

Influência da vazão e pressão na eficiência de separação de um hidrociclone para remoção de particulados aplicado à indústria sucroalcooleira para redução de consumo de recurso hídricos.

VICTOR H. S. CARVALHO¹, RODRIGO P. PANTONI²

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista PIBITI, IFSP, Câmpus Sertãozinho, victorhugo_carvalho@outlook.com.

² Doutor em Engenharia Elétrica e Computação, IFSP, Câmpus Sertãozinho, rpantoni@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.01.02-4 Mecânica dos Fluidos

RESUMO: O objetivo deste trabalho é o estudo da eficiência da separação de partículas pelo processo de hidrociclone aplicado à indústria sucroalcooleira, com o foco em minimizar a utilização de recursos hídricos no processo de lavagem da cana-de-açúcar. Além disso, o gasto com manutenção de bombas, válvulas e outros equipamentos utilizados também será reduzido, pois haverá menor desgaste abrasivo causado por areia e outros particulados. Para isso, será utilizado um protótipo de separador por hidrociclone do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) em Sertãozinho. Serão realizados ensaios com diferentes granulometrias, parâmetros de vazão e pressão, a fim de obter os dados para uma separação mais otimizada, para que o método possa, posteriormente, ser aplicado na indústria da região.

PALAVRAS-CHAVE: separador sólido-líquido; hidrociclone; caldo de cana-de-açúcar; indústria sucroalcooleira.

Flow and pressure influence on the efficiency of separation of a hydrocyclone for particule removal applied to the sugar and alcohol industry to reduce water resource consumption.

ABSTRACT: The objective of this work is to study the efficiency of particle separation by the hydrocyclone process applied to the sugar and alcohol industry, with a focus on minimizing the use of water resources in the washing process of sugarcane. In addition, the cost of the maintaining pumps, valves and other equipment used is also reduced, because there will be less abrasive wear caused by sand and other particules. For this, a prototype of a hydrocyclone separator available on the campus of the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) in Sertãozinho will be used. Tests will be carried out with different particle sizes, flow and pressure parameters, in order to obtain the most optimized data for separation, so that the method can be later applied in the region's industry.

KEYWORDS: solid-liquid separator; hydrocyclone; sugarcane juice; sugarcane industry.

INTRODUÇÃO

A produção de cana de açúcar no Brasil cresceu de maneira acelerada após o estabelecimento do Proálcool em 1975, duplicando sua produção anual após 10 anos, então em 93/94 voltou a crescer com a exportação de açúcar. Voltando a ter outro salto em âmbito nacional quando os veículos flex fuel se tornaram muito utilizados no país. Seu crescimento é visto na figura a seguir.

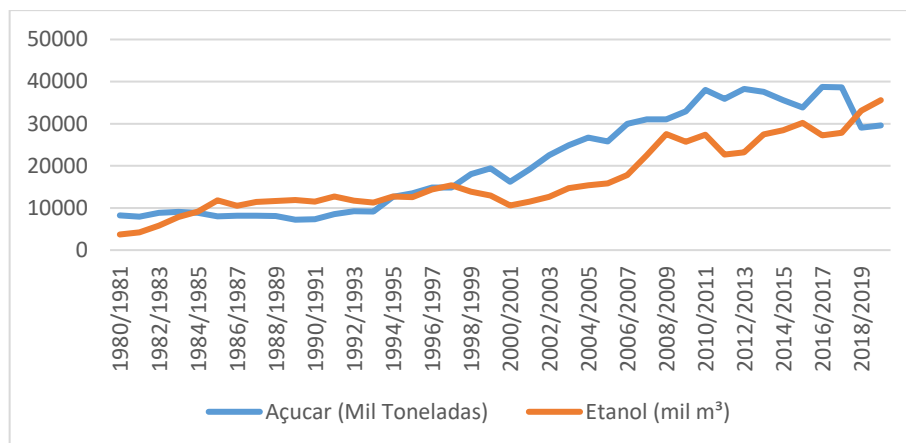


FIGURA 1. Crescimento da produção de açúcar e etanol de 1980 a 2020. Fonte: UNICADData, acesso em agosto de 2020.

