



DENOMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE OPERACIONALIDADE DE UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO EM PROCESSO BATELADA PARA OBTENÇÃO DE ÁLCOOL ETÍLICO HIDRATADO COMBUSTÍVEL (AECH) PARA USO AUTOMOTIVO

RAUL JOSÉ DOS SANTOS MICHEL JUNIOR; KALYEM RAFAELA ANTUNES DOS SANTOS; ALCIONE APARECIDA DE ALMEIDA ALVES

RESUMO

O álcool etílico é um dos mais antigos produtos de síntese orgânica utilizado pelo homem, como também um dos mais importantes e amplamente utilizado na indústria como solvente, utilizado na preparação de tintas, vernizes, perfumes e essência, utilizado também como meio para reações químicas e em recristalizações. A forma mais utilizada para obtenção de álcool etílico se dá pelas colunas de destilação pelos processos contínuos e por bateladas. Nos sistemas contínuos o vinho é introduzido na cabeça da coluna e retirado no pé da mesma pelos esgotamentos das frações mais voláteis, já no processo em batelada a extração se dá de forma descontínua esgotando-se o etanol presente no vinho e procedendo-se um novo carregamento no depósito. Este artigo objetiva descrever aspectos relativos ao funcionamento de uma coluna de destilação em processo de batelada, equipamentos este que tem se mostrado eficiente no que se refere a produção de álcool etílico hidratado carburante para uso automotivo de forma intermitente com graduação alcoólica. O procedimento metodológico consistiu na realização de testes em batelada com a aplicação da coluna de destilação e para tanto foi utilizado 1.670 L de vinho apresentando uma graduação de 7% v/v, testado com ebuliômetro. Os resultados da aplicação da coluna de destilação demonstraram a viabilidade de produção de 125 L de etanol a 94°GL, bem como, 35 L de etanol fraco, denominado flegma, com graduação entre 89° e 45° GL, e temperatura no depósito de vinho de 99 °C temperatura deflegmador de 67 °C, temperatura no condensador 50 °C, observa-se que estas são temperaturas de operação do sistema. Conclui-se, portanto, que os resultados obtidos indicam viabilidade técnica de aplicação da coluna de destilação em batelada.

Palavras-chave: Etanol hidratado carburante; Produção de etanol em processo Batelada; coluna de destilação; Processos fermentativos; Combustível automotivo.

1 INTRODUÇÃO

A destilação é uma operação pela qual o líquido, por efeito de aquecimento, passa para a fase gasosa e, em seguida, volta ao estado líquido por meio de resfriamento. No caso de líquidos perfeitamente miscíveis, os vapores destilados se compõem de uma mistura de vapores dos dois, com predominância daquele de menor volatilidade. Com uma série de destilações é possível separar os dois líquidos em estado de pureza, desde que não se forme mistura azeotrópica (Lima *et al.*, 2001).

A destilação é a operação de transferência de massa mais empregada na indústria química. A diferença de volatilidade existente entre os componentes da mistura é a força motriz efetiva da separação neste processo. O agente que promove esta separação é o calor, aliado aos internos do equipamento, ou seja, dispositivos como pratos calotados, pratos perfurados, recheios estruturados, recheios randômicos (Caldas *et al.*, 2007).

Segundo Guerreiro (1999), o fator termodinâmico de intensidade que possibilita a separação de duas ou mais espécies químicas por destilação é a volatilidade relativa, que está associada a diferenças de ponto de ebulição a mesma pressão. Se não houver diferença nos pontos de ebulição, é absolutamente impossível separar-se por destilação.

Quando se trata da ocorrência conjunta de líquidos imiscíveis, o destilado encerra o líquido que tem ponto de ebulição mais baixo. No caso de líquidos perfeitamente miscíveis, os vapores destilados se compõem de uma mistura de vapores dos dois, com predominância daquele de menor volatilidade. Com uma série de destilações é possível separar os dois líquidos em estado de pureza, desde que não se forme mistura azeotrópica. (Lima *et. al.*, 2001).

Destilação descontínua é realizada de forma intermitente, faz-se uma carga no aparelho, esgota-se o vinho de seu componente mais volátil o álcool por aquecimento e evaporação, condensação e refrigeração, descarrega-se o resíduo ou vinhaça, faz-se nova carga, e assim repetindo o processo (Lima *et. al.*, 2001).

