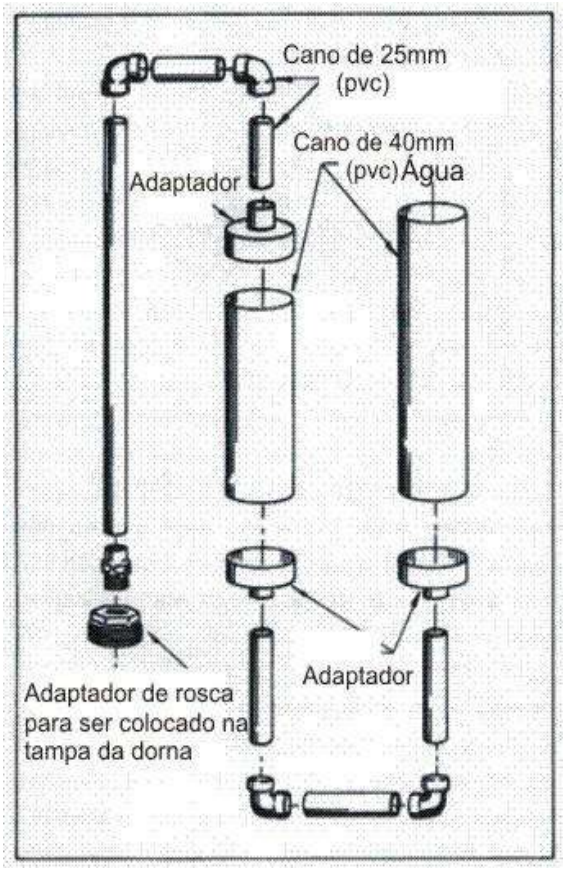
A sala de fermentação

A sala onde será realizada a fermentação deverá ter cuidados especiais. As paredes desta sala deverão ser revestidas com material impermeável e ter amplas janelas que possam ser fechadas rapidamente. A cobertura deverá ser feita de telhas de barro para impedir a variação brusca de temperatura, que provoca além da perda de álcool por evaporação, as infecções mais comuns na fermentação. Estas infecções ou contaminações são provocadas por micro-organismos indesejáveis que geralmente se desenvolvem a uma temperatura entre 30 e 36°C. Abaixo de 25°C a atividade da levedura decresce provocando atraso no tempo de fermentação.

Evidentemente que todos estes cuidados devem ser seguidos, mas é bom salientar que demandam uma grande quantidade de recursos. Pensando nisto é que desenvolvi um sistema que possibilita a fermentação em instalações bem mais simples e até mesmo ao relento.

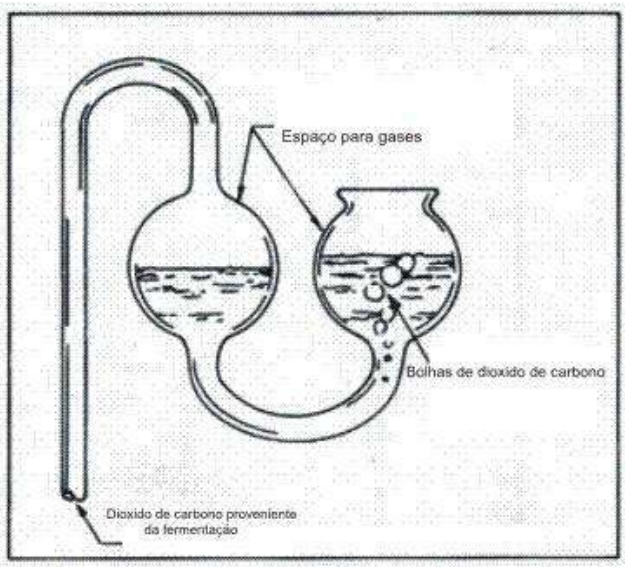
A falta da sala de fermentação acarreta 3 problemas graves:
1) variação indesejável de temperatura;
2) contaminações diversas;
3) evaporação de grandes quantias de etanol

Para contornar este problema, usaremos o dispositivo exemplificado abaixo:



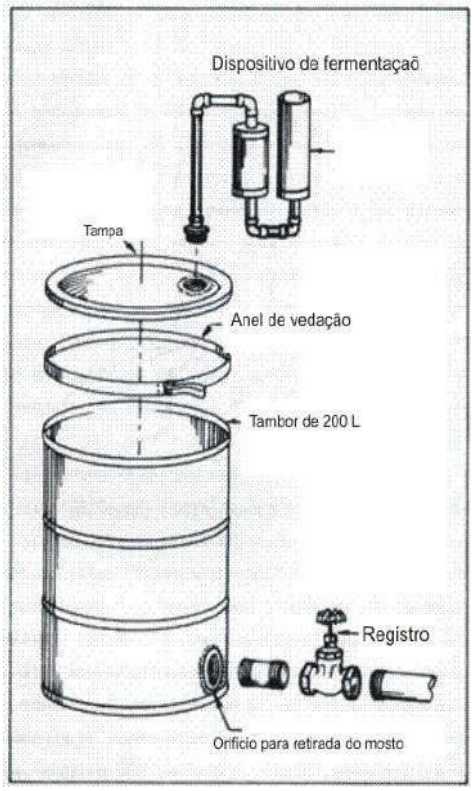
Trata-se de um “sifão” que deverá ser instalado em uma tampa hermeticamente fechada, que será instalada sobre a dorna de fermentação. Com este sifão teremos o escapamento do gás carbônico para a atmosfera, estaremos evitando a entrada de micro-organismos indesejáveis e principalmente o escape do etanol por evaporação. Para utilizarmos, basta colocarmos água + água sanitária (10% em volume) até a metade ou um pouco mais de sua capacidade. Este sifão será construído em PVC que é facilmente encontrado em qualquer lugar.

Abaixo princípio de funcionamento do sifão:



As moléculas de etanol, em estado gasoso, devido ao seu tamanho, serão bloqueadas pela água, já as moléculas de CO2 atravessam a água livremente. Este dispositivo é muito útil também para quando não pudermos destilar o mosto no mesmo dia em que acabar a fermentação.

Abaixo tambor usado como dorna com sifão adaptado:



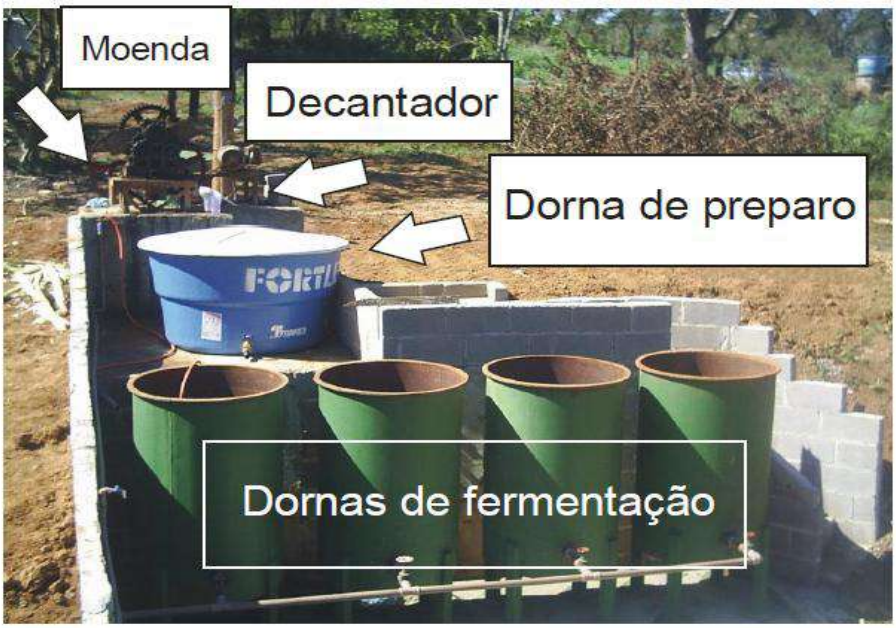
Dornas de fermentação



As dornas de fermentação são recipientes onde serão inoculados os mostos. Elas podem ser de ferro, plástico, cimento, aço inox, fibra de vidro. As dornas de alvenaria revestidas com cerâmica são muito utilizadas por serem de fácil construção e serem baratas, porém esfriam muito no inverno, prejudicando a fermentação. Não aconselho as de madeira. As dornas devem ter capacidade volumétrica correspondente a 30% maior que a capacidade da coluna de destilação, para conter o pé de cuba e evitar transbordamento. O fundo da dorna se for cônico, facilita o escoamento do pé de cuba facilitando a limpeza.



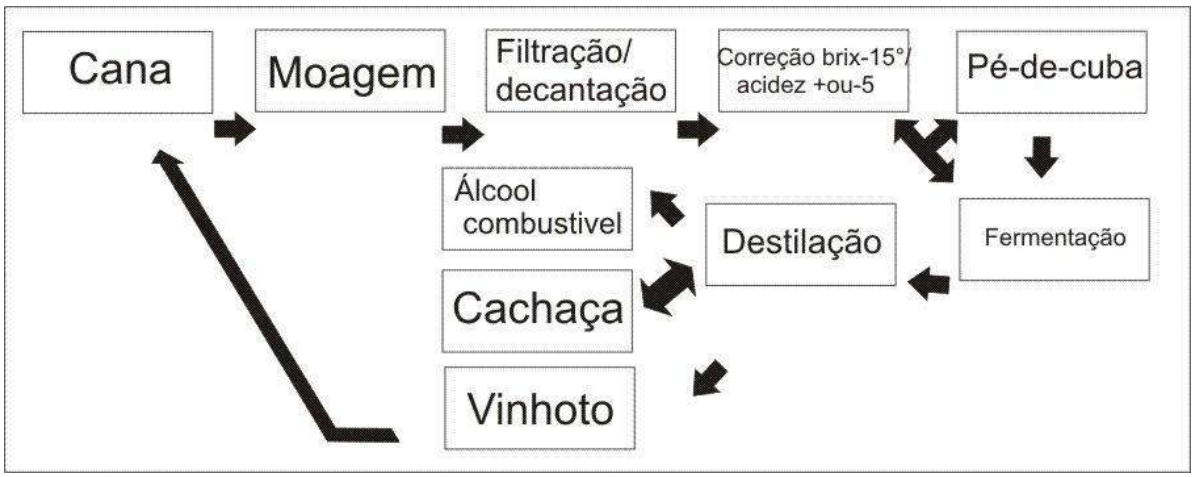
Se pudermos construir nossa microdestilaria em declive, será muito bom, pois todo o transporte do caldo será realizado em queda natural, evitando o uso de bombas:



As dornas devem passar por uma lavação especial antes do uso, usando uma solução de 3% de cal e desinfetá-la jogando álcool nas paredes e ateando fogo (se possível). Ou ainda espalhando com uma brocha, a solução quente a 2% de Emulsan AL.

Pé de cuba

Denomina-se pé de cuba a um mosto preparado com cuidados especiais de maneira que o fermento se desenvolva nas melhores condições possíveis. Este mosto, devidamente inoculado, será misturado ao mosto normal, em quantidade conveniente e teremos a fermentação com as características desejadas. Na verdade, o pé de cuba é a multiplicação inicial do fermento, para que ele possa desempenhar sua função da melhor maneira possível.



Obtenção do pé de cuba

O fermento é responsável pela transformação do caldo da cana em gás carbônico e etanol. O fermento mais simples e mais rápido é o prensado, conhecido como fermento fleischmann, como já foi dito anteriormente. Quando bem feito, oferece bom rendimento. Ele leva a vantagem sobre os outros tipos de fermento pela facilidade de ser encontrado nas padarias em geral, de fácil preparo e pode ser conservado em geladeira por uma semana ou no congelador durante três a quatro meses. Em locais aonde não houver geladeira, poderemos usar o fermento granulado seco, porém em último caso, já que, eu em particular, não obtive bons resultados com ele.

Algumas empresas e laboratórios vendem fermento selecionado, enviando instruções de uso adequado. Com o selecionado, a fermentação é mais rápida e o rendimento maior.

Pé de cuba com fermento prensado

Este pé de cuba tem receita dimensionada para dornas de 1000 litros, exatamente a que usaremos no projeto da microdestilaria de 100 litros /dia. Caso sua dorna seja de tamanho diferente, basta dividir ou multiplicar proporcionalmente os valores.

1º Ferver e resfriar até 32°C, 20 litros de caldo de cana diluído a 14°Bx e com ph em torno de 4,8;
2º Adicionar 500 gramas de fermento prensado tipo fleischmann dissolvendo bem;
3º Aguardar que mosto caia para 2 a 3°Bx;
4º Adicionar mais 100 litros de caldo de cana a 14°Bx, ph 4,8 e a temperatura ambiente +100g de sulfato de amônia +50g de superfosfato de cálcio + 100g de farelo de arroz;
5º Aguardar o mosto abaixar para 2 a 3 °Bx;
6º Adicionar mais 4x o caldo, ou seja 480 litros de caldo a 14°Bx, 4,8 de ph e temperatura ambiente + 480g de sulfato de amônia + 240g de superfosfato de cálcio;
7º Aguarde o mosto abaixar para 2 a 3°Bx;
8º Completar a dorna para 900 litros;
9° Aguarda cair para 2 a 3°Bx;
10° Pé de cuba pronto aguardando caldo de cana para prosseguirmos com a fermentação. A utilização de recipientes menores para o preparo do pé de cuba é recomendável para facilitar o processo. Em períodos de clima muito frio o preparo é mais demorado.



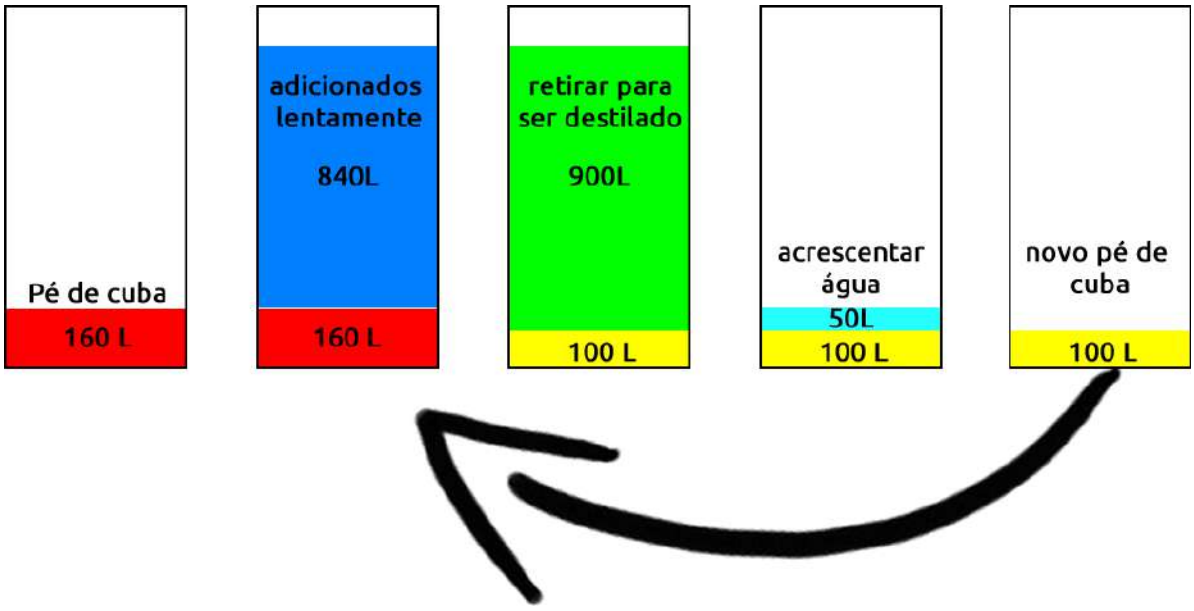
Marcha da fermentação

Obtido o pé de cuba, adiciona-se à dorna o caldo previamente ajustado e diluído até o volume útil. **A adição do caldo à dorna não deve ser realizada de uma só vez**, pois inibe o fermento, fenômeno ao qual os produtores denominam "afogamento do fermento" o que favorece o aparecimento de infecções e atrasa a fermentação. O caldo deve ser, por tanto, introduzido na dorna de maneira parcelada ou em filete contínuo. Devemos acompanhar a redução do brix pelo fermento e nas dornas. **NUNCA SE DEVE ULTRAPASSAR A METADE MENOS 1 DO VALOR DO BRIX DO CALDO,** ou seja, no nosso caso na dorna nunca se pode **ultrapassar 6°brix**, (14/2-1=6). Caso isto ocorra poderemos até matar o fermento e perder o pé de cuba. Existem dois tipos de condução possíveis para o processo de fermentação, o primeiro é chamado de corte das dornas. É um processo mais trabalhoso, mas compensa por ter um rendimento maior. O outro processo é o chamado de dorna única ou batelada.

Processo de dorna única

Este processo é ideal para quem quer produzir em menor escala ou não quer ter continuidade no processo de fermentação, realizando fermentações casuais.

. Coloca-se 160 litros de pé de cuba em uma única dorna;
. Em seguida completa-se o volume da dorna (1000 litros) com caldo preparado e diluído a 14°BX. Este caldo deverá ser adicionado lentamente em forma de filete.
. Espere o teor de açúcar cair para zero;
. Quando isto acontecer, deve-se esperar mais 20 minutos e retirar 90% do volume da dorna;
. Aos 10% restantes, deve-se adicionar água, cujo volume deverá corresponder a 5% do volume da dorna (a dorna ficará com 15% da sua capacidade) no nosso caso, será acrescentado 50 litros de água e ficará 150 litros;
. Aguarde 15 minutos;
. Passado este tempo, deve-se retirar a água (o fermento se decantará ficando no fundo da dorna) ficará na dorna o novo pé de cuba, que está pronto para a repetição do processo indefinidamente.

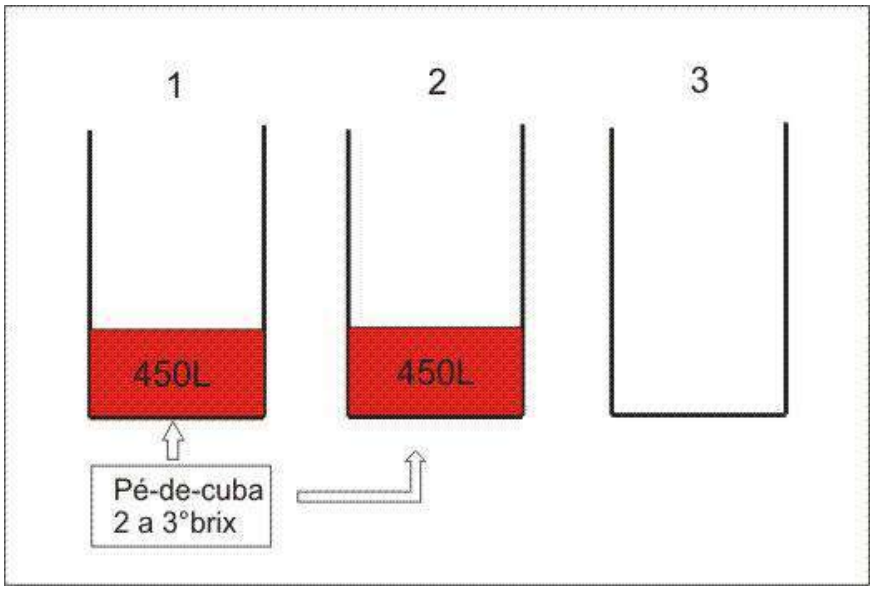


Importante: Enquanto estivermos acrescentando caldo na dorna, **NUNCA SE DEVE ULTRAPASSAR A METADE MENOS 1 DO VALOR DO BRIX DO CALDO**

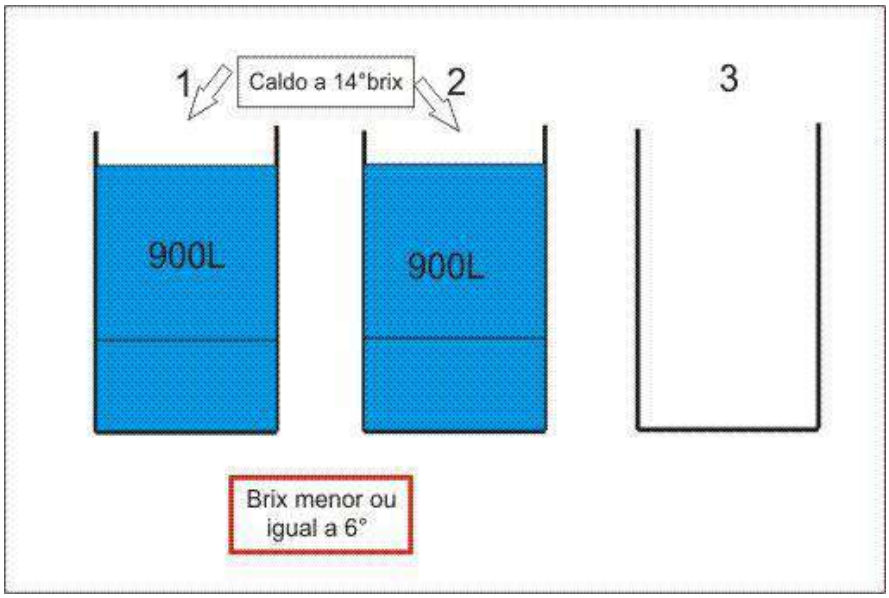
Corte das dornas

Utilizaremos 3 dornas de 1000 litros cada uma, vale ressaltar, que não poderemos usar toda a capacidade de uma dorna, devemos reservar perto dos 10% da sua capacidade para que não ocorra o derramamento do mosto durante o processo de fermentação.

