

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

AVALIAÇÃO DO PERFIL DE VELOCIDADE E GRADIENTE DE PRESSÃO DO SEPARADOR SÓLIDO-LÍQUIDO APLICADO À INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA¹

PAULO ROBERTO FRÓES DOS REIS², PAULO ROBERTO DE BARCELOS³, FLÁVIO
TAMBELLINI⁴, RODRIGO PALUCCI PANTONI⁵

¹Apresentado no 7º Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSP: 29 de novembro a 02 de dezembro de 2016 - Matão-SP, Brasil

²Aluno do curso Engenharia Mecânica, Câmpus Sertãozinho, Bolsista ITI-A (CNPq), papolo-freis@hotmail.com

³Engenheiro, Bolsista DTI-B (CNPq), barcelos.stz@gmail.com

⁴Professor do Câmpus Sertãozinho, Orientador de Iniciação Científica, flavio.ifsp19@gmail.com

⁵Professor do Câmpus Sertãozinho, Coordenador do Projeto de Pesquisa, rpantoni@ifsp.edu.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho é o estudo, desenvolvimento e ensaio experimental de um protótipo (piloto) de um separador sólido-líquido para remoção de particulados do caldo de cana, visando suprimir a etapa de lavagem da cana (que precede a moagem). Tal processo visa reduzir o consumo de recursos hídricos e a redução do desgaste dos equipamentos por abrasão e conseqüente redução da necessidade e custo de manutenção de válvulas, bombas e demais acessórios das tubulações. Esse estudo visa simular o comportamento do separador de acordo com a literatura relacionada. Os resultados modificam os processos de fabricação para este projeto com base na maior eficiência de separação.

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

SOLID-LIQUID SEPARATOR FOR PARTICULATE REMOVAL APPLIED TO SUGARCANE INDUSTRY

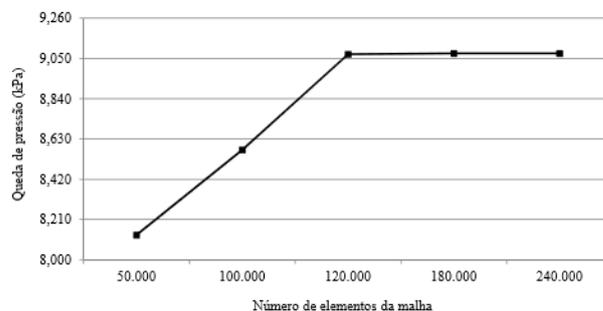
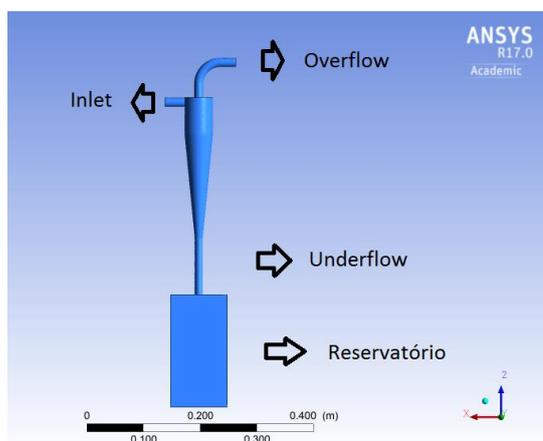
ABSTRACT: The objective of this work is the study, development and experimental testing of a prototype (pilot) of a solid-liquid separator for particulate removal from sugarcane juice, aiming to suppress the cane washing step (which precedes the grinding). This process aims to reduce the water consumption and the wear of equipment abrasion thus reducing the need and cost of maintenance of valves, pumps and other accessories of the pipes. This study looks forward to simulate the behavior of the separator according to the related literature. The results modify the process of fabrication of the project, based on the best efficiency of separation.

KEYWORDS: solid-liquid separator, hydrocyclone, sugar cane juice, sugarcane industry.

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é realizar simulações a fim de estudar as topologias e a influência dos fatores de velocidade e pressão no separador sólido-líquido para a indústria sucroalcooleira. Será estudado como o fluido se comporta com o sistema implementado, e será analisada a influência do particulado nas velocidades e pressões do sistema. Com os resultados obtidos é possível avaliar como esses fatores podem otimizar o processo de separação. Este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa chamado de "Separador sólido-líquido para remoção de particulados aplicado à indústria sucroalcooleira", que está sendo desenvolvido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) Campus Sertãozinho em parceria com a empresa Inselli Engenharia & Ciência Aplicada, tendo apoio da empresa Cobra Equipamentos Industriais e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

MATERIAL E MÉTODOS



FIGURAS 1 e 2. Separador usado nas simulações com as descrições e gráfico do estudo do desempenho de malha.

Este resumo expandido trata de simular o separador sólido-líquido no *software* Ansys CFX. Baseado nos estudos de Tonin (2012) foram utilizadas as topologias apresentadas para corroborar os resultados descritos. Foram estudados dentro do simulador mecanismos de se avaliar o gradiente de pressão e o perfil de velocidade do fluido dentro do separador. E, para fins do projeto, as simulações foram adaptadas para separar os particulados do caldo da cana de açúcar. O caldo da cana de açúcar é uma mistura orgânica, e não apresenta um comportamento homogêneo, pois varia consideravelmente suas propriedades. Para resolver isso, serão feitas simulações com uma gama de possíveis propriedades do caldo. Os resultados, portanto, serão uma análise dos diferentes comportamentos do fluido na simulação. Por ser um estudo pioneiro, ainda não foram feitos experimentos reais conclusivos para este tipo de situação.