Um dos problemas frequentemente observados em colunas de destilação, especialmente aquelas operadas em regime por batelada, é a obtenção de um produto com baixa graduação alcoólica, em torno de 80 a 90°GL (Reguly, 1996).

Ao consultar a literatura verifica-se que a operação de uma coluna de destilação em processo de batelada pode ser dividida basicamente em duas etapas bem distintas. A primeira (partida ou “*start-up*”), consiste na carga da mistura no depósito, ou cuba, e no aquecimento da mesma em refluxo total até que um estado estacionário seja atingido, no qual os perfis de temperatura e composição estejam estabelecidos (Pedrosa, 2008).

A separação dos componentes pela destilação descontínua parte do princípio da evaporação de uma carga do mosto fermentado, vinho, até o seu total esgotamento, cessando com isso o processo que tem que ser repetido de novo, desde o início.

Segundo Luyben (1987), o processo de destilação é uma das mais importantes operações unitárias presentes nas indústrias química e petroquímica. Responsável pela separação de compostos químicos, esta é amplamente utilizada na indústria sucroalcooleira na produção de etanol. A precisão e a rapidez no controle da composição dos produtos, em uma torre de destilação, são problemas antigos. As colunas de destilação exigem sistemas de controle apropriados para se obter a especificação desejada do produto e uma operação estável no processo.

Objetivando uma nova formulação e definição dos novos conceitos referentes aos termos utilizados para entendimento dos parâmetros operacionais da coluna de destilação em processo de batelada e atestar a capacidade do equipamento em produzir álcool com graduação alcoólica (GL°) entre 92 e 95 °GL, tendo o vinho com graduação alcoólica entre 7 e 10 % utilizou-se os parâmetros que seguem na descrição dentro dos materiais e métodos, obtendo-se desta forma resultados satisfatórios. O referido estudo justifica-se tendo em vista que a nomenclatura atualmente utilizada não reflete a realidade das etapas que ocorrem na destilação em processo de batelada.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para batelada teste foi utilizado o volume de 1.670 L. A graduação alcoólica do vinho situa-se na faixa entre 7 a 10 %v/v de etanol. Para batelada teste o vinho apresentou 7% v/v, testado com ebulliômetro.

Todo o volume de vinho presente na dorna de recepção, proveniente do processo fermentativo, é transferido para cuba do destilador por meio de uma bomba centrífuga interligada por tubulação.

Realizada esta operação de transferência do vinho a cuba do destilador é fechada para evitar que os vapores alcoólicos que serão gerados pelo aquecimento sejam perdidos.

A carga presente na cuba do destilador pode variar entre 1.200 e 1.900 L, sendo esta

dimensionada em função do volume interno das bandejas, sendo que o perfeito funcionamento do equipamento ocorre quando as mesmas estão devidamente carregadas com solução hidroalcoólica.

Após os procedimentos iniciais abre-se a válvula globo para entrada de vapor proveniente da caldeira, sendo que a pressão interna da serpentina situa-se na faixa de 0,1 a 0,8 kgf/cm², podendo ser aferida pelo manômetro instalado na entrada do equipamento.

Para o teste da coluna de destilação por processo batelada foi utilizado como fonte geradora de aquecimento uma caldeira mista horizontal com capacidade de produção de 600Kgf de vapor por hora a uma pressão de trabalho de 8Kgf/cm². É necessário esclarecer que para o aquecimento de cuba da coluna destiladora é possível utilizar o aquecimento a fogo direto; quando aquecido desta forma a cuba do destilador é construída sobre alvenaria com fornalha desenhada e projetada para esta finalidade.

Quando utilizado o aquecimento por vapor, este circula pelo interior de uma serpentina colocada dentro do depósito (cuba), promovendo o aquecimento do líquido até a temperatura do ponto de bolha, quando, então, o líquido da mistura inicia a evaporação sendo que tempo necessário para atingir estes valores, pode variar entre 20 e 50 minutos, dependendo do volume a ser destilado. Junto a cuba de destilação situa-se um manômetro, com o objetivo de avaliar a pressão interna de vapor exercida sobre as paredes do depósito.