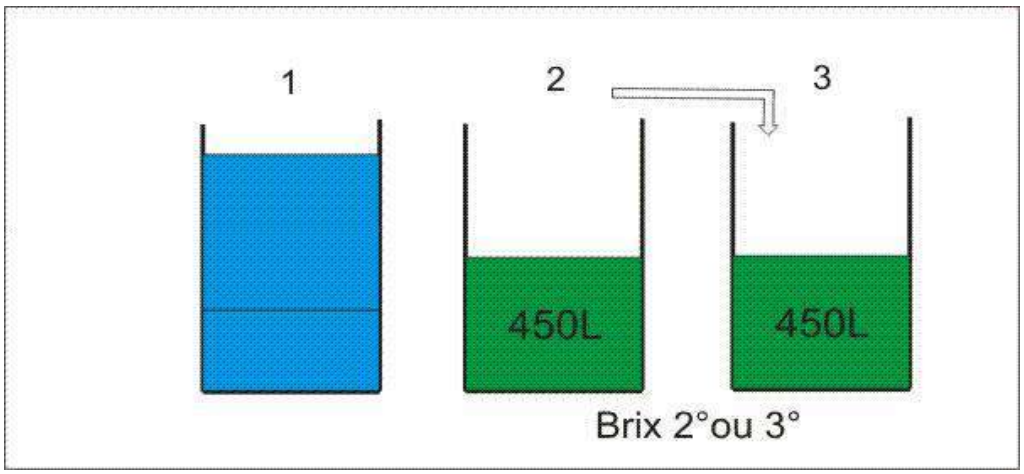
1. Dividiremos entre as dornas 1 e 2 os 900 litros de pé de cuba já previamente produzido como nas instruções anteriores;



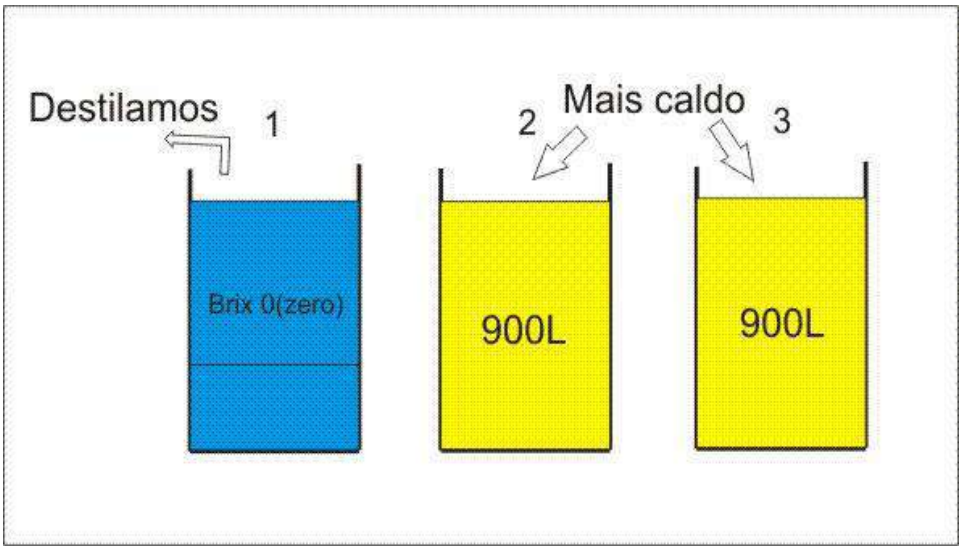
2. Adicionar (lentamente em filete contínuo) mais caldo diluído em 14° Bx até atingirmos o volume de 900 litros. Deveremos estar monitorando o brix do caldo da dorna e **nunca deveremos ele ficar acima de 6°Bx;**



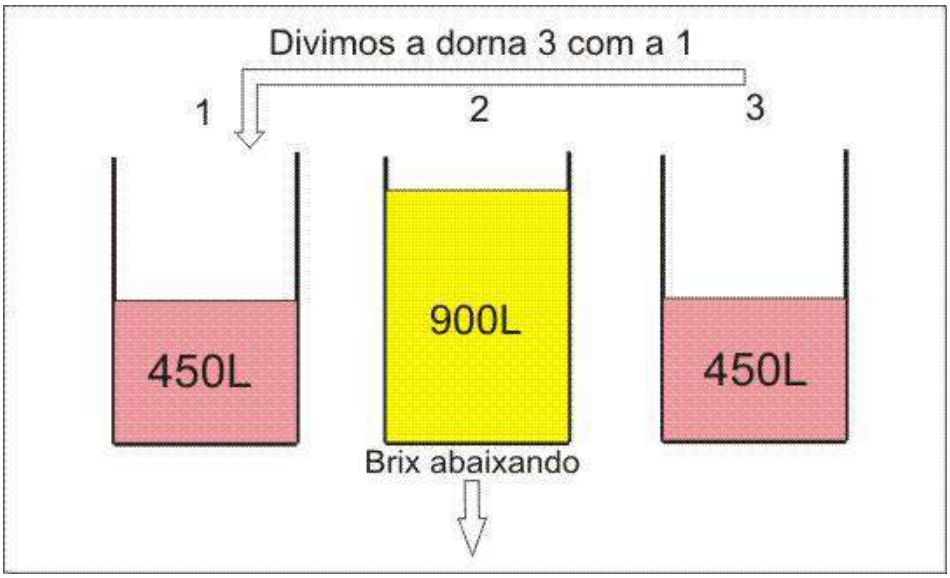
3. Aguardaremos o brix da dorna 2 abaixar para 2 ou 3° Bx e então dividiremos o conteúdo da dorna 2 com a dorna 3, enquanto isso deixamos o brix da dorna 1 cair até zero;



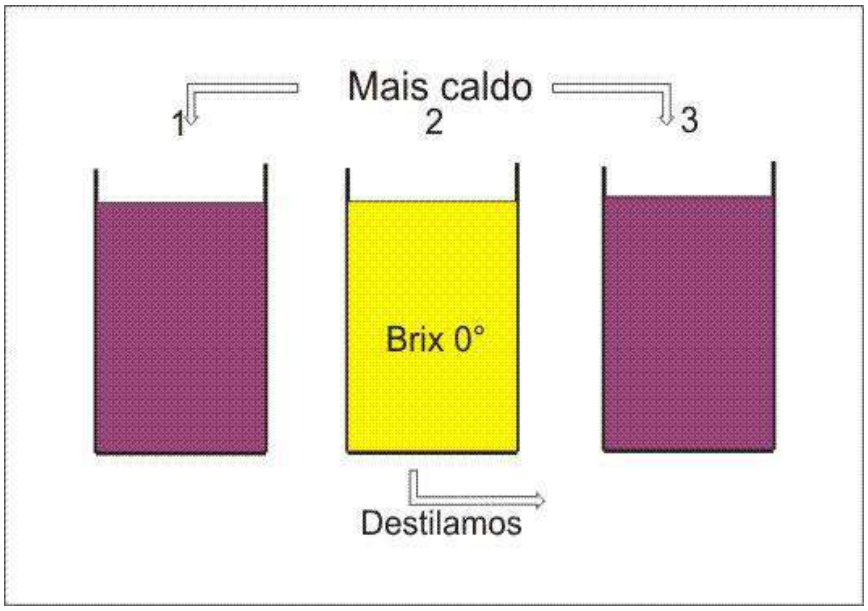
4. Adicionamos mais caldo nas dornas 2 e 3, e retiramos o mosto da dorna 1 quando estiver zerado e levamos ele para a destilação.



5. Aguardamos o brix da dorna 3 cair para 2 ou 3°Bx e dividimos seu conteúdo com a dorna 1, enquanto isto, deixamos a dorna 2 cair o brix;



6. Adicionamos mais caldo nas dornas 1 e 3 e quando o brix da dorna 2 chegar a zero, retiramos para ser destilado.



Continuamos assim indefinidamente até o final da safra. Caso algumas das dornas não comporte regularmente durante o processo de fermentação, deveremos descartar seu conteúdo e recomeçar o processo. E sempre poderemos usar dos aditivos já explicados caso a fermentação não caminhe normalmente em alguma das dornas. O preparo de novos pés de cuba mensalmente ou semanalmente no sentido de substituir ou reforçar a fermentação é muito recomendável. Você pode notar nas fotos anteriores que as dornas são interligadas por canos e registros para que esta divisão seja feita facilmente sem bombas.

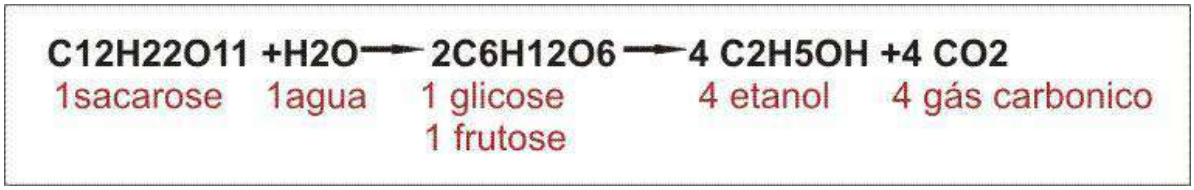
Conservação do fermento

Uma vez iniciada a operação, as paradas eventuais da fábrica devem ser evitadas, pois isto prejudica o vigor do fermento. Caso contrário, será necessário revigorar o fermento após cada interrupção. Para isso, procede-se a lavagem do fermento com água potável na proporção de duas vezes o seu volume, agitando bastante e aguardando a decantação. Em seguida retira-se a água de lavagem e repete-se a operação. A partir de então o fermento é alimentado com igual volume de caldo de cana bem diluído (perto de 2 a 3°Bx) e deve-se realizar intensa aeração. Deixa-se decantar novamente por 2 horas, retira-se o excesso de líquido

ajustando-se o volume padrão do pé de cuba e reinicia-se a fermentação. Contudo o mais aconselhável é evitar interrupções por períodos superiores a 24 horas.

Rendimento da fermentação alcoólica

A transformação da sacarose em etanol e gás carbônico é expressa pela equação de Gay Lussac à saber:



Entende-se por rendimento da fermentação alcoólica a relação porcentual entre o volume de etanol produzido e o valor máximo teórico. Os cálculos teóricos podem ser feitos tomando-se por base a relação de uma molécula de sacarose para quatro de etanol.

C12H22011_____> 4 C2H5OH + 4CO2
342_____4,46/0,789
100_____x

342= peso molecular da sacarose (g)
4= número de moléculas de etanol por molécula de sacarose
46= peso molecular do etanol
0,789= densidade do etanol (g/ml)
x= volume teórico de etanol obtido pela fermentação de 100g de sacarose
x= 68,2 ml de etanol

Para a produção de álcool combustível pode-se adotar como critério referência um rendimento de 80% que corresponde a 54,6ml de etanol por 100g de açúcar. Considerando que uma tonelada de cana fornece 600 litros de caldo a 20°Bx tem-se

600 x 1,0830 x 20/100= 130Kg de sacarose

Onde:
600= volume de caldo de cana a 20° brix em litros
20/100= grau brix convertido à base centesimal
1,0830= densidade do caldo g/ml ou Kg/l a 20°BX

Daí pode-se esperar 71 litros de etanol com base na relação:

kg de açúcar litros de álcool
100_____54,6
130_____X=71L

A prática tem nos mostrado valores próximos a 80 a 90 litros de etanol por tonelada de cana em média.

Acompanhamento e controle da fermentação

O acompanhamento da fermentação alcoólica é feito através de medições de brix do mosto ao longo do processo e observação de alguns aspectos como aparência visual, cheiro, temperatura e tempo de fermentação. Durante a fermentação ocorre uma queda permanente no teor de açúcar do mosto, bastante rápido na fase tumultuosa e tornando-se mais lenta no final, e nesta fase o brix tende a zero. O atraso ou paralisação na queda do brix é sinal de algum problema no processo podendo estar associado à infecção, queda brusca da temperatura, etc.



O cheiro normal de uma fermentação é agradável e frutado. Odores desagradáveis permitem identificar algumas contaminações: o cheiro de vinagre está associado a fermentação acética e o de ranço à fermentação butírica. Outro parâmetro importante a se observar é a evolução da temperatura do mosto durante o processo de fermentação. No inverno as temperaturas são baixas ficando perto dos 15°C, os produtores aquecem o caldo para atingir a faixa ideal que de 28 a 30°C. Devemos usar o esquema de serpentina já descrito anteriormente. No processo ideal a temperatura se mantém próxima dos 30°C na fase tumultuosa e depois decresce lentamente até atingir a temperatura ambiente. Durante o período normal de fermentação a acidez do mosto aumenta em torno de 30% e consequentemente o ph tende a cair.

Tempo de fermentação

O tempo de fermentação situa-se na faixa de 18 a 36 horas sendo afetado pelos fatores: temperatura, acidez, pureza, teor de açúcares. Em dias frios é normal a fermentação consumir 36 horas sem problemas de infecção. Entretanto essa destilação pode prejudicar o rendimento, por isso aconselho o uso do dispositivo “sifão” explicado anteriormente. Tempos de

fermentação reduzidos, podem indicar um processo incompleto, mosto muito pobre em açúcar, temperatura muito elevada do mosto, etc. Terminada a fermentação, aguardamos a decantação do fermento e prosseguimos imediatamente com a destilação, uma vez que terminada a fermentação alcoólica ocorre a fermentação acética, prejudicando o rendimento.

Rendimento:
Para se acompanhar a qualidade de uma fermentação, deve-se anotar o rendimento de cada dorna. Ao se observar o rendimento da destilação do vinho, verifica-se o comportamento do processo fermentativo. Quando uma dorna trabalha com caldo de cana com o brix padronizado e apresenta rendimento decrescente é porque fatores indesejáveis estão ocorrendo na fermentação. Em média podemos dizer que o rendimento é em torno de 80 a 90 litros de etanol por tonelada de cana. O processo fermentativo se divide em duas fases: fermentação tumultuosa e fermentação lenta. A primeira caracteriza-se por uma grande liberação de CO2. É a fase mais importante na formação do álcool. A segunda fase, também chamada de pós-fermentação, pode ser verificada pela diminuição da temperatura do mosto e queda na formação de gás carbônico. É nessa fase que ocorre a maior parte das infecções e a formação de álcoois superiores como, por exemplo, o metanol.

Acidentes da fermentação:
Os acidentes de fermentação decorrem, principalmente, de infecções por bactérias indesejáveis. Bactérias do gênero Acetobacter, por exemplo, aumentam acentuadamente a formação de ácido acético, pela oxidação do álcool ou aldeído acético, daí a extrema capacidade corrosiva do mosto fermentado. Este tipo de infecção é detectado pelo cheiro de vinagre ou pela presença das moscas do vinagre (drosofilas). A fermentação acética é favorecida pela presença de oxigênio. Portanto deve-se evitar o arejamento do mosto em fermentação. Outro tipo de infecção acha-se associados as bactérias lácticas principalmente dos gêneros *Lactobacillus* e *Atreptococus.* Nesse caso, o processo anaeróbico, como o da fermentação normal. As

bactérias são favorecidas quando o ph do mosto não é adequadamente controlado, ficando acima da faixa ideal. Além disso, a contaminação por essas bactérias torna-se mais acentuada quando falha no controle da temperatura e esta se eleva acima de 30°C. Quando a fermentação alcoólica apresenta-se infeccionada com fermentações irregulares e muito demoradas, deve-se esgotar completamente a dorna e desinfeccioná-la através de água quente ou vapor. Nesse caso, deve-se preparar novo pé de cuba.

Controle de acidentes da fermentação:

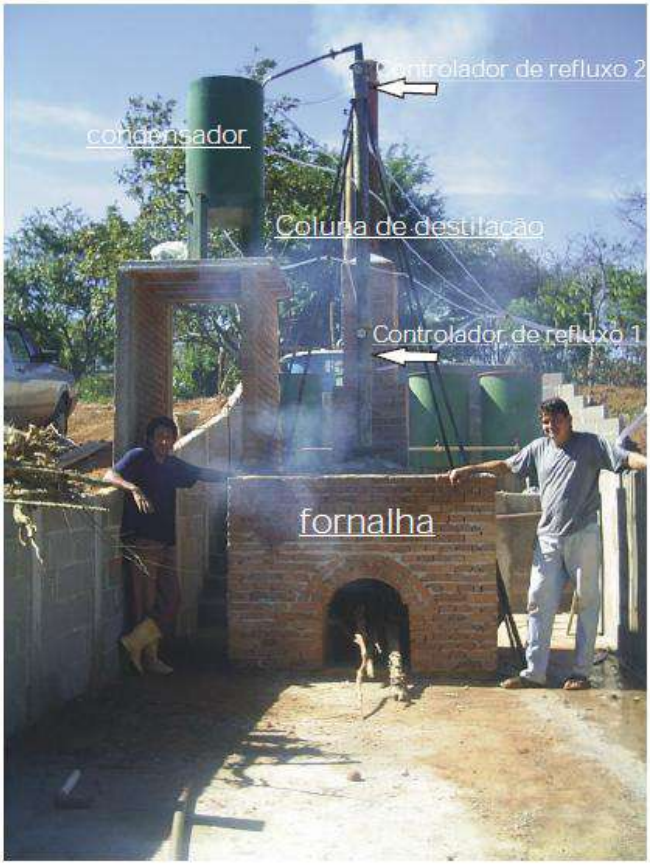
Para se evitar contaminações por bactérias na fermentação os produtores de álcool devem tomar os seguintes cuidados:
1. não queimar a cana;
2. moer a cana no período máximo de 24 horas, armazenando-se em lugar coberto e fresco;
3. manter rigorosa higiene dos equipamentos e instalações;
4. no preparo do mosto utilizar água potável;
5. utilizar fermento vigoroso, capaz de realizar a fermentação dentro dos prazos determinados (24 a 36 horas);
6. controlar a temperatura do mosto nos parâmetros já citados.

Destilação

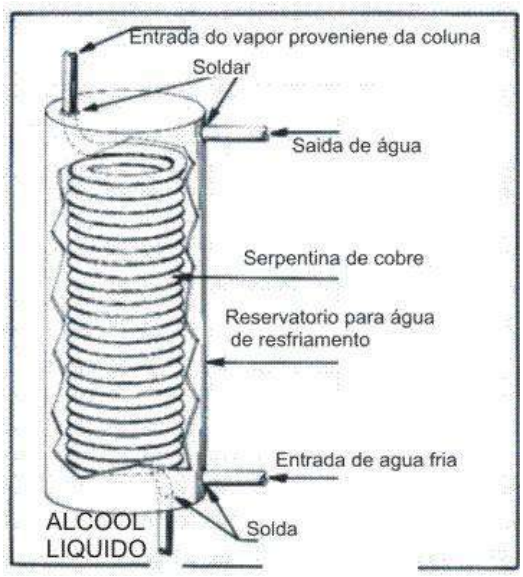


Detalhes dos equipamentos de destilação:

Para destilarmos o vinho (mosto fermentado) faremos uso de uma coluna de destilação muito simples, eficiente e barata que terá capacidade de destilar aproximadamente 100 litros de etanol por dia. É um equipamento de fácil execução, mais todos os detalhes e medidas devem ser rigorosamente seguidos. Podemos usar diversos tipos de material para a construção de suas partes, principalmente o aço inox, o cobre e o ferro galvanizado. Tudo dependerá de uma questão de custo /benefício. O aço inox é bem mais caro, mais em compensação tem uma durabilidade muito maior. Abaixo explicaremos suas diversas partes, esquema baseado em uma destilaria de minha propriedade que vem funcionando há mais de 10 anos de forma muito eficiente:



Condensador:



O condensador é a parte da microdestilaria responsável pela condensação dos vapores de álcool, ou seja, transformar os vapores de álcool em álcool líquido. Na prática ele é feito

utilizando-se um tambor, ou algo semelhante, com capacidade de 200 litros em média. Nele é introduzido uma serpentina feita de cano de cobre de 22mm (3/4 de polegadas), cano este facilmente encontrado em lojas de material de construção. Este cano deve ser moldado de maneira a formar uma serpentina.