A presença de particulados é responsável pela perda de eficiência na produção e maior desgaste de máquinas e equipamento utilizados na indústria sucroalcooleira. Portanto, o projeto tem como objetivo utilizar o método de separação por hidrociclone com força centrífuga para investigar sua eficiência na aplicação industrial, assim como comparar resultados mensurados de pressão e vazão, a fim de encontrar os parâmetros otimizados para a remoção de particulados na indústria. Para isso, será utilizado um protótipo de separador.

Segundo Svarovsky (2000), a separação tem um papel importante na indústria química e recebeu um grande aumento no investimento desde o meio da década de 1990. Por isso, trata-se de um processo que é utilizado há anos e tende a crescer com o emprego de métodos de produção que exigem cada vez mais pureza em suas matérias primas e produtos finais. Apesar de sua importância, pesquisas em bases de patentes nacionais e internacionais não apontaram o uso de uma instalação específica para separação por hidrociclone na indústria sucroalcooleira (PETRÓLEO BRASILEIRO S/A – Petrobrás, 2000; UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, 2008; USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS S/A, 1985; GERALDO ESEQUIEL LUCAS, 2003), por isso, uma patente para tal aplicação traria um grande avanço na produção de cana-de-açúcar no país.

MATERIAIS E MÉTODOS

O protótipo utilizado conta com dois tanques de polietileno, um motor elétrico e um eixo hélice para produção de um efeito de centrífuga na água, uma bomba hidráulica para esvaziar o tanque inferior, sensores de pressão, registros hidráulicos, o hidrociclone e um reservatório para coleta de água, conforme apresentado na figura a seguir.



FIGURA 2. Protótipo de separador sólido-líquido por hidrociclone.

O hidrociclone é um equipamento que usa a força centrífuga e o estrangulamento em sua estrutura para a separação de partículas. O estrangulamento depende da necessidade do projeto, já a força centrífuga (F_{CE}) depende da massa (m) e da velocidade da partícula (v) ou velocidade angular, a equação 1 apresenta seu cálculo.

$$F_{CE} = m \cdot r \cdot \omega^2 \text{ ou } F_{CE} = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (1)$$

Em que,

F_{CE} – força centrífuga, em N;

m – massa, kg;

r – raio, m;

ω – velocidade angular, rad/s;

v – velocidade, m/s.

Para realizar o ensaio, simulando uma situação ocorrida na indústria sucroalcooleira, será utilizada uma mistura de água e areia, com 90% do volume ocupado por água e 10% por areia com granulometrias de 40 μm a 250 μm .

A principal desvantagem do uso de separação por hidrociclone é o desgaste interno do equipamento por abrasão, porém, a melhoria da produtividade é significativa o suficiente para tornar o projeto extremamente viável.

O protótipo utilizado é parte de um trabalho realizado anos atrás, portanto poderiam haver problemas de desgastes, rachaduras ou oxidação nos componentes, para isso foram realizados testes anteriores aos devidos ensaios com areia e água.

Em testes com água, foram notados vazamentos devido a rachaduras e dificuldade de operação nas etapas de limpeza e escoamento dos tanques. Os vazamentos se deram por conta de rachaduras que podem ser observados na Figura 3 e se resolveram após a substituição de parte da tubulação de policloreto de vinila (PVC).



FIGURA 3. Tubulação com rachadura.

Já as adaptações para melhor manuseio do protótipo incluem a inserção de mangueiras com registros hidráulicos para escoamento do líquido tanto no tanque superior, quanto no inferior. Uma segunda rodada de testes mostrou que fixação da mangueira do tanque inferior, feita com silicone, não suportava a pressão de coluna d'água, portanto, ela passou a ser fixada com cola epóxi, as mangueiras são apresentadas na figura 4.