No decorrer do tempo, observou-se a que as frações de líquidos se acumulam nos pratos quando o processo atinge o estado estacionário, ou seja, quando as composições líquidas nos estágios de equilíbrio não terão alteração com a variação do tempo. Estes acúmulos de líquidos são conhecidos por “holdup”. Na Figura 1 observa-se as etapas do processo descrito.

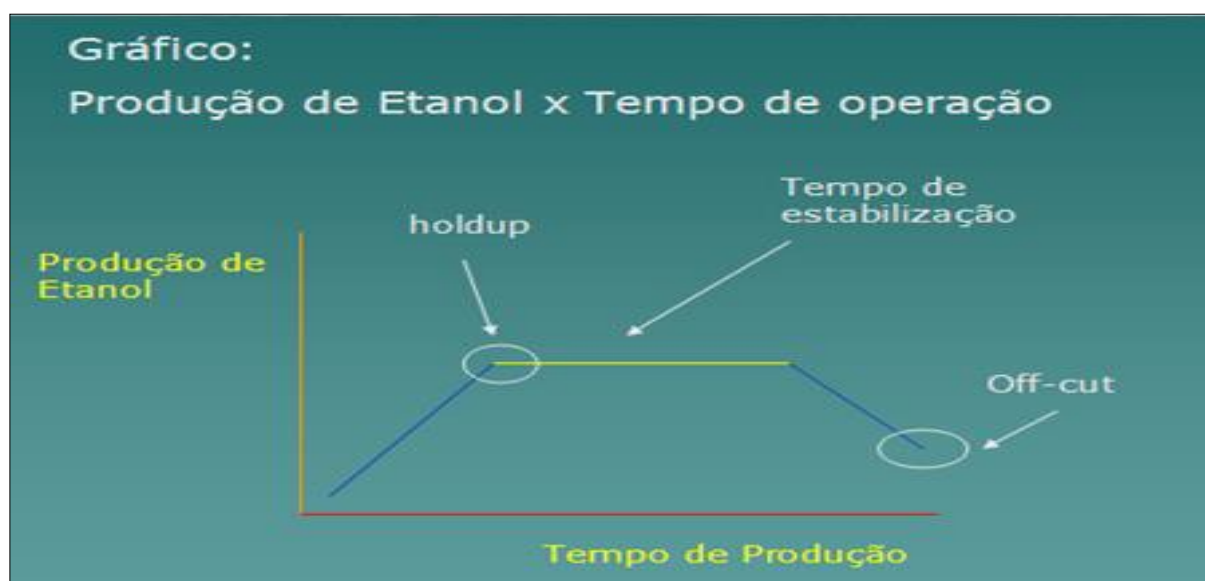


Figura 1: Início e fim do processo.

Fonte: Autores, 2024.

Para o caso em análise; foi possível realizar a abertura do registro de saída de etanol, localizado no painel de controle e verificar que o líquido fluirá para dentro da, proveta convenientemente disposta no painel de controle, sendo que dentro da mesma está o alcoômetro, instrumento utilizado para realizar a leitura da graduação alcoólica; a graduação inicial lida estará entre 70° e 89°GL. A retirada do etanol nesta graduação dura por volta de 15 a 20 minutos; sendo que a partir deste momento a graduação tenderá atingir a 95°GL ocorrendo a estabilização da produção e graduação. O tempo de destilação estabilizada situa-se entre 2 a 2,5 horas.