No nosso caso utilizaremos aproximadamente uma barra de cano de ¾ de polegada, ou seja, 5 metros. O formato de serpentina é conseguido dobrando-se o cano com máquinas apropriadas para esta finalidade, ou utilizando-se do artifício de encher o cano com areia úmida e socá-la. Um serralheiro conseguirá fazer isto para você. Na falta do tubo de ¾, poderemos usar o tubo de ½ polegada e minha dica é comprar tubos para refrigeração que são facilmente dobráveis sem uso de ferramentas especiais. Eu e muitos de meus alunos temos construídos condensadores com tambores de 200 litros destes de aço carbono facilmente encontrados em qualquer lugar.



Devemos sempre nos lembrar que a direção da refrigeração da água em qualquer parte da coluna de destilação será: **água fria entrando em baixo e água quente saindo em cima.**
A água quente que saíra do condensador poderá ser utilizada para diversos fins: lavagem das dornas, moendas, aquecimento do mosto nos dias frios, aquecimento de água de banho da propriedade, etc. Para verificarmos a eficiência do nosso sistema condensador, basta observarmos a temperatura em que o álcool está saindo na forma líquida, o ideal é que esteja por volta de



28°C, caso a temperatura esteja muito superior a este valor é porque está faltando água no condensador, ou o mesmo está sub-dimensionado para a nossa coluna.

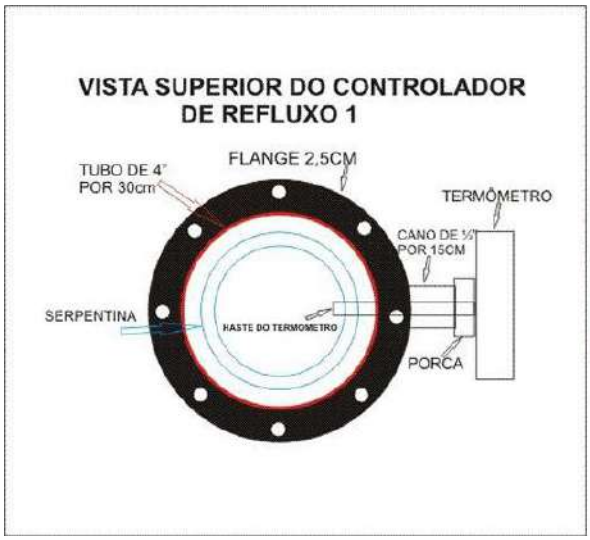
Controlador de refluxo

O controlador de refluxo nada mais é do que um trocador de calor colocado na coluna com a finalidade de controlar o refluxo dos vapores, permitindo assim, somente a passagem de vapores com concentrações de álcool altas. Sua operação é realizada mediante o controle da vazão da água que entra nele. Durante a operação a água fria é forçada através do trocador de calor para condensar parte do vapor ascendente e aumentar o refluxo. A

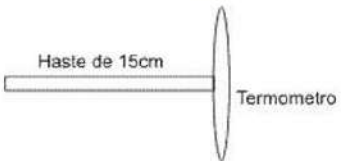
quantidade de água deve ser regulada com bastante precisão. Por isso utiliza-se registros de boa qualidade. Os termômetros utilizados nos controladores de refluxo têm a finalidade de determinar a temperatura que estão os vapores, e possuem função fundamental na hora da destilação, neste projeto optamos por utilizar termômetros usados em secadores de café pela facilidade de serem encontrados (em qualquer casa de artigos para agricultor) e também pelo seu preço. O termômetro em questão é da marca PINHALENSE e possui sua haste de medição de aproximadamente 15 cm. Devemos soldar um cano de ½ polegada de diâmetro, e 15 cm de comprimento e uma porca na sua extremidade que tenha a mesma rosca que a do termômetro. Este cano deve-se comunicar com o controlador de refluxo através de um furo que dê para atravessar a haste do termômetro:


termometro
Controlador 2
Saida de agua quente
Entrada agua fria
termometro
Controlador 1
Saida de agua quente
Entrada agua fria

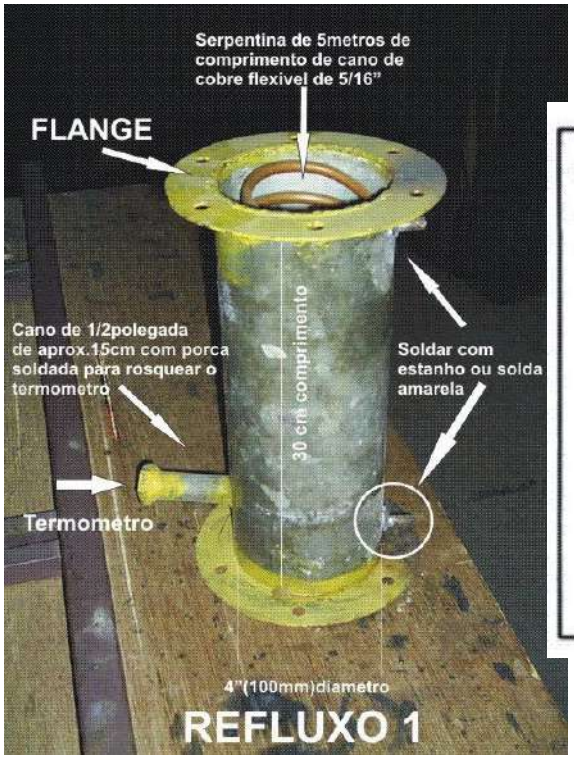

Flange
Saída de água
Termometro
Entrada agua fria

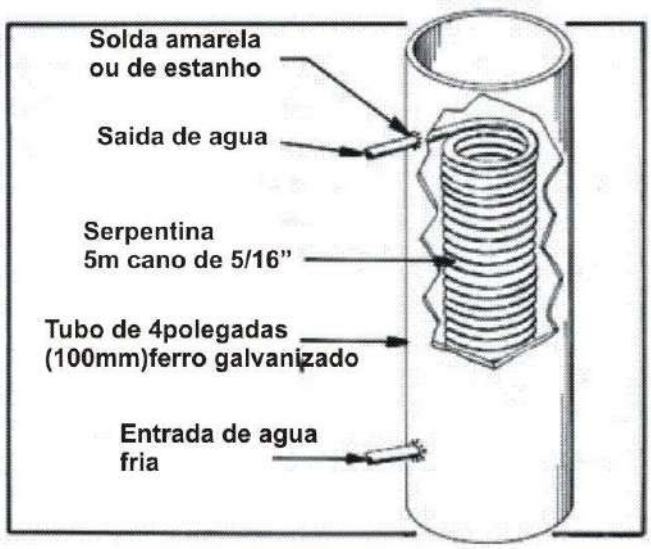

VISTA SUPERIOR DO CONTROLADOR DE REFLUXO 1
TUBO DE 4" POR 30cm
FLANGE 2,5CM
TERMÔMETRO
CANO DE ½" POR 15CM
SERPENTINA
HASTE DO TERMOMETRO
PORCA


60
90
TERMÔMETRO
30
120
°C
0
150

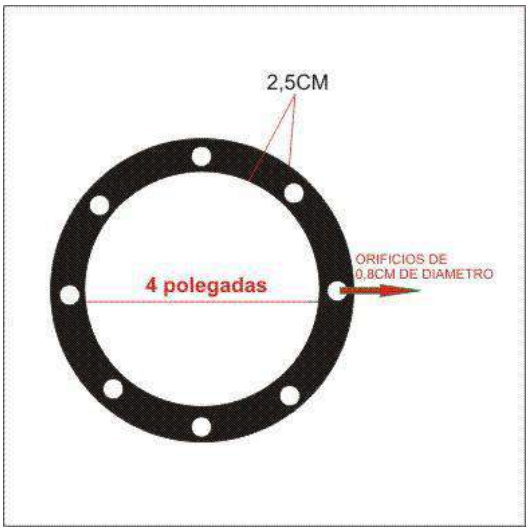

Haste de 15cm
Termometro

Vale lembrar que precisaremos de 2 termômetros, um para cada controlador de refluxo. Sua escala pode ir de 0 até 150 ou 250°C, como alguns modelos. Os controladores de refluxo são peças de metal (no meu caso optei pelo ferro galvanizado, por ser mais barato e de fácil obtenção) de **4 polegadas de diâmetro (100 mm)e 30 cm de comprimento.** Em seu interior vai uma serpentina de cobre, feita com tubos de 5/16" utilizados em instalações de gás, utilizamos 5 metros deste cano.



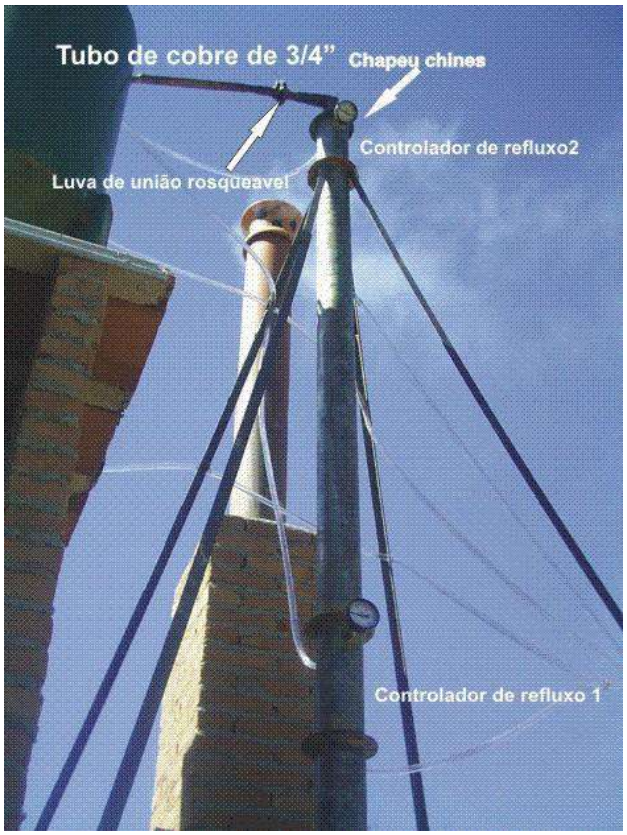


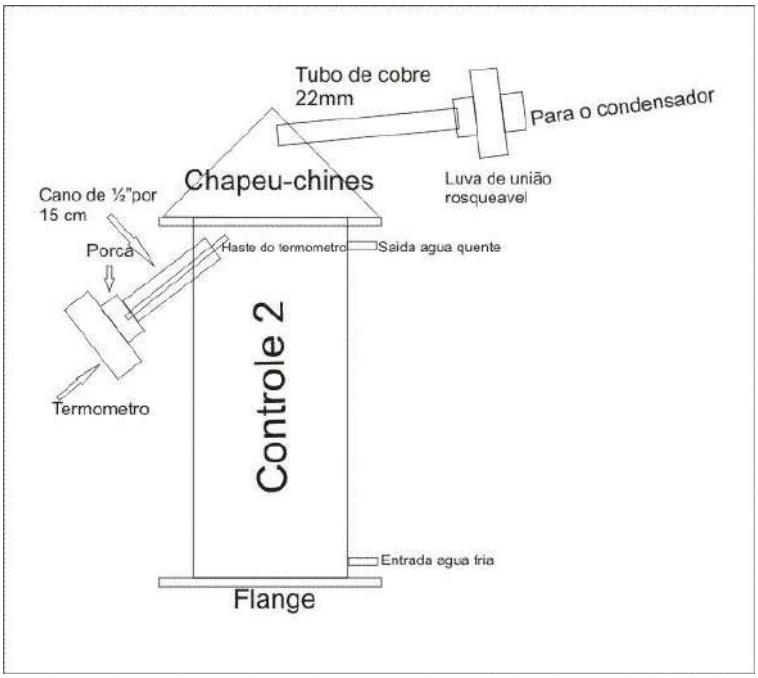
A **FLANGE** a que me refiro no esquema anterior é uma peça que serve para unir as diversas partes da coluna de destilação, ela deve ser feita de chapa preta grossa e possuir as seguintes medidas:



Quando formos montar esta flange nas suas respectivas peças devemos soldá-las nas peças. Os orifícios de 0,8cm tem a função de unir as diversas peças da coluna através de parafusos com porca, assim futuramente poderemos dar manutenção em qualquer parte da coluna sem problemas. Entre uma flange e outra temos que usar uma junta feita de papelão especial próprio, este papelão é facilmente encontrado em auto peças e é vendido em metro quadrado. Devemos também aplicar um silicone especial para altas temperaturas (ele é de cor vermelha e também encontrado em auto peças), pois é a junta mais o silicone que vedarão os vapores. Também é possível, mais não muito aconselhado o uso de luvas rosqueáveis da mesma bitola que o cano, neste caso não faremos uso nem das juntas, nem do silicone. Caso você não encontre o papelão próprio para juntas, podemos fazer uso da cortiça que é encontrada em casas de decoração e é vendida em folhas. Outro coisa que devemos observar é que a foto mostrada anteriormente é do controle de refluxo1. No controle de refluxo 2, ou superior temos duas diferenças básicas em relação ao refluxo 1, aliás todas as medidas são iguais, inclusive da serpentina. 1. O cano aonde vai se colocar o termômetro não deve ficar reto como no controlador 1 e sim em um ângulo de 45°para facilitar a leitura na hora da destilação, já que este termômetro vai ficar bem no alto. 2. Na parte superior do controlador 2 soldaremos um “chapéu chinês”, feito com chapa de cobre ou aço galvanizado, com saída para um cano de cobre de ¾ de polegada (22mm),é por aí que sairão os vapores de

álcool para o condensador. O tamanho deste cano até condensador vai depender da distância até a coluna, que deve ser a, menor possível. E neste mesmo cano, entre o controlador 2 e o condensador devemos fazer uso de uma luva de união de cobre rosqueável. Tanto na luva quanto na rosca devemos fazer uso de teflon (veda rosca).





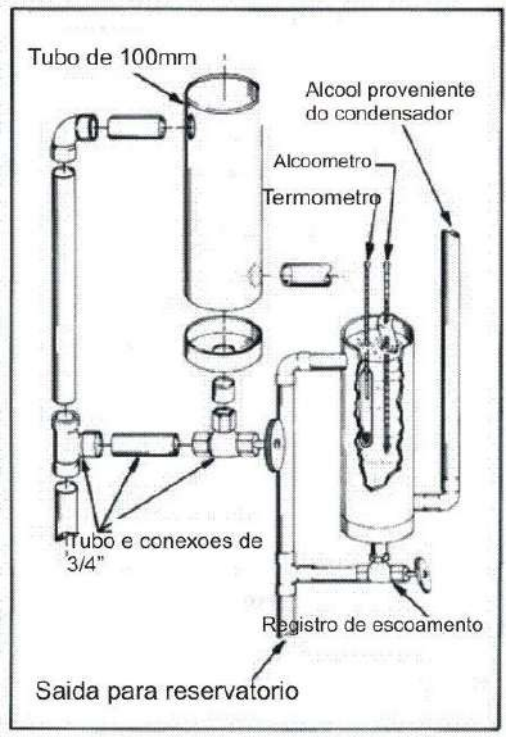
Como já foi dito precisamos de um registro para podermos controlar com precisão o fluxo de água nos controladores de refluxo e consequentemente a temperatura.



Copo para densímetro(opcional):



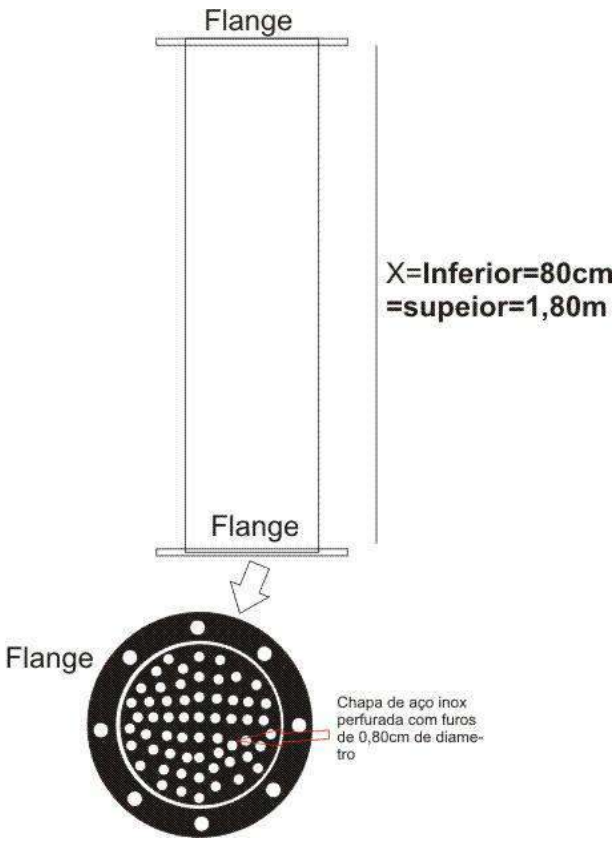
É um acessório dispensável na microdestilaria tem a função de se determinar a graduação alcoólica enquanto o álcool está sendo destilado no meu caso após o condensador retiro o etanol diretamente em um tambor e com alcoômetro vou verificando a graduação alcoólica. Podemos verificar pela figura o uso do alcoômetro e a graduação alcoólica. Vale lembrar que utilizo um pedaço de cano de pvc para esgoto branco de 40mm como recipiente para transportar e utilizar o aparelho.



Com o sistema em funcionamento o produto fabricado (álcool) saindo do condensador é introduzido no fundo do copo para alcoômetro e drenado no topo. O alcoômetro e termômetro permitem uma constante verificação do teor ou concentração do

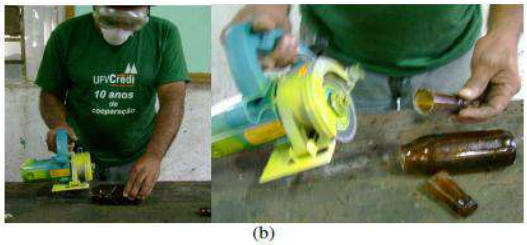
álcool produzido pela coluna. O registro colocado no fundo do copo permite que o álcool seja drenado a qualquer momento.

Retificadores:
Na nossa coluna faremos uso de 2 retificadores semelhantes, porém de tamanhos diferentes. O **retificador inferior** é feito de um pedaço de tubo (do mesmo material dos controladores de refluxo) de **4 polegadas (100mm) de diâmetro e 80 cm de comprimento,** devemos colocar as flanges como nos controladores e na sua parte inferior **soldamos uma chapa de aço inox perfurada por diversos furos de aproximadamente 0,5cm.** Dentro deste retificador acrescentaremos **caco de vidro,** eu disse cacos de vidro e não pó de vidro até a boca. Poderemos usar também gargalos de garrafas ou bolinhas de gude. **O retificador superior** é feito exatamente igual ao inferior mudando somente seu comprimento para **180cm (1,8m).** Soldamos uma chapa perfurada de aço inox e também enchemos de caco de vidro até a boca. A função da chapa perfurada é dar sustentação aos cacos de vidro.