FIGURA 3. Mangueiras adaptadas nos tanques superior e inferior.

O protótipo se mostrou totalmente pronto após um terceiro teste e os ensaios podem ter início. Para mensurar a eficiência de separação do hidrociclone após o processo, é realizada uma verificação da turbidez da água com um turbidímetro. Tal equipamento é capaz de medir o nível de turbidez da água lançando um feixe de luz contra o líquido, as partículas sólidas refletem esse feixe, e com isso o equipamento é capaz de realizar uma leitura, trazendo o resultado em NTU (Unidade de Turbidez Nefelométrica).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as adaptações do protótipo e a calibração do turbidímetro, o protótipo está finalmente pronto para a realização de todos os ensaios, para dar sequência aos estudos, deve ser feito o mapeamento do tamanho de grãos de areia.

As próximas etapas do trabalho envolvem compreender e utilizar os equipamentos eletrônicos de coleta de dados de vazão e pressão para análise, realizando primeiro um teste com a circulação de água. Após isso, o mapeamento da distribuição do tamanho de grãos de areia para ensaio, além dos parâmetros de velocidade do motor e vazão da bomba hidráulica iniciais. Então, posteriormente ocorrem os ensaios e a análise de eficiência de separação.

Contudo, os ensaios dependiam de manipulação presencial do equipamento, então, tendo em vista a pandemia de Covid-19 e o fechamento das instituições de ensino em todo país, o projeto teve que ser interrompido, o trabalho ocorrerá assim que as atividades no campus forem retomadas.

CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho era identificar o máximo nível de eficiência possível no processo de separação por hidrociclone, aprimorar o estudo para sua otimização e iniciar o desenvolvimento de um método para sua aplicação em instalações industriais focadas na cana-de-açúcar.

Apesar do método já se mostrar promissor segundo a literatura, no atual momento não foi possível realizar ensaios para comprovar sua real eficácia e quais os parâmetros otimizados para sua utilização.

Portanto, não há como tirar conclusões acerca de vazão e pressão para a separação por hidrociclone, todos os dados numéricos só podem ser obtidos após ensaios, e esses serão realizados após a pandemia de Covid-19.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo fornecimento de um auxílio financeiro ao bolsista durante a iniciação tecnológica. Aos meus colegas de curso Renato Trevilato e Felipe Rosseti e ao professor Daniel Bazoni pela colaboração nos trabalhos de manutenção e adaptação. E ao orientador e autor do trabalho Rodrigo Pantoni pela oportunidade de participar do projeto e pela disponibilidade em ajudar e tirar dúvidas para dar prosseguimento nos estudos.

REFERÊNCIAS

GERALDO ESEQUIEL LUCAS. Geraldo Esequiel Lucas. **Separador hidrociclone para líquidos em geral**. PI 0103430-8 A2, 2003.

PETRÓLEO BRASILEIRO S/A – PETROBRÁS (BR/RJ). Antônio Peres Neto, Miguel Angel Buelta Martinez, Gilberto Francisco Martha de Souza, José Renato Baptista de Lima. **Dispositivo para separação de dois líquidos de densidades diferentes que inclui um hidrociclone**. PI 9301111-3 B1, 2000.

SVAROVSKY, L. (2000). **Solid-liquid Separation**. Czech Republic: Butterworth-Heinemann, Fourth Edition.

UNICADATA. Disponível em: <<http://unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=31&tipoHistorico=2>>. Acesso em 24 de agosto de 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. João Jorge Ribeiro Damasceno, Luis Gustavo Martins Vieira, Marcos Antônio de Souza Barrozo. **Hidrociclone Filtrante**. BR PI 0701118-0 A2, 2008.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS S/A. Elifes Medeiros. **Aperfeiçoamentos em separador tipo ciclone**. BR PI 8401171-8, 1985.