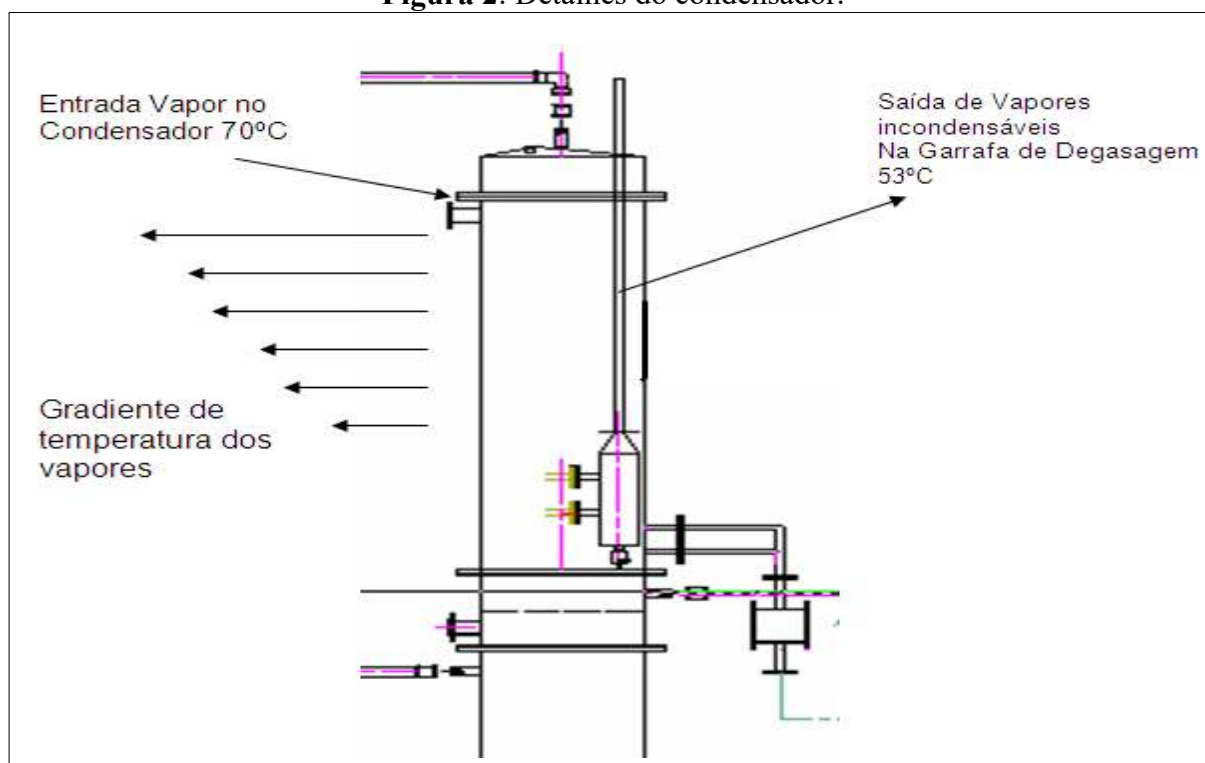
Após este período, o processo evolui para finalização até que a composição do etanol passa a ser de baixa qualidade, denominado flegma, sendo que a sua graduação situa-se entre 89° e 20°GL, o qual passou a ser denominado de terço final da destilação; nesta condição o etanol então é retirado e separado para que possa ser redestilado em outra batelada.

No momento em que a graduação alcoólica baixa para níveis inferiores a 20°GL é feito o encerramento do processo (“off-cut”), visto não ser mais economicamente viável a continuação da destilação. A graduação alcoólica é lida com alcoômetros na escala Gay Lussac e corrigida à temperatura de operação (Kern, 1982).

Considerando que no processo de batelada existe a necessidade de ser computados os tempos de carregamento e descarregamento da cuba, constatou-se a necessidade aparente de 30 minutos para que sejam executadas estas substituições, totalizando então 3 horas o tempo total da batelada.

Com referência ao gradiente de temperatura do condensador é necessário dimensioná-lo de modo que os gases provenientes da coluna de pratos sejam totalmente condensados, deixando-se livres somente os vapores incondensáveis. Essa fuga de gases será possibilitada como a colocação da garrafa de degasagem satisfatoriamente localizada no condensador. Esse é um artifício que melhora a qualidade do álcool. Na Figura 2 é apresentada a disposição destas peças. Além das leituras das temperaturas são realizadas com termômetros de resistência tipo Pt 100.