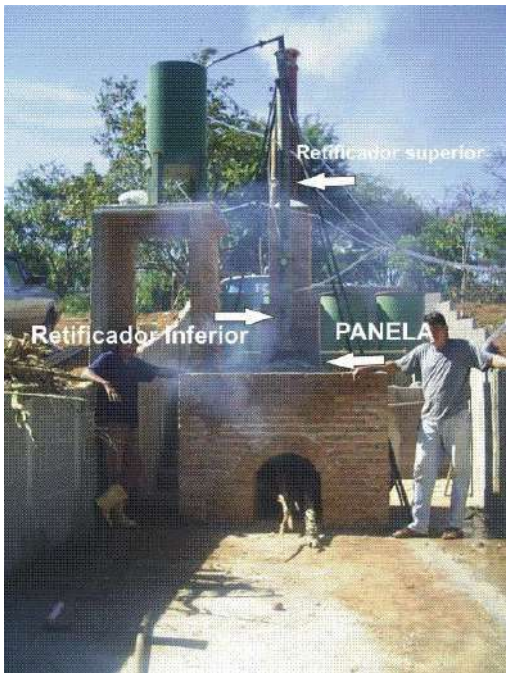


(a)



(b)

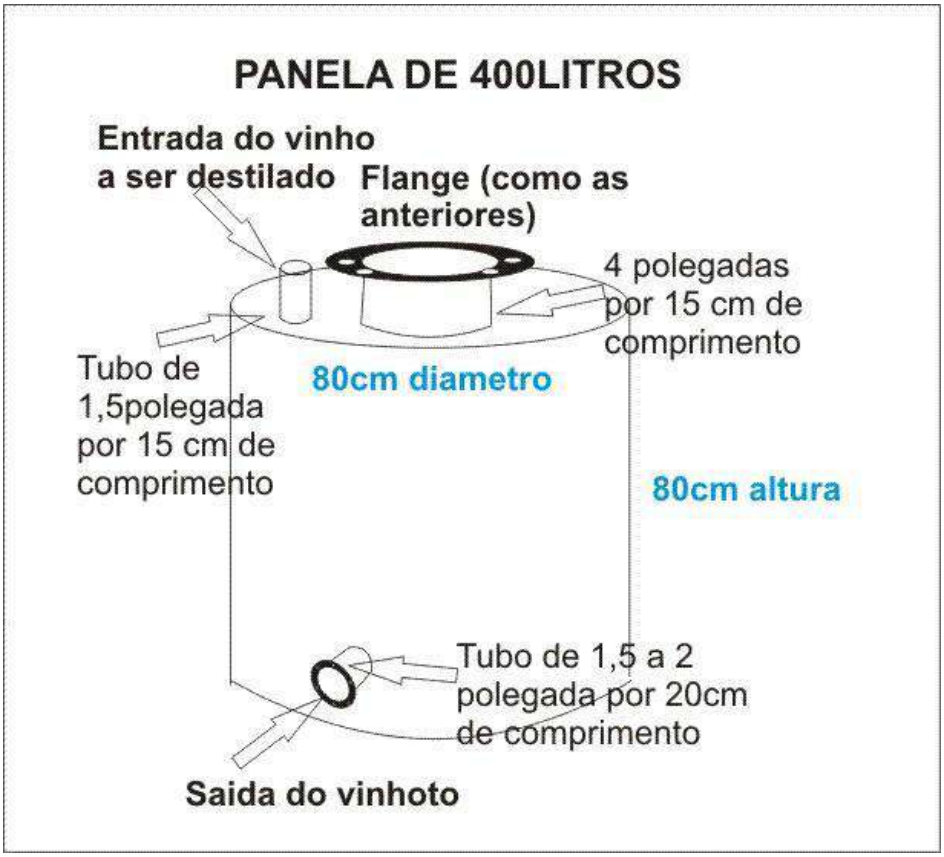




Panela

Neste projeto usaremos uma “panela” de capacidade de aproximadamente 400 litros novamente podemos usar materiais como o cobre, aço inox, aço galvanizado, etc. A panela será

alimentada por “fogo direto” um sistema mais barato e muito eficiente. No caso da minha destilaria optei por usar uma panela de um velho alambique de 400 litros de capacidade. Devemos usar nesta panela uma chapa mais grossa, por medida de segurança, algo em torno de 1mm é suficiente.



As medidas da panela são: 80cm de diâmetro por 80 cm de altura o que dá aproximadamente 400L. Na entrada do vinho devemos colocar um registro de 1,5 polegadas e na saída do vinhoto um registro de 2 polegadas. A flange que vai conectada a coluna é a mesma explicada anteriormente. Passaremos agora a relação de chapa que iremos utilizar, lembrando que se você encontrar uma panela maior já pronta não tem problema, você poderá utilizar somente 300 litros de vinho por vez, já que a capacidade máxima da nossa panela é de ¾, ou seja, 300 litros, esta medida tem que ser respeitada para se evitar um fenômeno chamado “vomitar” que consiste na saída de garapa aonde deveria sair o álcool

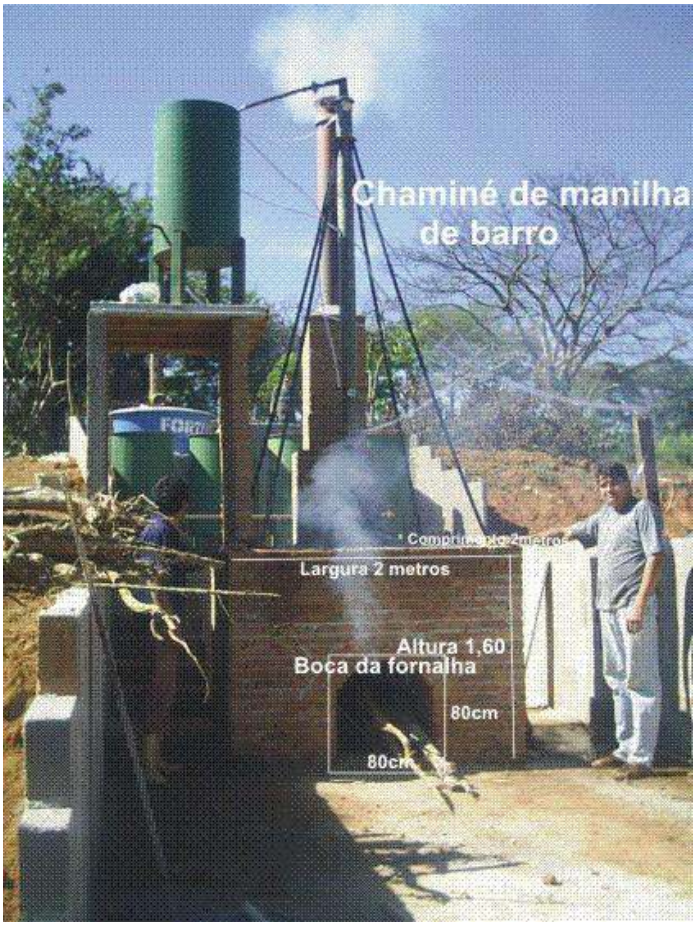
combustível após o condensador. Caso isto aconteça é sinal que você está colocando vinho (mosto fermentado) demais na panela.



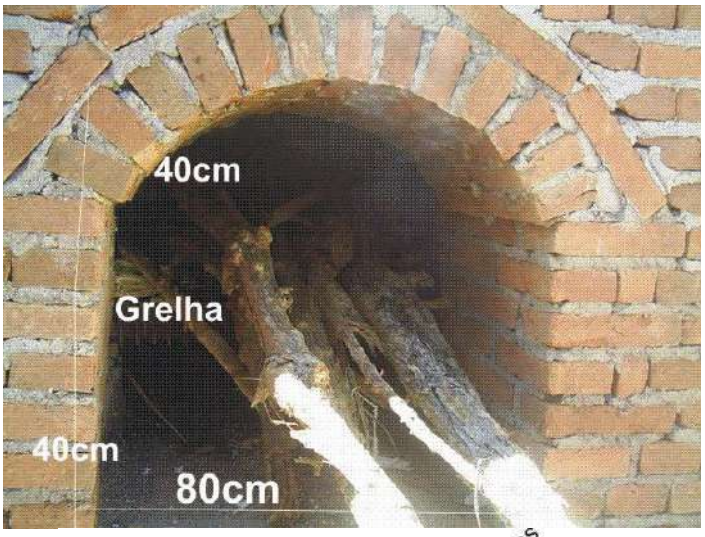
Fornalha

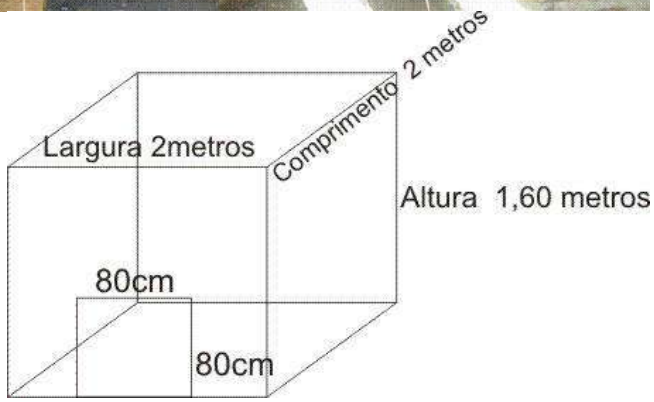
Desempenha grande papel na economia de material de combustão para a destilação. É na fornalha em que se queima o

combustível da destilação geralmente o próprio bagaço da cana. Devemos tomar muito cuidado na execução minuciosa desta parte da destilaria. Passaremos a detalhar a fornalha que usamos em nossa destilaria de simples feitio e pode ser feita por qualquer pedreiro. Usaremos manilhas como chaminé, vergalhões de ferro (mais grosso) para grelha e o traço é **1:3:8 (cimento, cal e areia lavada)** e não utilizaremos água na argamassa mais sim caldo de cana. Os tijolos são maciços e de preferência bem queimados. Estas medidas são para evitar o surgimento de trincas devido às altas temperaturas. Utilizaremos também areia como isolante térmico.



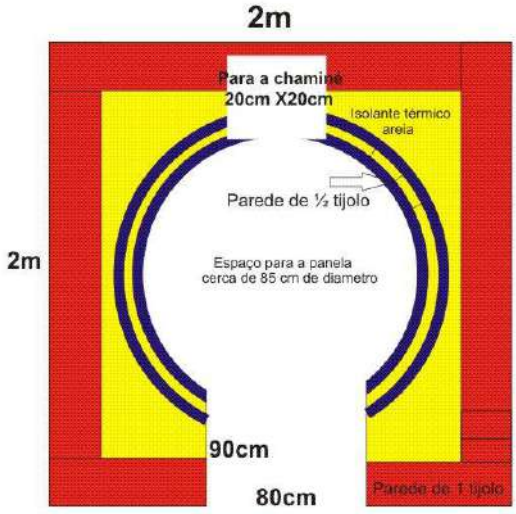
A boca da fornalha tem as dimensões de 80 X 80cm sendo que na altura ela é dividida ao meio por uma grelha:



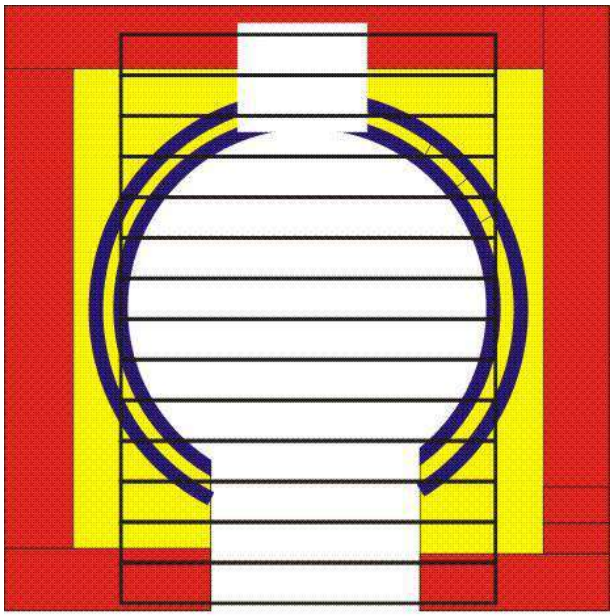


Devemos assentar os tijolos das paredes externas de 1 tijolo e as paredes internas de ½ tijolo.

VISÃO SUPERIOR DA CONSTRUÇÃO DA FORNALHA



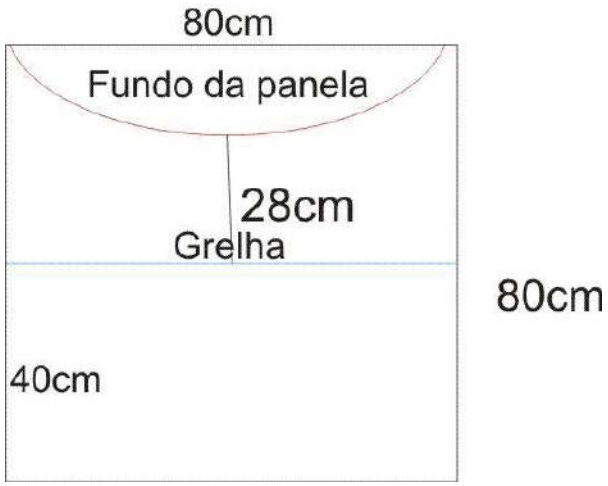
A construção deve seguir o esquema assim até que se atinja 40cm de altura, neste momento deveremos montar a grelha, com vergalhão de aproximadamente ½ de diâmetro ou mais.



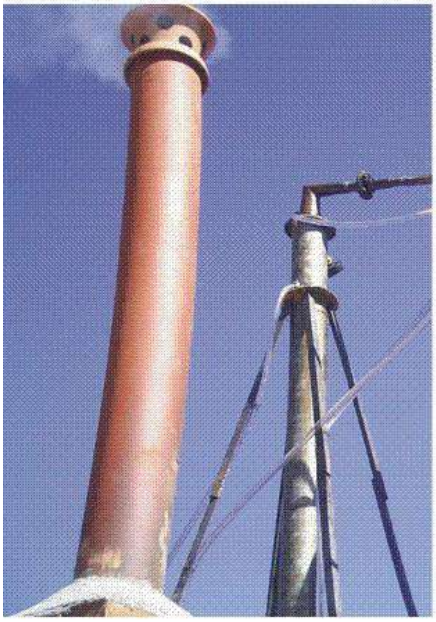
Grelha montada com vergalhões de aprox.1/2 polegada

Prosseguimos até atingir a altura de 1,20m. É importante salientar que a panela deverá ser colocada logo após a grelha, e a parede interna deverá circundá-la.

Boca da fornalha



A chaminé deverá ser instalada o mais alto possível no meu caso ela tem aproximadamente 3m acima da parte superior da fornalha.



Montagem da coluna de destilação

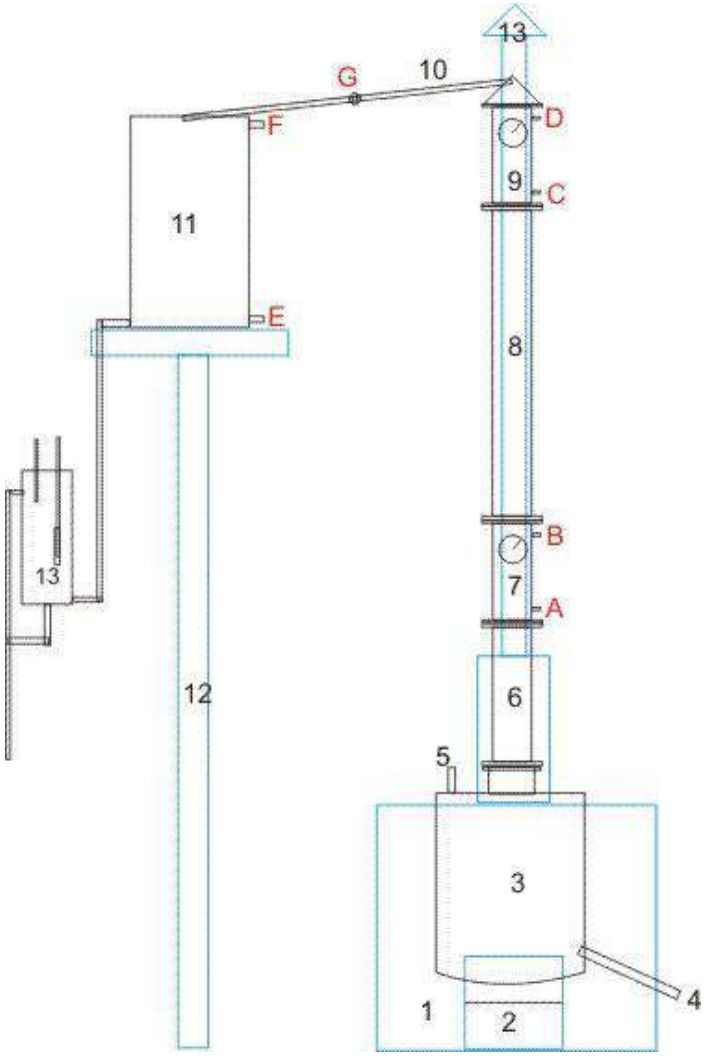
Após construídos todos equipamentos da coluna: fornalha com chaminé, panela, retificador inferior, controle de refluxo 1, retificador superior, controle de refluxo 2 com saída para condensador através do chapéu chinês, condensador e copo para alcoômetro (opcional) estamos prontos para montar a coluna. Para montá-la devemos seguir a sequência: fornalha, panela, retificador inferior, refluxo1, retificador superior, refluxo 2, condensador. Devemos colocar as juntas entre as flanges aplicando o silicone para altas temperaturas, como já foi explicado anteriormente.



Podemos observar que o condensador deve ficar no alto e o mais próximo possível do controlador de refluxo 2, isto para diminuir o percurso dos vapores de álcool até o condensador. O condensador aqui foi instalado sobre muretas de tijolos e uma pequena laje. Mais na sua destilaria você pode optar por um poste de cimento, tora de madeira etc.



Abaixo mostraremos em detalhes a montagem das diversas peças e também as ligações de água nos equipamentos da coluna.



ONDE:

1. Fornalha (2m de comprimento X 2m de largura X 1,6m de altura)
2. Boca da fornalha (80cm X80cm e a grelha a 40cm de altura em relação ao chão e 28cm em relação ao fundo da panela)
3. Panela de 400L (80cm de alturaX80cm de diâmetro)
4. Saída do vinhoto (2 polegadas de diâmetro-usar registro)
5. Entrada do vinho (1,5 poleg.-usar registro)
6. Retificador inferior (80cm de altura X 4polegadas diâmetro-cheio de cacos de vidro)
7. Refluxo 1 (30cm de altura X 4 poleg.A=entrada de água fria proveniente de registro; B=saída de água quente.)
8. Retificador superior (1,80metro X 4 poleg.de diâmetro cheio de cacos de vidro)

9. Refluxo 2 (30cm X4poleg. C=entrada de água fria proveniente de registro de controle D=saída de água quente.)
10. Tubo de cobre de 22mm (3/4")utilizado para levar o vapor do chapéu chinês até o condensador.
11. Condensador de volume de 200 litros com serpentina interna de 22mm X5 metros de comprimento. E=entrada de água fria. F=saída de água quente)
12. Suporte do condensador (o mais perto possível da coluna.)
13. Copo para alcoômetro (opcional)-IMPORTANTE: a saída de álcool independentemente de se utilizar o alcoômetro ou não deve ser o mais longe possível da fornalha para se evitar acidentes. Caso não opte pelo copo para alcoolmetro recolheremos o álcool diretamente da saída do condensador através de tubulação.

Abastecimento de água

É extremamente importante um reservatório de água com capacidade pelo menos de 1000L para suprir a demanda da microdestilaria. Usamos a água não somente durante a destilação, mas também na lavagem dos equipamentos, diluição do mosto, etc. O reservatório deverá ser instalado na parte mais alta da destilaria e devemos ter uma rede de abastecimento até os equipamentos de pelo menos ¾ polegada.

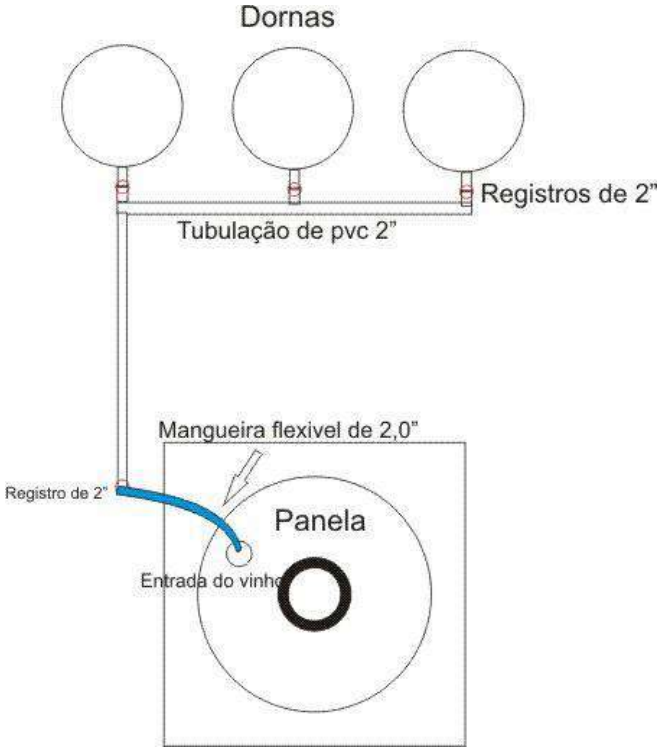


Operando a coluna de destilação

Após o mosto ter caído seu brix para zero ele passa a se chamar vinho deveremos imediatamente destilá-lo, sob pena de perdermos em rendimento. Através de uma tubulação existente entre as dornas até a panela do destilador, encheremos a panela com 300 litros de vinho (3/4 da capacidade da panela), esta medida é feita através da introdução de uma régua de madeira que indicara o nível do vinho dentro da panela.



Observamos na figura acima que temos um registro para cada dorna e todas as dornas estão interligadas por um único cano até a panela. O objetivo destes registros é dividir as dornas durante o corte e também transferir seu conteúdo até o destilador. Observe também que em baixo temos caps que são os drenos das dornas e os registros estão cerca de 20% da capacidade da dorna justamente para conservar o pé de cuba.



Em seguida fechamos o registro da entrada do vinho e colocamos fogo na fornalha utilizando lenha e/ou bagaço. O aquecimento pela primeira vez no dia é em torno de 45 minutos. A medida que o vinho começa a entrar em ebulição o vapor subirá na coluna. Depois de certo tempo, a coluna começará aquecer até atingir uma temperatura de equilíbrio. Os controladores de refluxo 1 e refluxo 2 deverão ser regulados através dos registros para trabalhar a **82°C e 78°C respectivamente.** Ou seja, o refluxo 1-82°C e o refluxo 2-78°C. Pode acontecer do termômetro que você esteja utilizando não ser muito preciso e por isso as temperaturas nos refluxos darem diferente. Tenha consciência que temperaturas acima de 78°C no refluxo 2 fará com que a graduação alcoólica do destilado fique menor, e temperaturas inferiores a 78°C no refluxo 2, fará com que nenhum vapor vá até o condensador, por isso é bom fazer um teste da temperatura em função dos termômetros que estão na sua coluna. Quando na saída do condensador estiver saindo um álcool em torno de 95°GL é sinal que a temperatura que estiver marcando o refluxo 2 e 1 que são as ideais. O refluxo 1 não tem sua regulagem crítica, podendo ficar com seu registro aberto constantemente em torno de 75% de sua capacidade devendo ser aberto em 100% quando

a temperatura no refluxo 2 estiver muito alta, bem acima dos 80°C. Mais não se preocupe na prática a coluna praticamente se estabiliza nas temperaturas ideais sozinha. A medida que a destilação progride o vapor irá conter cada vez mais água e consequentemente menor será o teor de álcool produzido. Toda vez que o teor alcoólico estiver abaixo de 85°GL o material deve ser colocado em tanque separado e guardando para uma redestilação posterior (pré destilado). Acima de 85°GL em álcool a mistura pode ser usada no tanque do combustível sem nenhum problema para o motor. Todavia a destilação deve continuar até que a temperatura do refluxo 2 indique 100°C ou quando o destilado estiver abaixo de15°GL. Quando estes valores forem atingidos a destilação deverá ser finalizada. Retiramos o fogo, abrimos o registro de saída do vinhoto, logo em seguida abrimos o registro de entrada do vinho e esvaziamos a panela. Assim recomeçamos todo o processo e o álcool que está com o teor abaixo de 85% deverá voltar a panela junto com o novo vinho. Podemos destilar todo este álcool de uma vez quando eles juntos derem a capacidade da panela, ou seja, 300 litros. Vale lembrar que o vinho tem por volta de 10% de álcool etílico a 96°GL. **NOTAS IMPORTANTES: Antes de utilizarmos a coluna pela primeira vez, devemos fazer um teste destilando água, para que se possa determinar algum possível vazamento que obviamente deve ser imediatamente reparado. E deve-se ter com o álcool os mesmos cuidados que se teria com qualquer combustível.**

Vinhoto

O que sobrou da destilação do etanol o chamado vinhoto ou vinhaça é uma mistura de 98% de água e mais 2% de outras substâncias principalmente sais minerais. Não podemos lançar esta substância em lagos devido ao fato dela ser poluente, pois reagem com o oxigênio da água fazendo com que morram os peixes e outras formas de vida. O ideal é utilizá-la na alimentação de gado e ou porcos o que deve ser acompanhado por um engenheiro agrônomo ou utilizado como fertirrigação para o próprio canavial ou outras culturas. Para isso fazemos uso de tanques e bombas. Caso você não queira utilizar o vinhoto

poderá optar pela construção de um buraco para armazenar este resíduo.

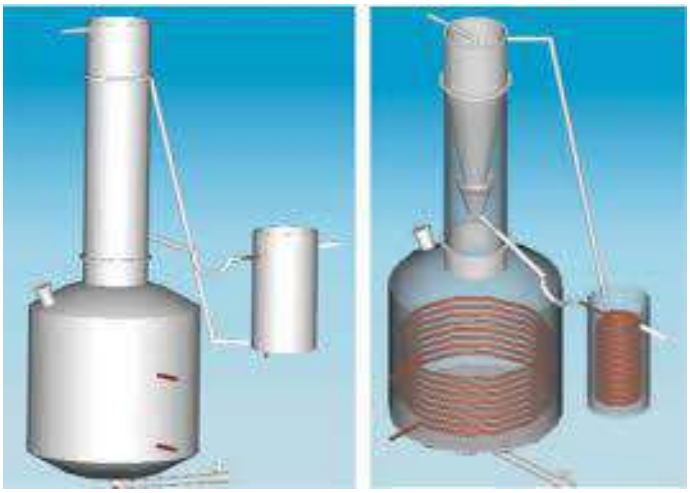
Armazenamento do etanol

Todo o cuidado deverá ser tomado no armazenamento do etanol por ser um combustível altamente inflamável. Devemos atentar para o fato, que o álcool evapora e por isso deveremos armazenar em caixas herméticas. Tenho utilizado com sucesso, caixas recicladas da indústria química de 1000 litros de capacidade.



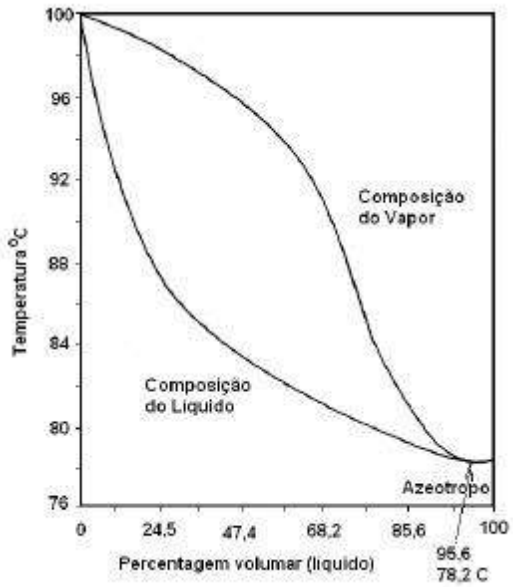
Capítulo 7

O uso de pré destiladores para aumentar a produção

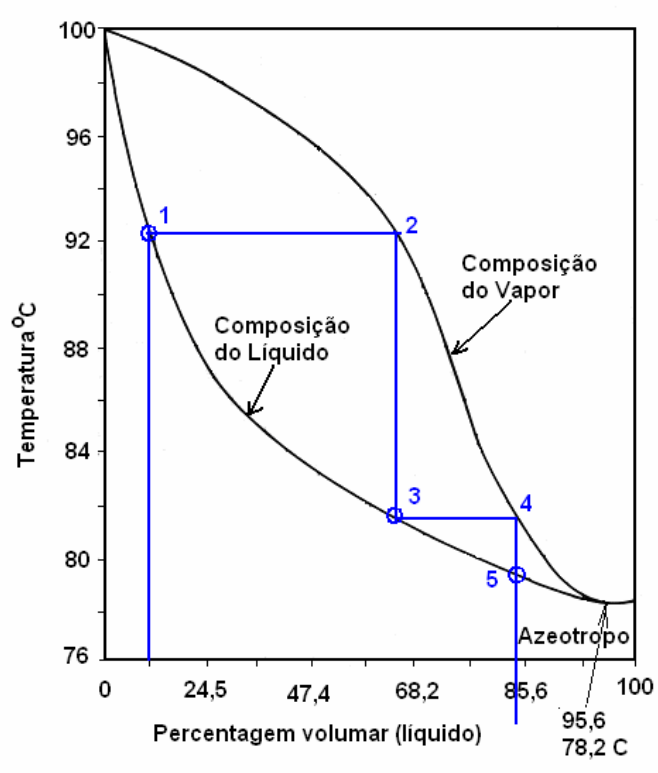


Com a mesma estrutura explicada nos capítulos anteriores poderemos produzir bem mais de 100 litros por dia, na verdade poderemos produzir por volta de 500 litros por dia usando de pré destilado. Na parte sobre destilação, orientei você a recolher o álcool que tivesse graduação alcoólica abaixo dos 85°GL para uma futura redestilação, quando formos redestilar este álcool notaremos que o rendimento da destilação aumenta de forma exponencial, isto é porque a substância a ser destilada tem muito mais do que os meros 10% de etanol encontrados no mosto fermentado. Usaremos os “pré-destilados” como estratégia de aumento da produção ou ainda poderemos fazer uso de resíduos da produção de cachaça (cabeça e calda), que são descartados na produção de cachaça de qualidade. Este resíduo da cachaça, que na verdade é um pré-destilado, é composto de aproximadamente 40 a 50% de etanol em sua composição. Você pode adquirir o pré-destilado junto a um produtor de cachaça, ou produzi-lo através de pré-destiladores. Utilizando-se do pré-destilado em nossa microdestilaria, ao invés do mosto fermentado conseguiremos uma produção na ordem de 50 a 60 litros por hora, o que nos dá uma produção de aproximadamente 500litros/dia. Podemos utilizar alambiques comuns de fabricação de cachaça como pré-destiladores, mas o ideal é construir seu próprio pré-destilador.

Assim conseguiremos uma produção muito maior e mais estável de pré-destilados. Até agora, aprendemos como produzir álcool pela destilação do mosto fermentado ou vinho, colocado diretamente no evaporador da coluna. Apesar do bom funcionamento da mesma, ela apresentará um rendimento relativamente baixo devido a grande quantidade de água contida no vinho (88 % em média). Como a coluna deve ser submetida a um controle mais apurado e deve ser operada continuamente para ser vantajosa, é um equipamento mais sofisticado e, portanto, de valor elevado. Assim, quanto mais elevado for o teor de álcool da solução que entra no evaporador ou panela, maior será o rendimento da coluna. Por exemplo, se a coluna estiver produzindo 25 litros de álcool por hora com a utilização do vinho, ela irá produzir o dobro se o operador introduzir, no evaporador, uma solução hidroalcoólica com 40% em álcool (cabeça e cauda da produção de cachaça) ou um maior rendimento, ainda, com um pré-destilado a 50%. Se uma solução a 40% em álcool for repassa pelo novo pré-destilador, ela passará a ter um teor alcoólico superior a 75%. Se esta nova solução (75%) for introduzida na coluna de retificação, esta terá um rendimento em álcool (92%) substancialmente aumentado e ao redor de 50 litros por hora. Para entender o que foi dito, uma análise da figura 1 mostra que para cada temperatura, a fase líquida e a fase de vapor de uma solução hidroalcoólica apresentam composições diferentes. Isso quer dizer, por exemplo, que se uma solução com 24,5% tiver os seus vapores condensados, o líquido resultante terá uma concentração superior a 65%.
Pela figura 2 pode concluir que, se um vinho ou mosto fermentado apresentar uma concentração de 12% (ponto 1) e for passado em um pré-destilador a 92°C, a concentração da solução resultante da condensação de seus vapores será de 65% (ponto 2-3). Se a solução resultante for aquecida a 84°C (ponto 3), a solução resultante terá a concentração de 85% (pontos 4-5). Esse álcool já pode ser usado em seu veículo. Acumule uma boa quantidade de álcool 85% e passando-o pela coluna de retificação, o rendimento em álcool de alto grau será aumentado substancialmente.



Composição do vapor e do líquido do sistema água-álcool, a 760 mmHg, em função da temperatura.

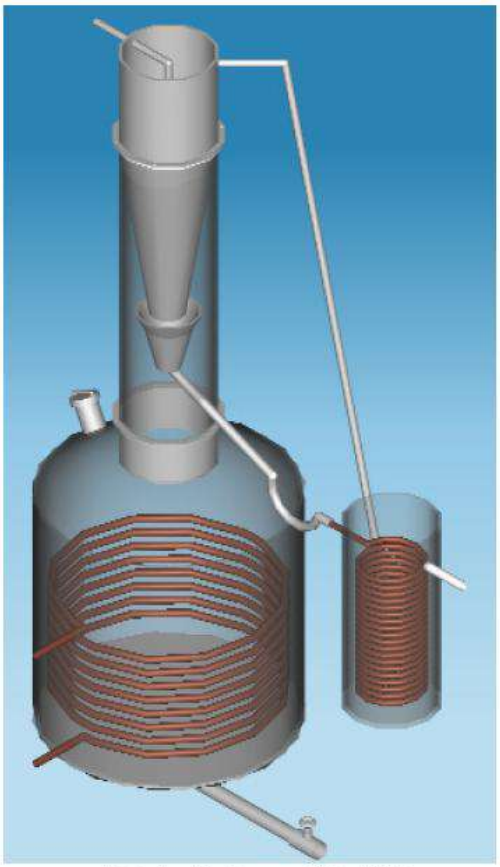


Composição do vapor e do líquido do sistema água-álcool em função da temperatura. Abaixo sequência projeto de um pré

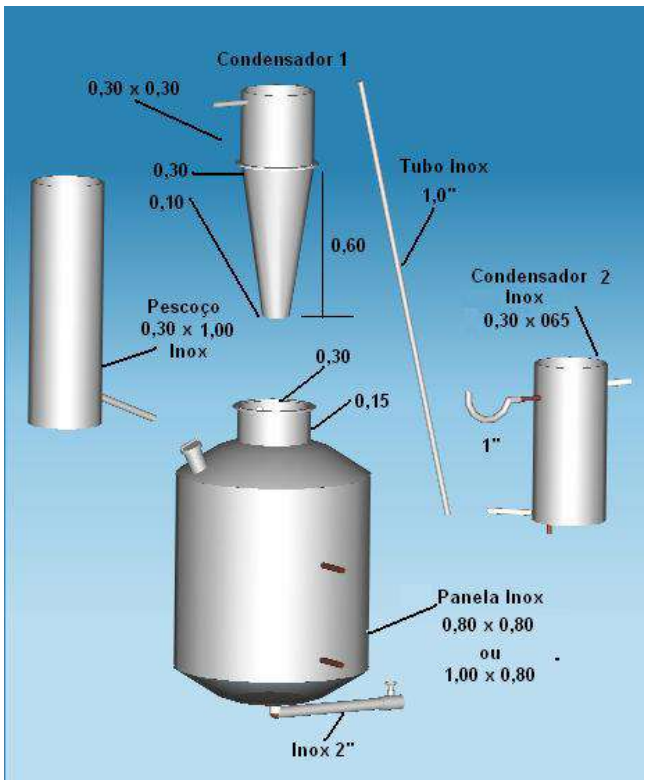


Pré-destilador modelo UFV
aquecimento indireto (300 a 500 litros)
Vista Geral

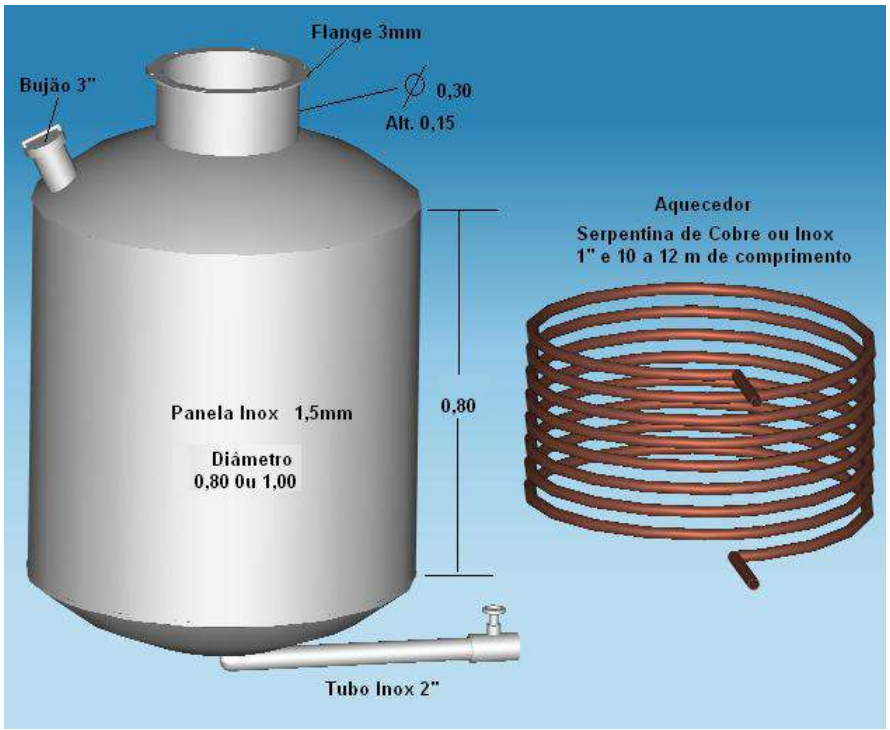
destilador:



Pré-destilador modelo UFV
aquecimento indireto (300 a 500 litros)
Vista Interna

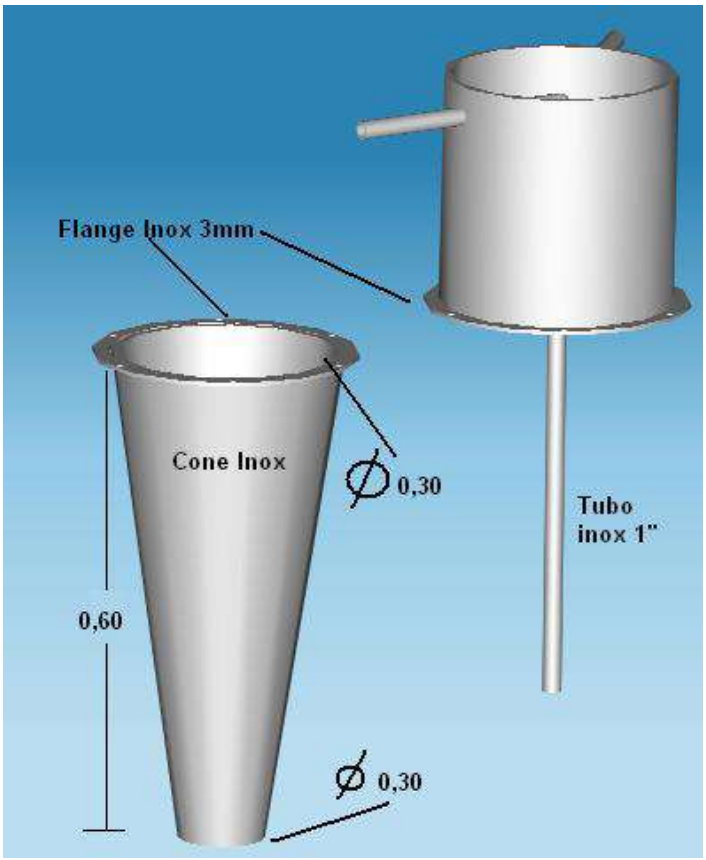


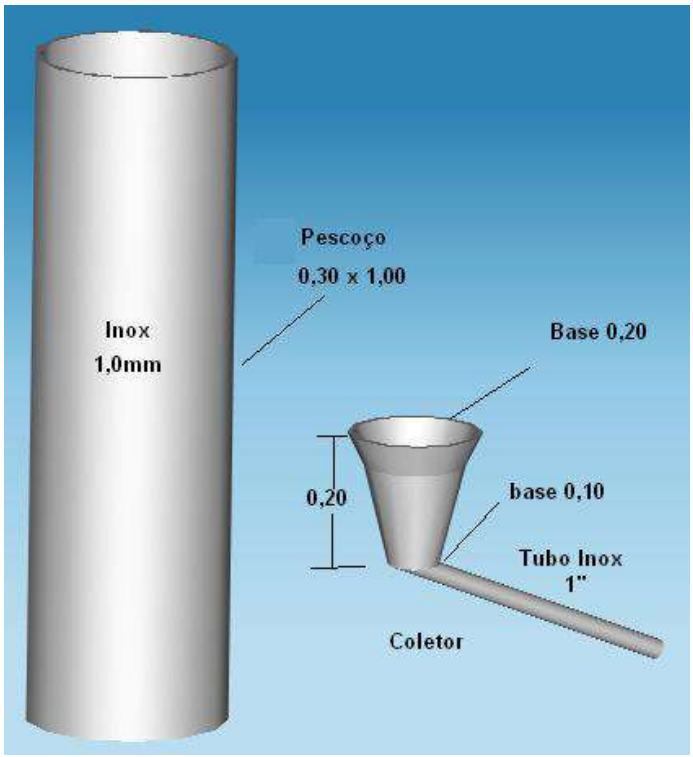

Tubo Inox
1"
Coletor Inox
Altura 0,15
Base maior 0,10
Base menor 0,05
1"
Detalhe
Sepentina 1"
Cobre ou Inox
Serpentina de cobre
1/2"