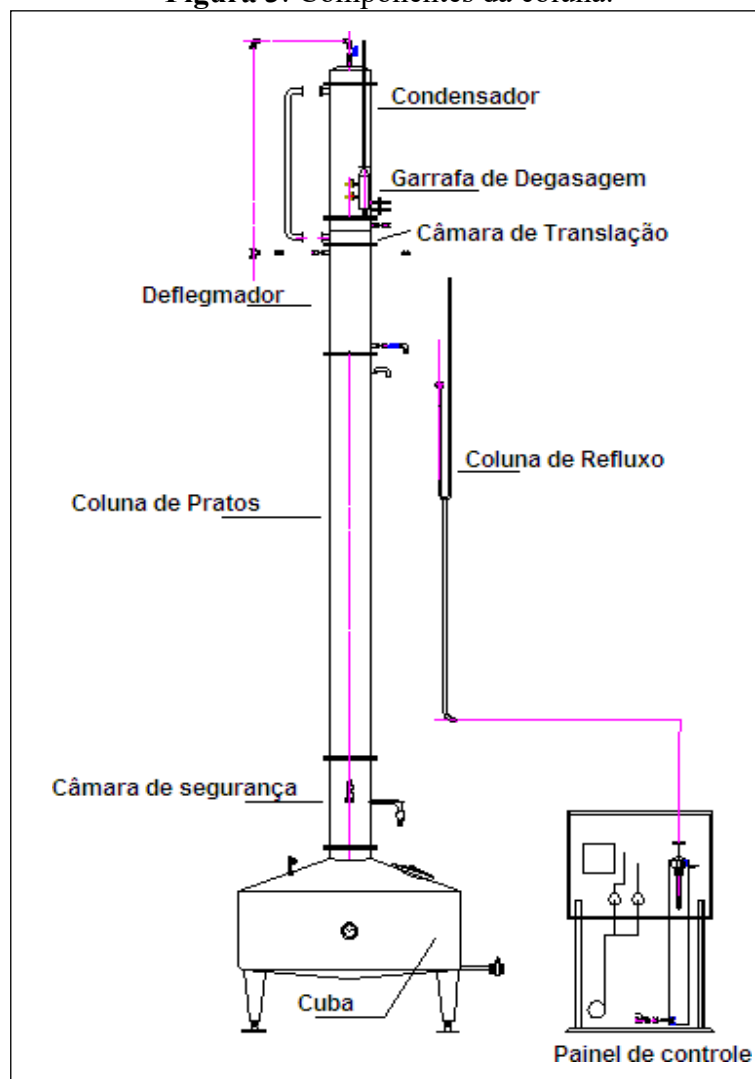
Figura 2: Detalhes do condensador.



Fonte: Autores, 2024.

Todos os componentes que compõem a coluna de destilação poderão ser visualizados na Figura 3.

Figura 3: Componentes da coluna.



Fonte: Autores, 2024.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

É importante uma mudança de conceituação em alguns termos usados para caracterização de uma coluna de destilação, visto que conceitos inadequados podem causar interpretações duvidosas.

No que se refere a conceituação, para uma coluna de destilação por batelada torna-se inadequado usar o termo produção horária. A denominação correta observada pelos testes realizados é “Produção útil por batelada”, considerando que a destilação não é contínua e está sujeito a intermitência do processo.

Esta mudança observada diz respeito a quantidade de produto destilado na coluna, normalmente os fabricantes tomam como referência a produção de pico da batelada, ficando este dado como parâmetro médio de produção da coluna.

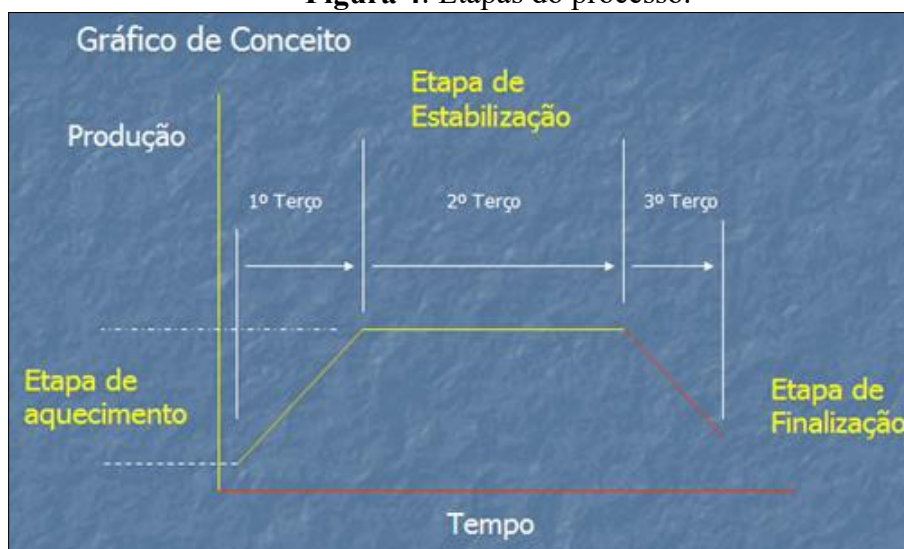
O que se observa durante os testes da coluna de destilação em processo de batelada e para dar fundamentação a mudança de conceituação é que esta muda a produção, ou seja, no início do processo, até o equipamento atingir a estabilidade, a vazão é lenta e com pouca graduação; isto se dá entre 10 e 20 minutos o que passa a ser chamado de terço inicial de produção.