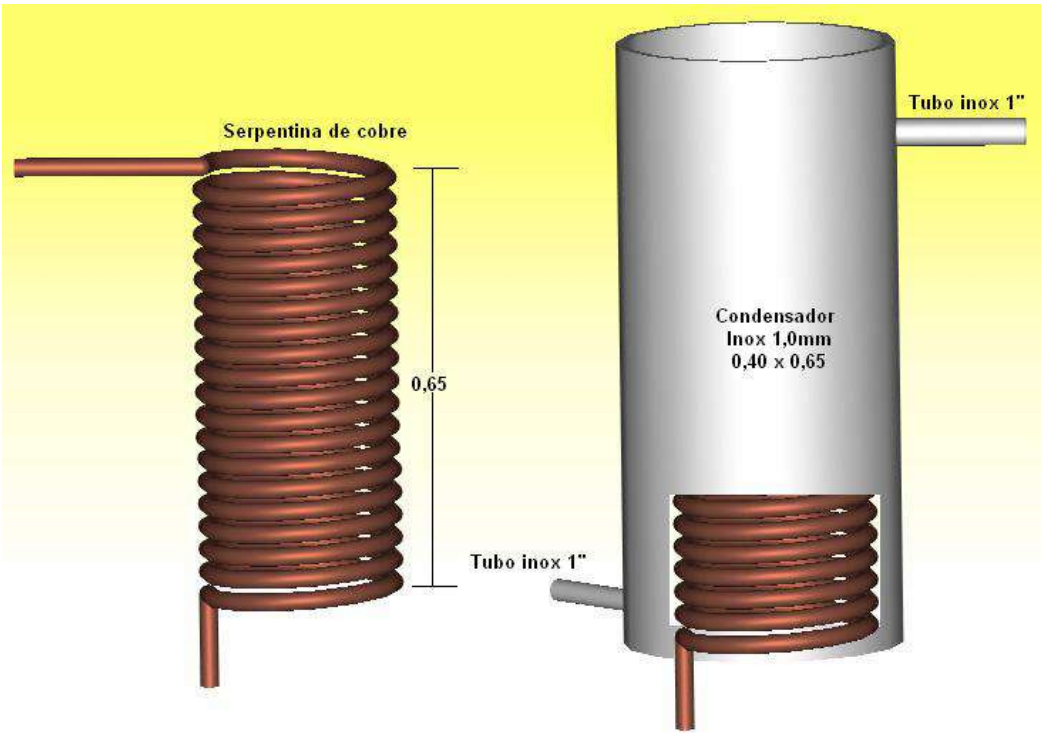

Flange 3mm
Bujão 3"
Ø 0,30
Alt. 0,15
Aquecedor
Serpentina de Cobre ou Inox
1" e 10 a 12 m de comprimento
Panela Inox 1,5mm
Diâmetro
0,80 0u 1,00
0,80
Tubo Inox 2"



Detalhe do tubo de ligação do resfriador secundário




Pescoço
0,30 x 1,00
Inox
1,0mm
Base 0,20
0,20
base 0,10
Tubo Inox
1"
Coletor


Serpentina de cobre
Tubo inox 1"
Condensador
Inox 1,0mm
0,40 x 0,65
0,65
Tubo inox 1"

Capítulo 8

Como transformar seu alambique de cachaça em microdestilaria

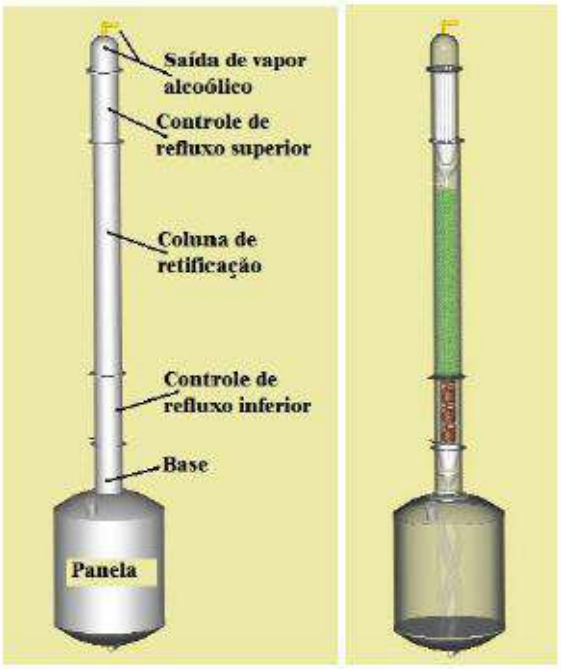


Antes de tudo, gostaria de alertá-lo que o ideal seria construir uma unidade completamente independente do seu alambique e não intervir no sistema já existente. Muitas das vezes, no intuito de reduzir custos, complica-se a operacionalidade do sistema e confirma-se o velho ditado: o “barato sai caro”. Em alguns casos, a construção de uma casa nova fica melhor e mais em conta do que a reforma de uma casa velha. Portanto, antes de tomar qualquer decisão, procure analisar com bastante detalhe, a viabilidade técnica e econômica da sua adaptação. A Figura a abaixo ilustra a adaptação de um pequeno alambique para a produção de aguardente e álcool combustível com dois tipos de saída de vapores e, nas páginas seguintes, procuraremos, passo a passo, detalhar a construção de cada componente da coluna.

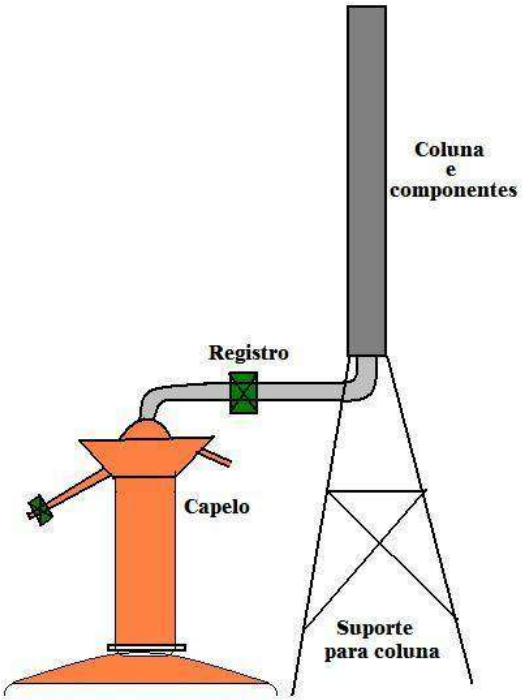




Como visto anteriormente, uma coluna de retificação do tipo recheio é composta dos elementos mostrados na figura abaixo:



Como será feita uma adaptação sobre o capelo do alambique, o mesmo será utilizado para manter a temperatura dos vapores, entrando na coluna, ao redor de 82°C. Isso pode ser feito, regulando o fluxo de água na cabeça do capelo e mantendo a saída de cachaça bloqueada. Assim, os vapores mais ricos em álcool podem subir pela coluna de retificação até chegar ao controle de refluxo superior cuja temperatura deve ser mantida ao redor de 77°C. Em resumo, a coluna será desprovida do controle de refluxo inferior e apresentará a configuração mostrada na figura acima. Outra possibilidade para a adaptação da coluna seria em cima de um suporte afastado do alambique. Com criatividade, o produtor poderá adaptar a coluna conforme a sua conveniência. De qualquer modo lembre-se: com a coluna a pressão do vapor aumenta dentro da panela. Portanto, certifique-se **de que o seu conjunto seja resistente e não esteja desgastado.**



Passo 1: Adaptação da coluna de retificação no alambique

Adaptar lateralmente ou sobre a cabeça do alambique um registro de gaveta e rosca interna (o cone base da coluna é confeccionado com rosca externa), em metal amarelo com 2,5 polegadas (cuidado para não deixar pontos fracos ou vazamentos). Para alambiques maiores, o registro deve ser aumentado proporcionalmente. Lembre-se: a coluna com recheio é, relativamente pesada. Assim, a adaptação lateral sobre um suporte, pode ser a opção mais aconselhável.



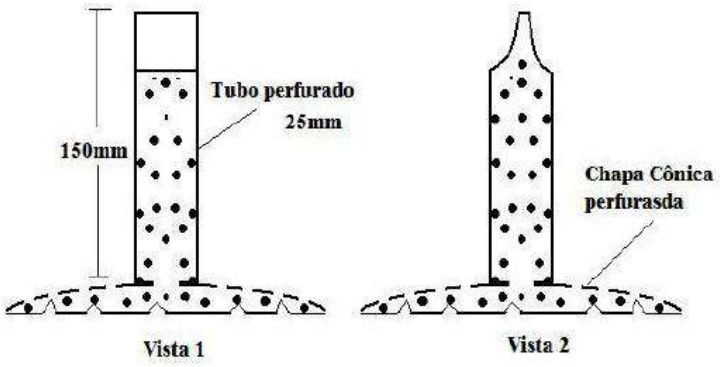
Passo 2: Solda do cone de sustentação da coluna

Soldar o cone, já provido de rosca, ao flange de conexão e apoio da coluna. Como a coluna, o cone deve ser em aço inox (infelizmente, para reduzir custos, não se pode recomendar outro tipo de material). Tente, para tal, encontrar algo aproveitável em um ferro velho. Isso sim ajudaria a reduzir custos.



Passo 3: Dispositivo de entrada de vapores na base da coluna Como o interior da coluna terá de ser completado com um recheio de material inerte (bicos de garrafas ou bolinha de gude), ele (o recheio) deve repousar sobre um dispositivo que o impeça de cair no controle de refluxo inferior (opcional) ou na panela. Portanto, o dispositivo deve ser construído de tal modo que permita a passagem do vapor através da coluna. Apesar de opcional, o controle de refluxo inferior facilitaria no controle de temperatura dos vapores que sobem pela coluna. Como todos os componentes que estão em contato direto com os vapores alcoólicos, o dispositivo de entrada (deve ser confeccionado em aço inox. Faça com que o dispositivo de entrada dos vapores tenha o máximo de área de passagem, sem comprometer a resistência para suportar o recheio.




Tubo perfurado
25mm
150mm
Chapa Cônica
perfurasda
Vista 1
Vista 2





Passo 4: Montagem da coluna

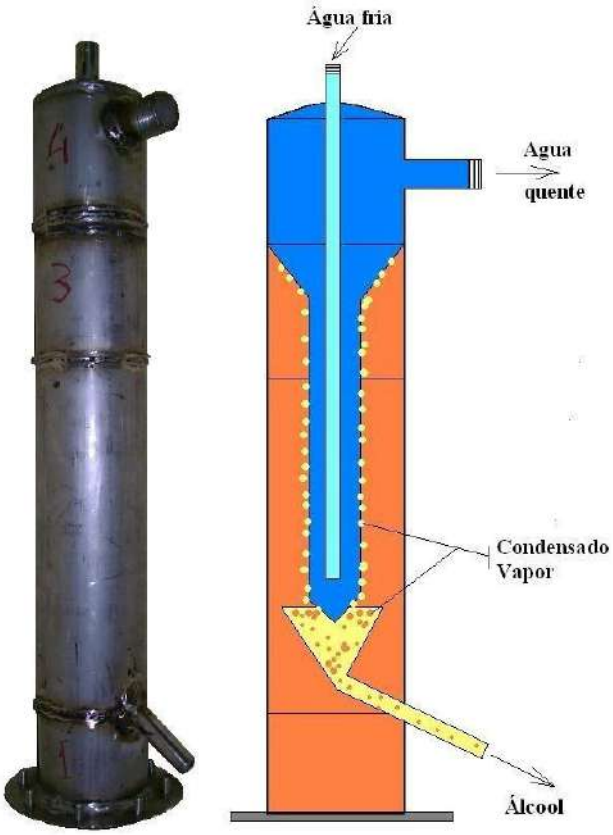
A coluna propriamente dita é um tubo flangeado, com 1,5 a 2,5 m de comprimento que deve ser acoplado à base ou ao controle de refluxo inferior e recheada com material inerte (no presente caso, bolinhas de gude ou bicos de garrafa) para facilitar a retificação dos vapores alcoólicos. Para tal, faça o acoplamento da base com a coluna. A parte superior da coluna deve, como na base, ser dotada de um flange para suportar o controle de refluxo superior. Silicone abaixo e acima da junta de borracha evita vazamentos dos vapores. Mais adiante será apresentado outros detalhes da coluna.





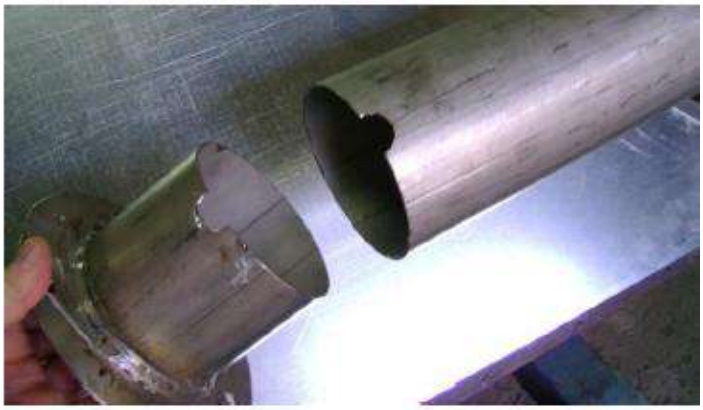
Passo 5: Construção do controle de refluxo superior com captação de condensado:

O controle de refluxo superior, além de regular a temperatura dos vapores ao redor de um valor desejado (78°C), pode servir também, da maneira acima está sendo mostrado, como pré-condensador para captar parte do álcool condensado na cabeça da coluna. O refluxo superior é composto, essencialmente, de três partes: a) Corpo cilindro com o mesmo diâmetro da coluna; b) dispositivo de condensação e c) funil de captação. Depois de convenientemente soldados, o controle de refluxo superior se transforma em peça única.



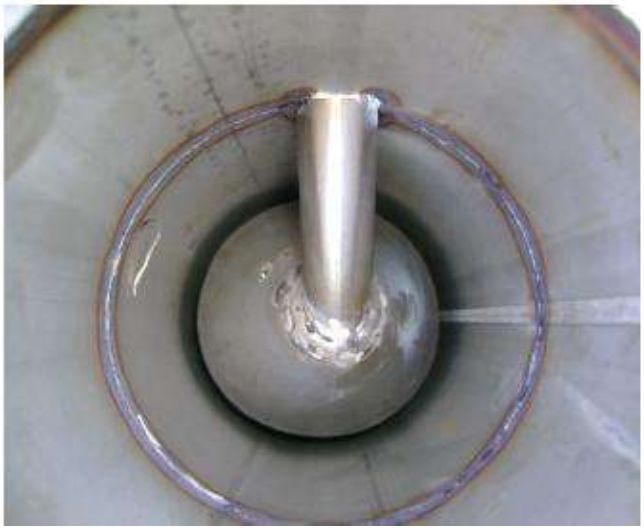
Antes de preparar as partes para construir o corpo do controle de refluxo, devemos fazer um furo circular para receber um tubo de 12mm ou de meia polegada (1/2”) de diâmetro. Para facilitar a adaptação do funil, cortar o tubo de tal maneira que a base do corpo fique com metade do furo. Se tiver outra técnica mais fácil para adaptar o funil, use-a. O importante é que ele seja bem centralizado dentro do corpo do controlado e que não haja vazamentos e que permita a livre passagem dos vapores. O diâmetro maior do funil de captação deve ser 2cm inferior ao diâmetro do corpo do controle de refluxo que é igual ao da coluna. Depois de soldado à base, o funil de captação fica como mostrado nas figuras abaixo:











Para completar o controle de refluxo superior, deve-se confeccionar o dispositivo de resfriamento e condensação que consta de um cilindro de diâmetro igual ao corpo do controlador de refluxo e com 10 cm de altura, um tronco de cone com diâmetro maior igual ao diâmetro interno da coluna e um tubo de 50mm de diâmetro e 250mm de altura, fechado em uma extremidade com um cone. Sobre o dispositivo de resfriamento deve ser soldada a calota superior contendo os tubos de entrada e saída da água de resfriamento. O controle de refluxo superior pode ser, também, construído como um trocador de calor tipo tubo carcaça, com os vapores passando pelo interior dos tubos e seus componetes. Acima do controle de refluxo superior é acoplado a uma calota, com termômetro e conexão para o condensador principal. Outra opção seria usar uma serpentina interna à carcaça para controlar a temperatura dos vapores a serem condensados em um pré-aquecedor ou no condensador principal do seu alambique. Em resumo, você pode construir os controles de refluxo da maneira que for mais conveniente. Eles terão o mesmo efeito no projeto final.



















Passo 6: Enchimento da coluna de retificação

Para fazer com que os vapores, rico em álcool, possam subir, ainda mais ricos, para o topo da coluna e que haja descida da água condensada, em direção á panela, usa-se a técnica do recheio com material inerte para aumentar a superfície de contacto e facilitar a separação do álcool da água. Podem-se usar vários tipos de recheios e os mais simples são as bolinhas de gude (encontradas nas lojas de 1,99) ou bicos de garrafas descartáveis que podem ser cortadas com a serra elétrica usada para cortar granito. Lembre-se que: para a segunda opção devem-se usar óculos de segurança ou máscara de proteção e máscara de respiração para evitar acidentes com o pó gerado. Os bicos de garrafas devem ser colocados de forma aleatória e se poder,



(a)



(b)

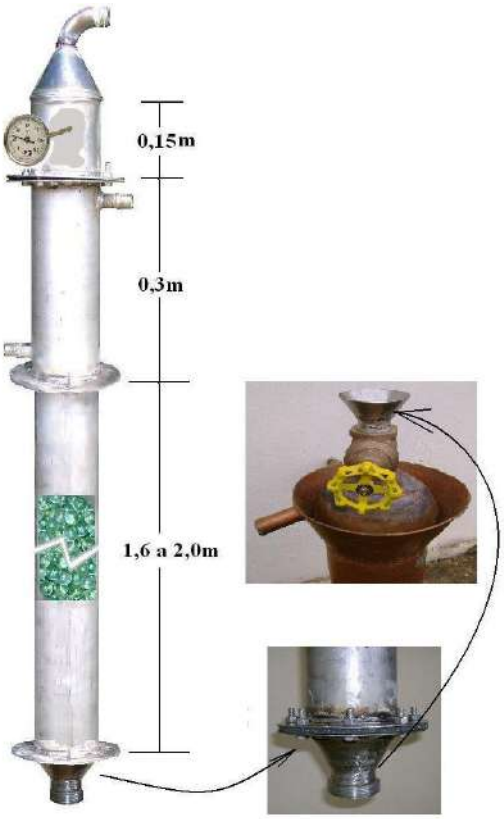


misturadas com bolinhas de gude.

Passo 7: Montagem do sistema

Depois de confeccionar todos os componentes e de adquirir os materiais complementares como tubos, conexões, mangueiras, parafuso, braçadeiras etc, pode-se passar a fase de montagem do sistema. Primeiramente, certifique-se de que a panela de seu alambique seja forte e ser encontre em bom estado de conservação (a adaptação da coluna faz com que a pressão no interior da panela suba mais se comparado com o funcionamento normal do alambique comum.). Caso contrário, construa uma nova panela em chapa de aço inox de 1,5mm. Como o capelo nunca está em contato direto com o fogo ou com o nível de pH do caldo fermentado, provavelmente, estará em boas condições como no presente caso. A panela que dispúnhamos apresentou vazamentos e áreas em adiantado estado de corrosão quando examinada após o funcionamento. Para solucionar o problema, foi encontrado no ferro velho um tanque de aço inox, no qual foi adaptado o capelo do alambique e, adicionalmente (com finalidade didática), foi construída uma base extra para adaptação de uma coluna de retificação. Assim o novo sistema pode ser usado para demonstração de dois equipamentos (alambique/retificador ou apenas retificador). No caso particular de uma pequena fábrica de aguardente, a montagem é satisfatória. Também com finalidades didática e de demonstração, a construção da unidade móvel vista na figura abaixo.



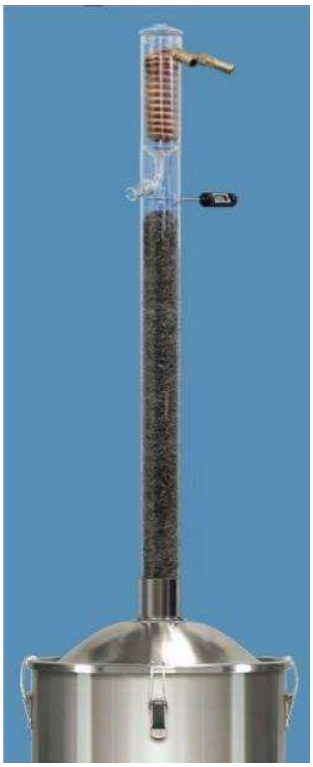

0,15m
0,3m
1,6 a 2,0m







Capítulo 9
Nanodestilarias

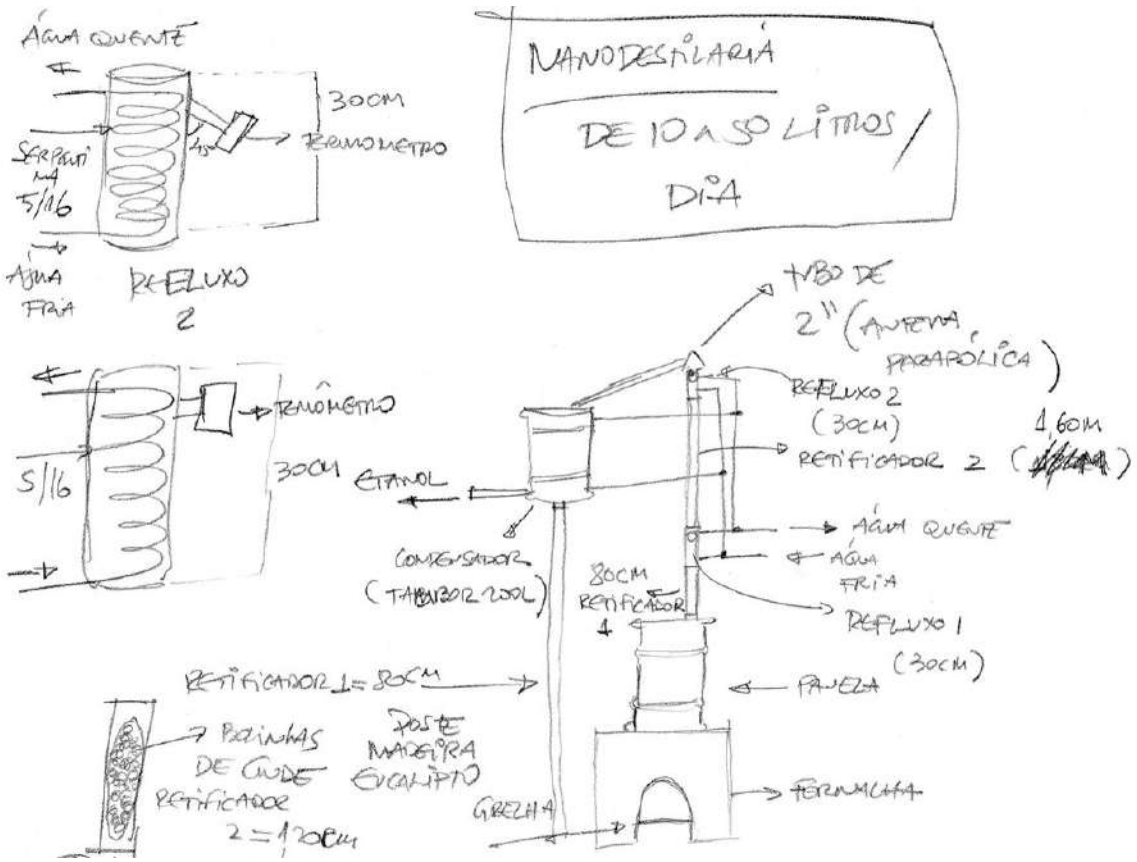


Este termo novo, eu usei para batizar as microdestilarias com capacidade ainda mais reduzidas, com produção entre 1 e 50 litros por dia. Elas são uma boa opção de construção, para que você possa adquirir experiência e prática em sistemas de destilação, e também por apresentarem um custo muito menor para serem construídas. Se você tem alguma dúvida, sobre o sistema ou não tem muito dinheiro para começar, sugiro fortemente, que comece construindo uma nanodestilaria e só depois se aventure em coisa maior. Assim, você estará adquirindo conhecimento e investindo muito pouco ou até quase nada, se você utilizar equipamentos de descarte. Estes pequenos destiladores se forem alimentados com pré-destilado, calda e cabeça de cachaça e ou ainda com bebidas de baixa qualidade, podem te surpreender e ter uma produção muito elevada. Nesta nova versão do livro, estarei trazendo alguns novos projetos, sendo que o primeiro e já discutido nas versões anteriores, é na verdade uma redução em escala do esquema da coluna de 100 litros dia, que foi descrita em detalhes. Ela será construída com tambores de 200 litros destes de óleo, preferencialmente de aço inox ou aço galvanizado, e

ainda em aço carbono, se sua intenção é apenas testar o sistema, já que o aço carbono se oxidará em pouco tempo e o sistema apresentará problemas de vazamentos. Já o outro projeto é baseado em experimentadores americanos e alemães e são sistemas simples, porém com uma eficiência muito interessante, chegando a produzir etanol por volta de 85 a 90 ºGL, o que é mais que suficiente para ser usado como combustível, como já discutimos em outra oportunidade tanto no livro quanto no DVD. Minha recomendação, é que não se prenda em algum detalhe, pois se você chegou até aqui, você já tem conhecimento suficiente para poder fazer pequenas modificações, baseadas no conteúdo aqui já descrito. Toda a teoria, não tem o menor valor, sem aplicação prática, então, mãos à obra.

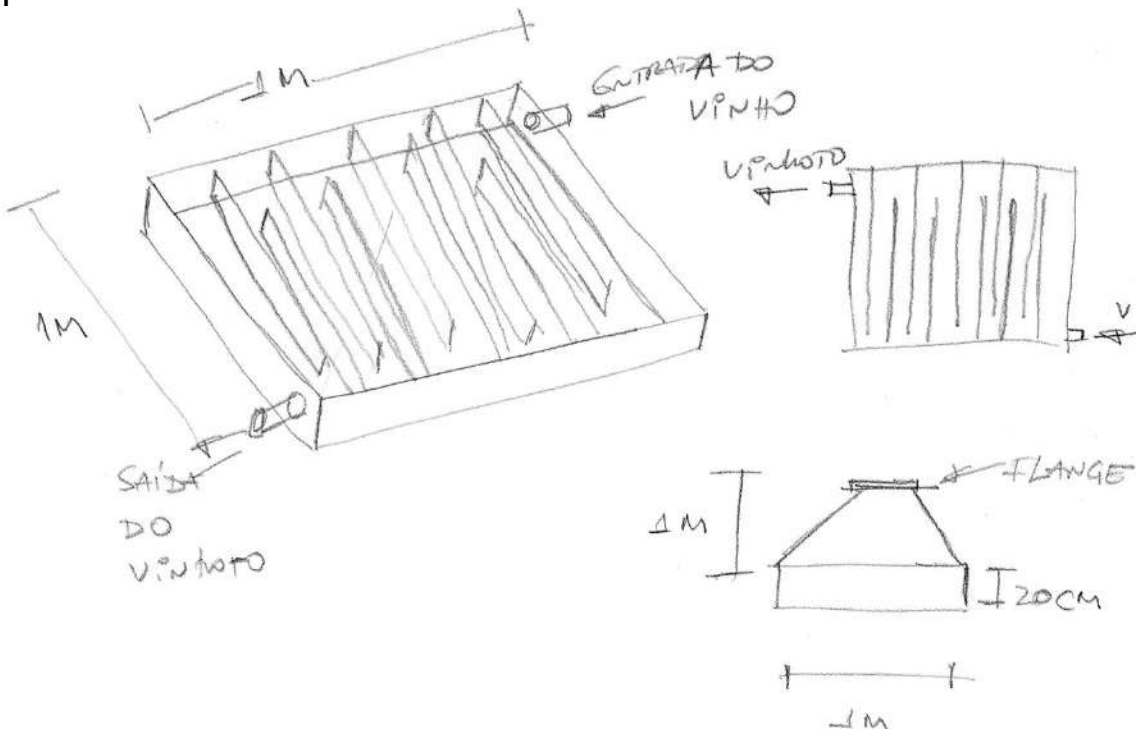
Nanodestilaria de tambor de 200 litros:

Usaremos 3 tambores de óleo usado de 200 litros, sendo 1 deles para a fermentação, outra para ser o condensador da destilaria e finalmente o último que seria nossa panela com capacidade para destilar 140 litros de vinho por vez.

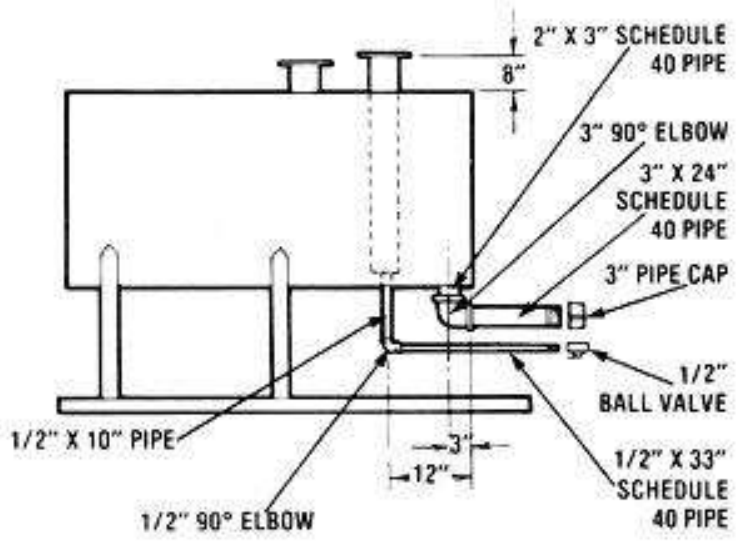


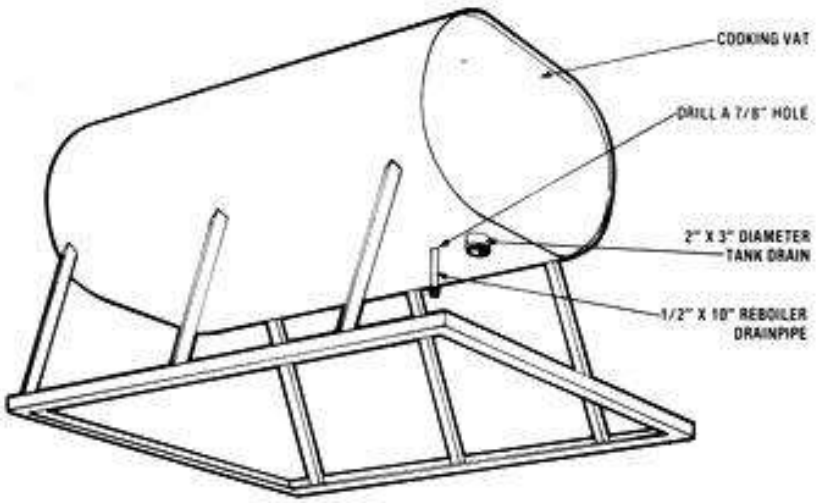
Neste caso, usaremos cano de 2 polegadas galvanizado, eu fiz um protótipo com canos de antenas parabólicas que são galvanizados a fogo. O custo será extremamente baixo e você pode fazer o etanol até mesmo em sua casa. Os componentes da destilaria são exatamente os componentes já estudados anteriormente neste livro, e ela será construída exatamente da mesma maneira. Não usei flanges, pois a durabilidade deste equipamento é bem pequena. Optei por mandar o torneiro mecânico fazer roscas nas conexões e usei luvas comercias de 2 polegadas com veda rosca. Acredito que a figura acima não deixe maiores dúvidas a respeito da mesma. Se usar 3 tambores como dorna, com este simples equipamento você poderá produzir de 10 a 50 litros de etanol em sua casa em um espaço mínimo e a um custo muito barato.

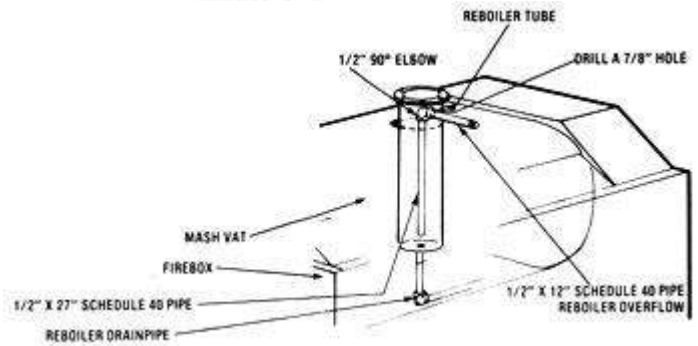
Outra possibilidade é construir uma panela com aletas como exemplificado no desenho abaixo, com a finalidade de realizarmos a destilação contínua. Neste caso só mudaríamos o projeto da panela e o restante da coluna de destilação seria exatamente igual ao já descrito aqui no livro. O funcionamento, consiste em regular a passagem do vinho vagarosamente pelas aletas da panela, o que ocorreria, seria a evaporação do etanol e sairia o vinhoto do outro lado da panela. Este sistema ainda precisa de testes, mas é muito promissor.

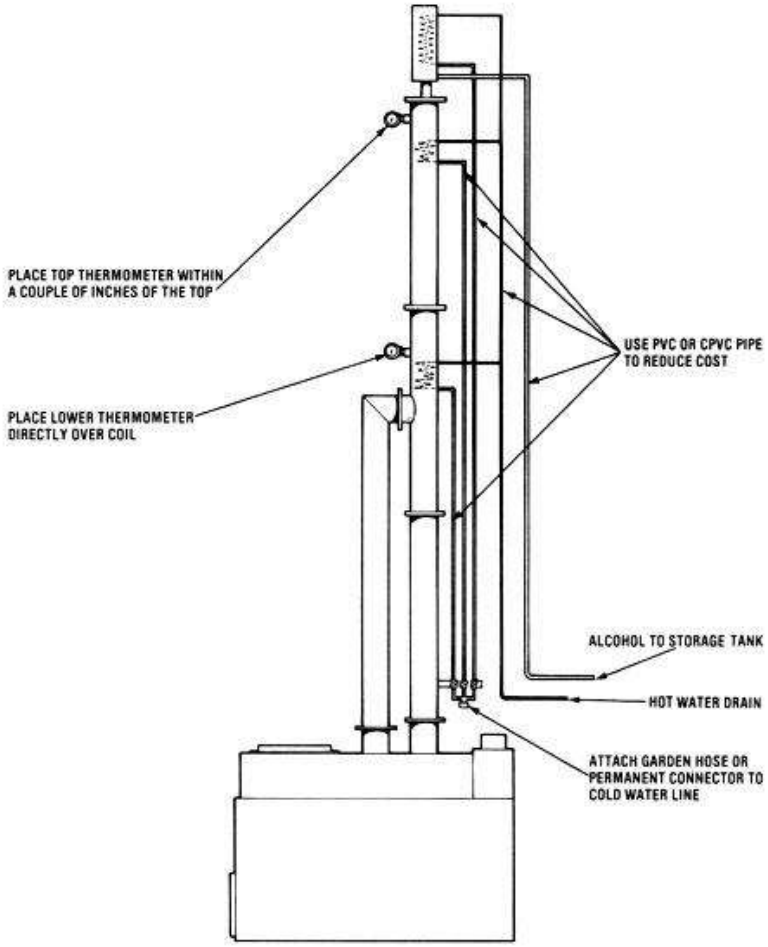


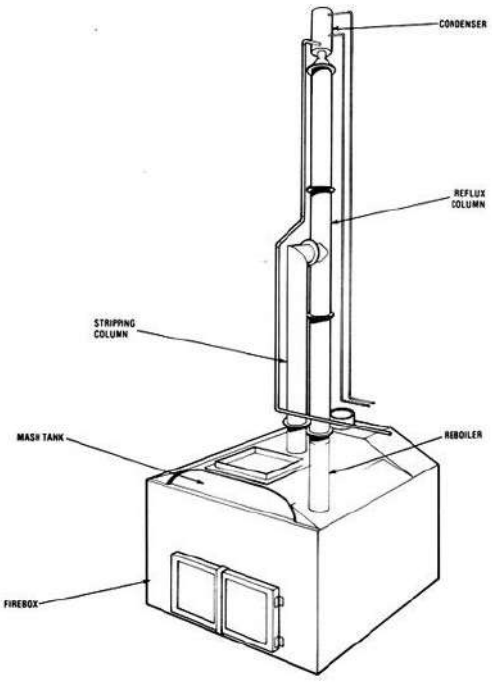
Abaixo deixo um projeto de um destilador americano com interessante coluna usando uma conexão de refluxo. As medidas e detalhes estão em inglês (polegadas) mais são facilmente traduzíveis.