No 2º terço, ou terço intermediário, a produção aumenta significativamente e com a graduação desejada estabilizando-se entre 92 e 95°GL. No terço final a graduação poderá ser

mantida, desde que seja melhorada a retrogradação; para que isto ocorra será necessário alterar a temperatura de funcionamento do deflegmador, mantendo-se a faixa de operação do condensador, muito embora a retirada de álcool diminua.

O que normalmente se faz é uma separação deste terço final, situando-se a graduação alcoólica entre 89° e 20°GL; o corte na produção ocorre quando este processo entra na graduação de 20 °GL. Na Figura 4 observam-se as etapas do processo.

Figura 4: Etapas do processo.



Fonte: Autores, 2024.

É necessário considerar também que o volume da batelada influi no rendimento do processo, uma vez que para atingir o equilíbrio na coluna, esta deve primeiramente carregar as bandejas, ou seja, o volume do depósito deve ser dimensionado para poder carregar as bandejas e permitir sua retirada como produto ótimo.

O que se observa é que no início dos testes a coluna deve ser carregada pelo processo de vaporização e condensação, começando os resultados satisfatórios a partir do carregamento da 2ª batelada, o que vem confirmar a teoria de estabilização através do carregamento das bandejas. O consumo de água no condensador situa-se na faixa de 50 L por minuto, sendo que a mesma é armazenada em depósito e retornando ao processo por intermédio de bomba de recalque.

4 CONCLUSÃO

Para a destilação em estudo obteve-se os seguintes resultados: 125 litros de etanol a 94°GL, 35 litros de etanol fraco com graduação entre 89 e 45°GL, utilizando as seguintes temperaturas: temperatura no depósito 99 °C, temperatura deflegmador 67°C, temperatura no condensador 50°C.

Conclui-se que a nomenclatura estabelecida para este estudo fundamentou-se pelos resultados e pelas etapas as quais o processo transcorreu durante o experimento, tornando-se mais compatível com o tipo de coluna em processo de batelada.

REFERÊNCIAS

CALDAS, J.N.S; LACERDA, A. I. de; VELOSO, E.; PACHOAL, L. C. M. **Internos de torres: pratos e recheios**. 2ª ed., Rio de Janeiro: Interciência: Petrobras, 2007.

DA ROCHA LIMA, L.; DE ABREU MARCONDES, A. **Álcool carburante: uma estratégia brasileira.** Curitiba: Ed. UFPR, 2002.

DA SILVA PEDROSA, L. **Controle adaptativo de uma coluna piloto de destilação em batelada com inferenciação de composição através de redes neurais artificiais.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas -UNICAMP. 1998.

KERN, D. Q. **Processos de transmissão de calor.** Tradução por Adir M. Luiz. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois, 1982.

LIMA, U. de A.; SCHMIDELL, W.; BORZANI, W.; AQUARONE, E. **Biotecnologia industrial: engenharia bioquímica.** v. 2. São Paulo: Editora Blucher, 2001.

LUYBEN, W. L. **Derivation of transfer functions for highly nonlinear distillation columns.** Industrial & Engineering Chemistry Research, v. 26, n. 12, p. 2490-2495, 1987.

REGULY, J. C. **Biotecnologia dos Processos Fermentativos – Fundamentos, matérias primas agrícolas, Produtos e Processos.** Vol. 1. Ed. Universitária- UFPEL. 1996.