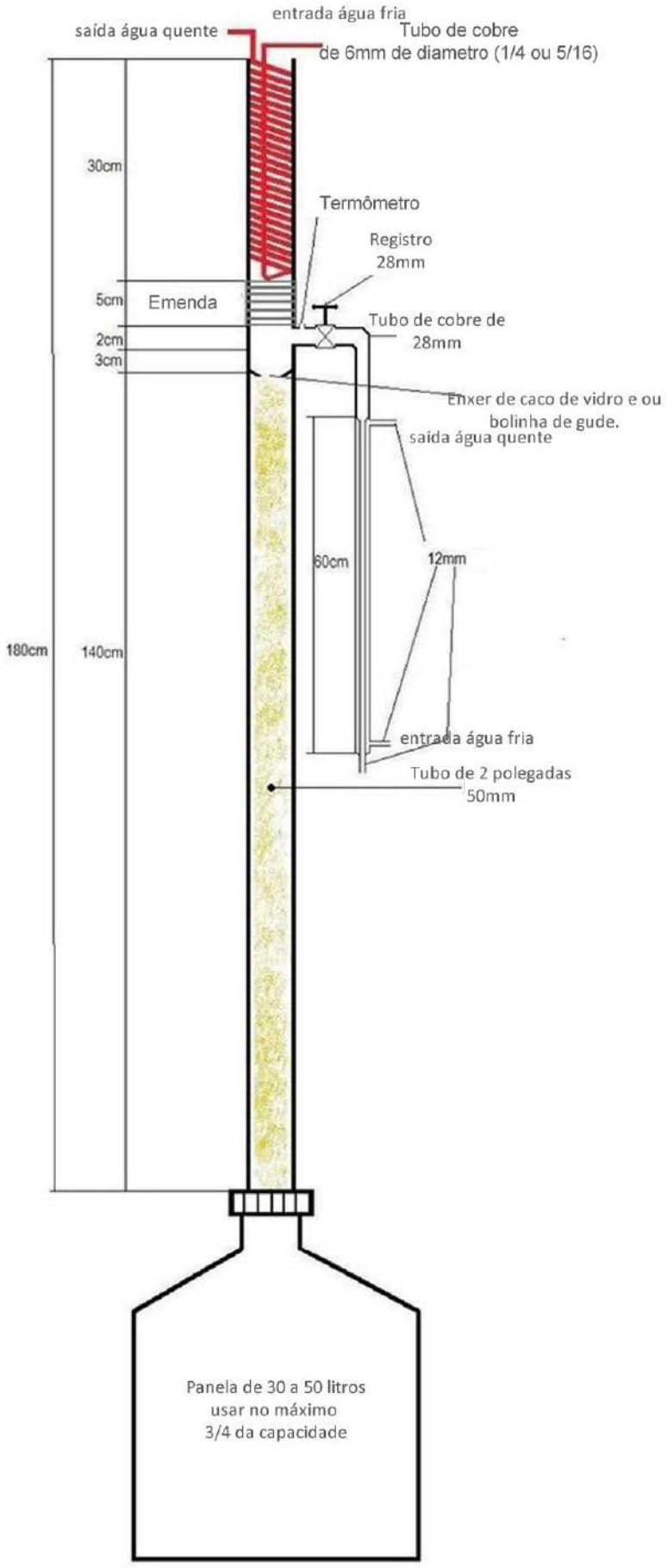


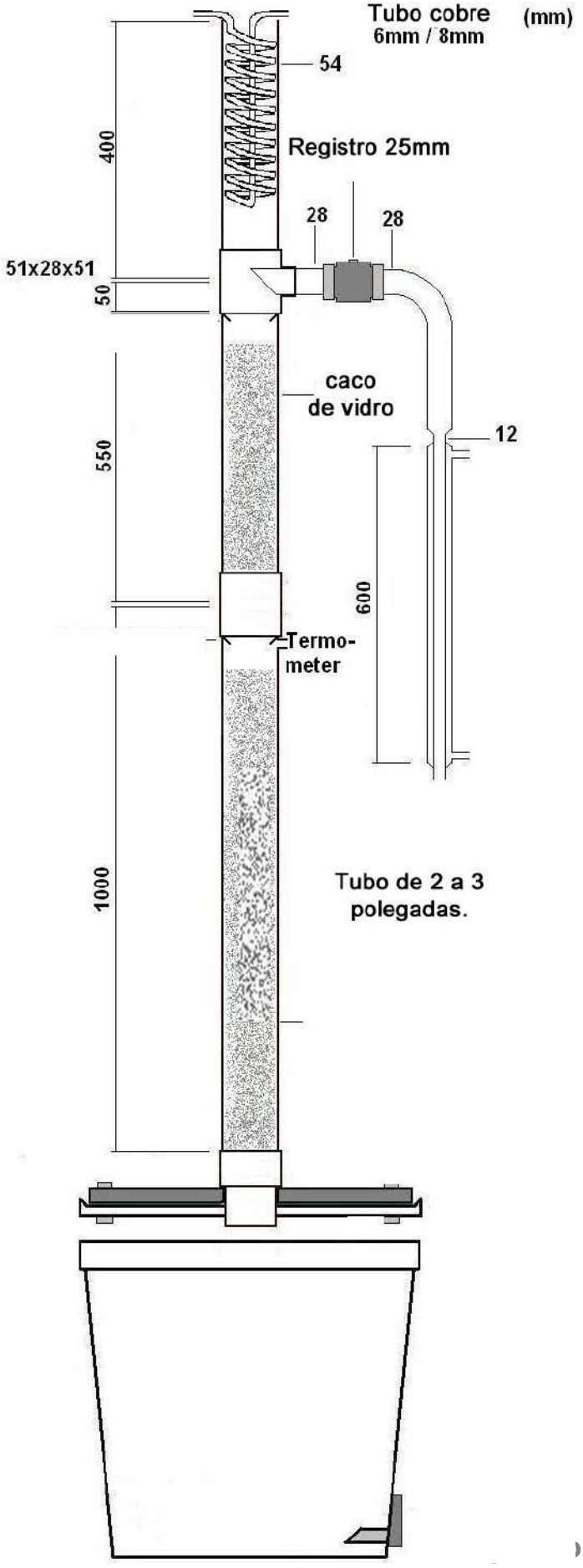



PLACE TOP THERMOMETER WITHIN A COUPLE OF INCHES OF THE TOP
PLACE LOWER THERMOMETER DIRECTLY OVER COIL
USE PVC OR CPVC PIPE TO REDUCE COST
ALCOHOL TO STORAGE TANK
HOT WATER DRAIN
ATTACH GARDEN HOSE OR PERMANENT CONNECTOR TO COLD WATER LINE

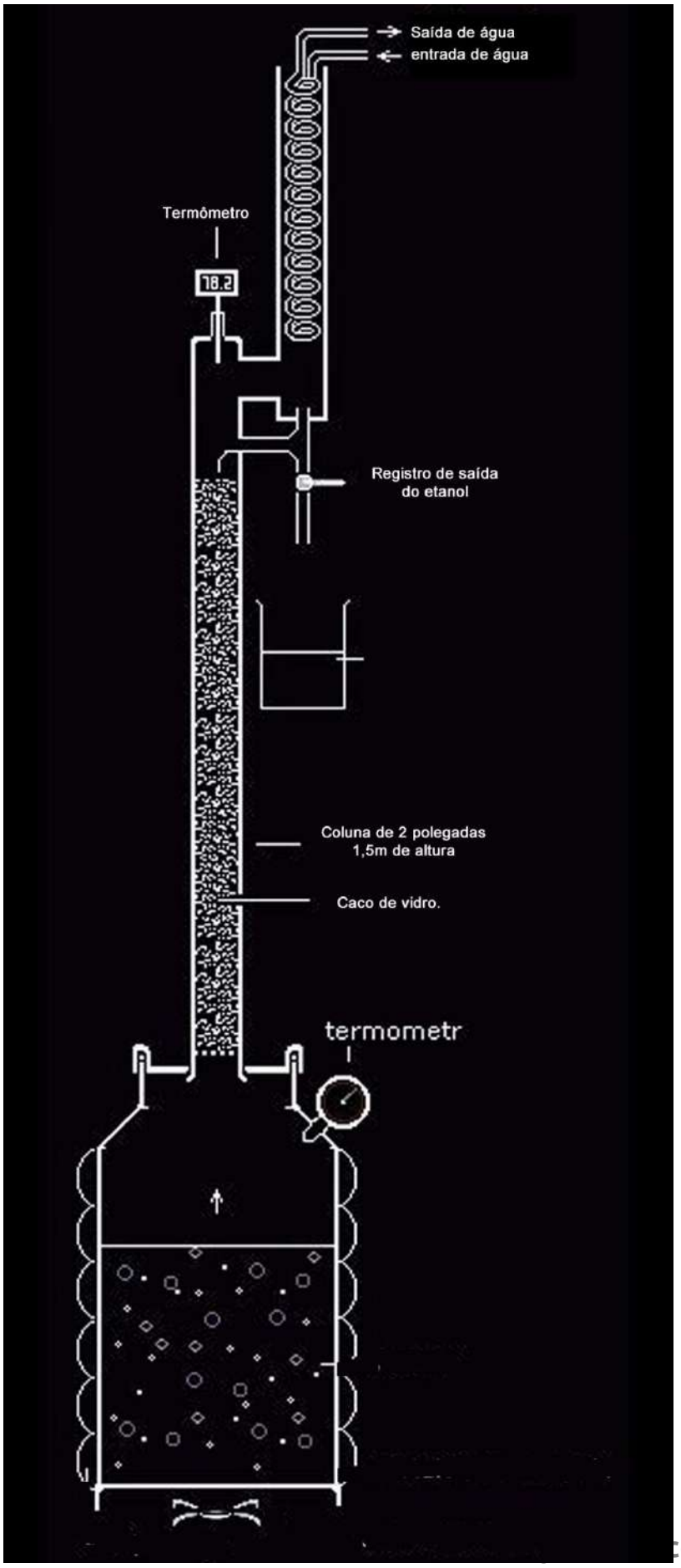

CONDENSER
REFLUX COLUMN
STRIPPING COLUMN
MASH TANK
REBOILER
FIREBOX

Agora mostraremos alguns projetos simples, usando apenas um sistema de retificação com cacos de vidro e ou bolinhas de gude e um controle de refluxo, usando tubo de 6mm de cobre, destes de refrigeração. Aqui teremos em 2 pontos a entrada de água fria e saída de água quente. Um dos pontos é o controle de refluxo superior e o outro é no sistema de condensador do vapor de etanol.


entrada água fria
saída água quente
Tubo de cobre
de 6mm de diametro (1/4 ou 5/16)
30cm
Termômetro
Registro
28mm
5cm
Emenda
Tubo de cobre de
28mm
2cm
3cm
Enxer de caco de vidro e ou
bolinha de gude.
saída água quente
60cm
12mm
180cm
140cm
entrada água fria
Tubo de 2 polegadas
50mm
Panela de 30 a 50 litros
usar no máximo
3/4 da capacidade

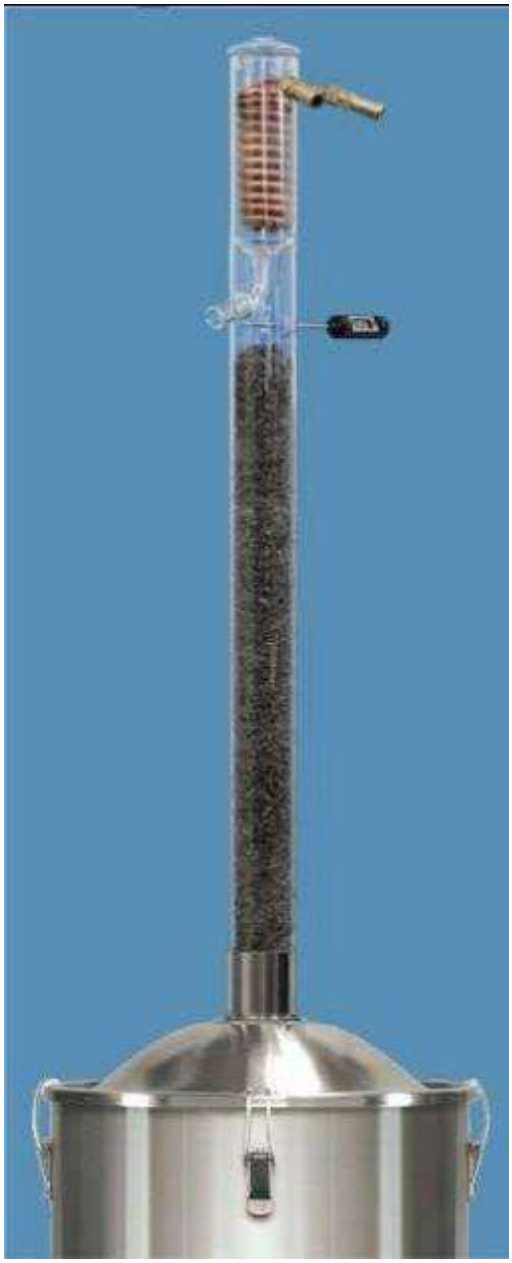

Tubo cobre (mm)
6mm / 8mm
54
400
Registro 25mm
28
28
51x28x51
50
caco
de vidro
12
550
600
Termo-
meter
1000
Tubo de 2 a 3
polegadas.

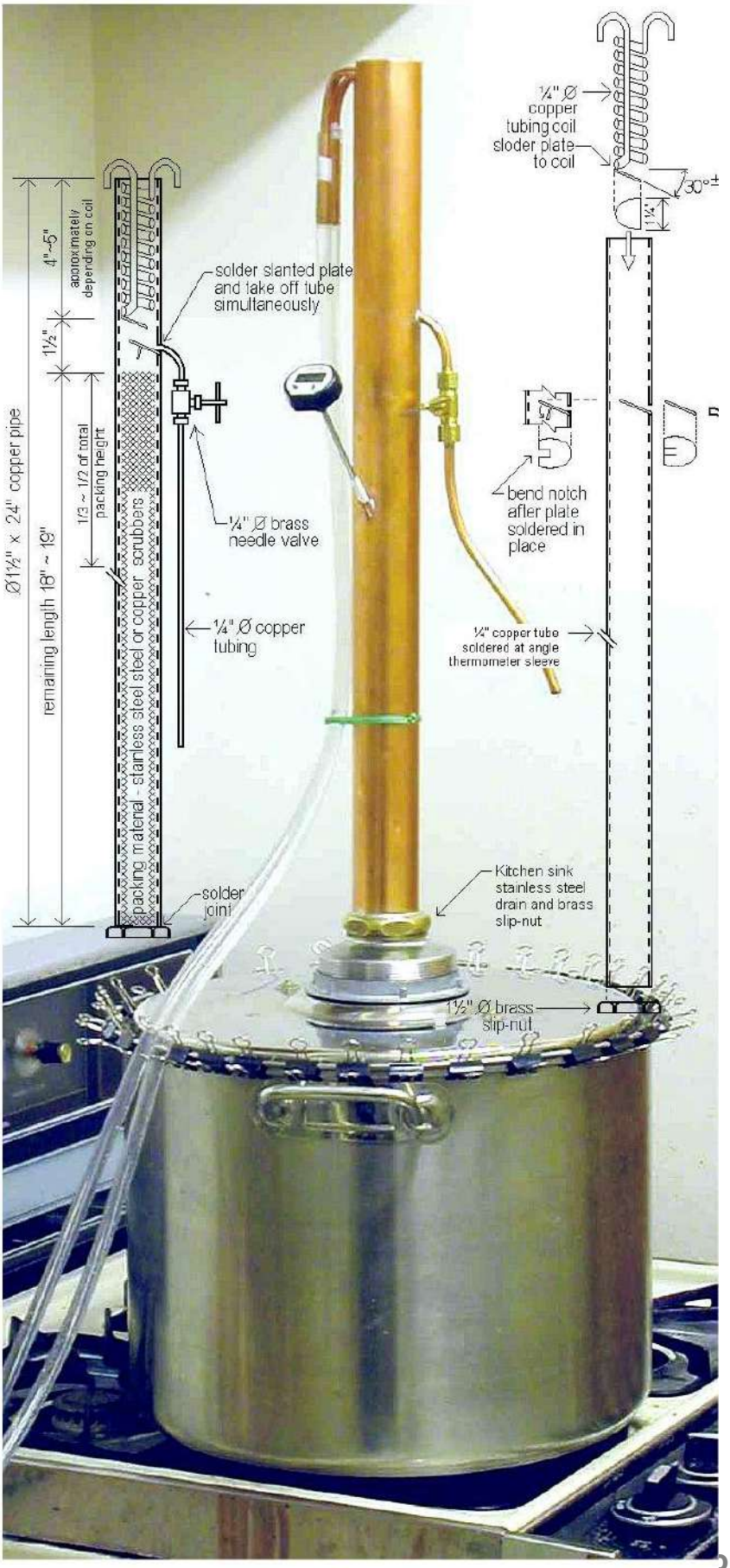
São dois desenhos diferentes, mas é o mesmo princípio de funcionamento.



combustível

Aparência prática:




¼" Ø copper tubing coil sloder plate to coil
30°±
1¼"
solder slanted plate and take off tube simultaneously
4"~5" approximately depending on coil
1½"
1/3 ~ 1/2 of total packing height
Ø1½" x 24" copper pipe
remaining length 18" ~ 19"
packing material - stainless steel or copper scrubbers
¼" Ø brass needle valve
¼" Ø copper tubing
bend notch after plate soldered in place
¼" copper tube soldered at angle thermometer sleeve
solder joint
Kitchen sink stainless steel drain and brass slip-nut
1½" Ø brass slip-nut

Conclusão



Como você pode ver a tecnologia para a produção artesanal de álcool combustível é muito simples, e ao alcance de qualquer pessoa. Novas tecnologias têm sido testadas por mim e por outras pessoas, porém o essencial e funcional eu tentei transmitir neste livro. Não deixe-se desanimar por faltar alguma coisa, use sua imaginação, porém com cautela e bom senso, afinal estamos trabalhando com um combustível altamente inflamável.
A produção de álcool combustível pode ser feita em instalações, desde sofisticadas, para grandes suprimentos, até a diminutos sistemas para pequenas, médias e até mesmo grandes propriedades rurais. Ao produzir o próprio combustível, você estará, com certeza, reduzindo e muito suas despesas. Quanto aos gastos, prefiro não incorrer em erros já que tudo dependerá de diversos fatores como: mão de obra, preço de metais, solda etc. Siga meu conselho: adquira as peças em ferro velhos assim você compra a preço de sucata. Adquirindo equipamentos usados em bom estado, com certeza você fará uma boa economia. Procure parcerias com amigos, produtores de cachaça, proprietários de canas que, com certeza, você estará tornando real seu empreendimento. Para se ter uma idéia a microdestilaria que foi feita estas fotografias é de 5 sócios incluindo eu. Acredito que hoje, um investimento na ordem de uns R$ 6000,00 deve ser o suficiente para se construir a destilaria aqui demonstrada. O custo do álcool fica em torno de 25 a 35% do preço do posto. Outro fator importante é a comercialização, eu vendo meu

combustível a amigos meus que vão até a destilaria abastecer. Para que eu possa vender para o posto, preciso de uma autorização da agência nacional de combustíveis, mais sei que é extremamente burocrática e a carga de impostos deve onerar muito o preço.

Se sua família gasta 60 litros por semana, então você terá que fabricar 240 litros por mês e no decorrer do ano seu gasto será de 60 X 52 =3120 litros de álcool/ano. Para se produzir os 3120 litros de álcool, você usará cerca de 45 toneladas de cana de boa qualidade. Para se obter 45 toneladas de cana você precisará de uma área um pouco maior que a metade de um campo de futebol, ou seja, pouco mais que meio hectare. Em um hectare de terra (10000metros quadrados =100m X 100m) área um pouco maior que um campo de futebol, dá para se colher 100 toneladas de cana /ano que produzirão cerca 8000 litros de álcool/ano. O que daria aproximadamente 667 litros de álcool para você usar por mês ou 22 litros de álcool por dia. Você já fez as contas de quanto está gastando por mês com o posto???

E novamente volta a afirmar, tudo o que experimentar ou testar será de sua inteira responsabilidade, não me responsabilizo por qualquer erro, falha, acidente ou prejuízo que você possa vir a ter. Tudo o que trouxe aqui já foi testado e tem seu funcionamento efetivo. Porém não posso garantir seu sucesso nesta empreitada, está em suas mãos usar as informações aqui contidas sob sua total e inteira responsabilidade.

E lembre-se “se você acredita que pode ou acredita que não pode, você está sempre certo”.

Avisos e considerações finais.

Gostaria de alertá-lo sobre algumas coisas muito importantes sobre este livro e o conteúdo dele. Chegamos ao final de mais uma edição deste guia, tem ensinado a milhares de pessoas pelo Brasil e pelo mundo a produzir seu etanol de forma artesanal, porém com segurança e qualidade. Este livro teve seu inicio com uma apostila em 2006 e veio, de lá para cá, sofrendo melhorias constantes e chegamos nesta versão de 2019. Este conteúdo traz minhas realizações práticas e gostaria de salientar que todo o conteúdo aqui descrito, está protegido legalmente contra a cópia ou divulgação não autorizada, e se forem usadas de maneira indevida e/ou sem autorização, os responsáveis, responderam legalmente na lei. Deixo abaixo os meus canais de atendimento, para que você possa tirar suas dúvidas, mas só responderei a quem comprar a versão do material diretamente de mim ou pelo meu site : HTTP://portalsaibafazer.com.br, na data da compra, você ganhará um cartão contendo uma senha para que possa tirar suas dúvidas comigo, válida por 30 dias. Se você não tem este cartão, sugiro que adquira a versão oficial no meu site. **Um último aviso: tudo o que tentar fazer será de sua total e exclusiva responsabilidade, não dou garantia de nenhum tipo de funcionamento ou coisa deste tipo. A partir de agora, tudo o que experimentar corre por sua conta e risco.**

Saúde e sucesso.
Campos Gerais, 09 de Janeiro de 2019.


Email: helder@portalsaibafazer.com.br
Skype: helderterra
Celular: Oi (Whats App) 35 98808 0715
VIVO: 35 99760 6139
Helder V Terra
Especialista em memorização,
aprendizado acelerado, engenharia
agrícola e engenharia reversa.

Conheça outros trabalhos do Portal Saiba Fazer:

"Aprenda produzir seu próprio combustível!"



www.PortalSaibaFazer.com.br/alcool

"O kit que vai por dinheiro no seu bolso,apartir do primeiro dia!"



www.PortalSaibaFazer.com.br

"Existe um treinamento revolucionário para estudar para o Enem"



www.DetonandoOEnem.com.br

PortalSaibaFazer