O projeto do separador na fabricação contém um cotovelo na sua região superior. Esse cotovelo foi adicionado respeitando as dimensões antes discutidas por Tonin (2012) devido ao estudo de otimização das geometrias do separador com condições razoavelmente similares às

nossas. Cabe, se necessário, um estudo de otimização das geometrias, graças a essa mudança, mas esse não é o objetivo do estudo.

O estudo de otimização da malha fora feito por Tonin (2012) e, em primeira instância, a malha utilizada se baseou nas conclusões que seu estudo chegou. No estudo de Tonin, foram usados os mesmos parâmetros em simulações com malhas de refinamentos diferentes, de 50000 a 240000 elementos, usando o mesmo simulador que o deste estudo. Como demonstrado na Fig. (2), a partir de 120000 elementos os resultados se mantêm, concluindo que é seguro fazer um estudo de a partir de 120000 elementos, e o nosso caso usou aproximadamente 150000 elementos para as simulações.

A fase líquida foi composta apenas de água, mudando apenas sua temperatura como propriedade. Para a fase sólida, um estudo similar ao de Soccol (2004) foi feito para analisar as interferências para os diferentes diâmetros do particulado. Duas propostas também foram tomadas quanto às propriedades do material no *software*, pois esse possibilita configurar as características dos materiais disponíveis na biblioteca. A primeira tentou se assemelhar o máximo possível ao estudo de Tonin (2012), com o objetivo de alcançar os mesmos resultados dele. A segunda se baseou nas propriedades da terra e areia de bibliografias de propriedades físico-químicas, para aproximar-se ao material que deseja ser usado. Esse método foi implantado em primeira instância pela sua praticidade.

A Tabela 1 apresenta as diferentes configurações dos materiais, assim como as condições de contorno do sistema. Nas simulações foram variados os diâmetros do particulado. Foram feitas 9 simulações, onde foram variados os diâmetros do particulado com os seguintes valores: 1,5,10,15,20,25,30,35 e 40 μm . A velocidade e temperatura são em relação ao fluido bifásico na entrada da simulação.

Materiais		Fuligem			Fluido na entrada	
Simulação	Densidade [kg/m^3]	Viscosidade dinâmica [$kg/(m.s)$]	Diâmetro [μm]	Velocidade [m/s]	Temperatura [$^{\circ}C$]	
1-9	2650	$8,8899.10^{-4}$	1-40	4,0		25
10-18	1600	$8,8899.10^{-4}$	1-40	4,0		25
19-27	2650	$8,8899.10^{-4}$	1-40	1,6		22
28-36	1600	$8,8899.10^{-4}$	1-40	1,6		22

Tabela 1: Relação das simulações realizadas no software por ordem de realização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentro do simulador foram avaliadas principalmente as velocidades do particulado no *overflow* e no *underflow*. O Gráfico 1 mostra as velocidades em cada caso da simulação, e a Tabela 2 o gradiente de pressão, que é expresso pela diferença de pressão absoluta entre o *underflow* e o *overflow*. É importante notar que as figuras não representam linearidade das topologias, visto que diferentes parâmetros foram colocados nas simulações, e a relação entre eles não é linear. Além disso, a tabela de pressão apresenta todos os valores significativos, ou seja, todas as alterações nos resultados estão explicitadas na tabela.

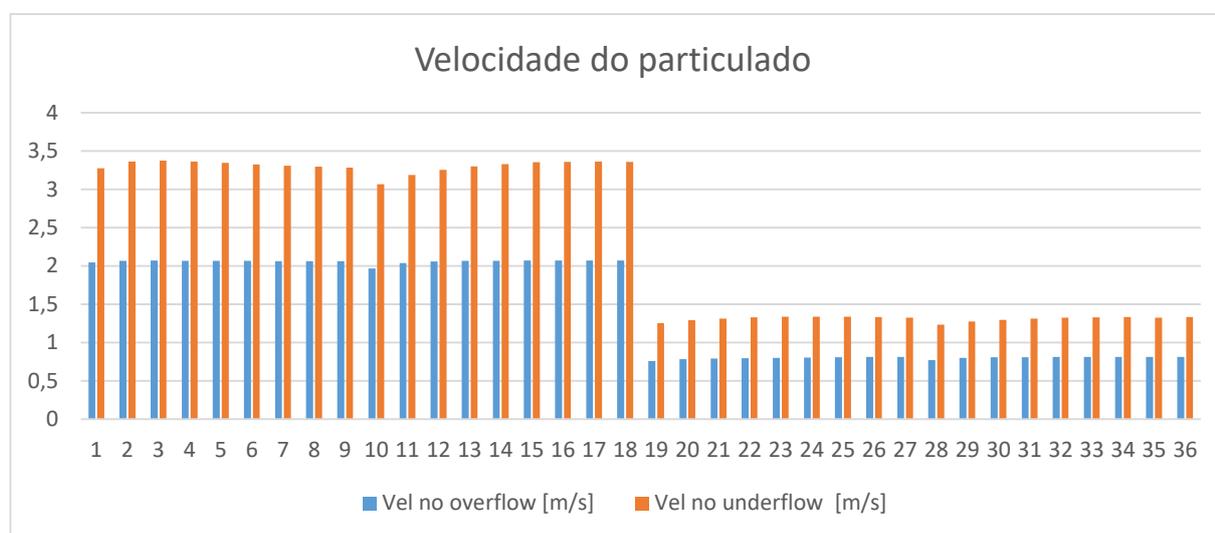


Gráfico 1: Velocidade do particulado em [m/s²] para cada simulação realizada.

Simulações	Diferença de pressão [Pa]
1-9	3150
10-18	3150
19-27	3130
28-36	3130

Tabela 2: Tabela com a diferença de pressão em Pa entre o *underflow* e o *overflow*.

Para a simulação, é necessário usar como fluido o caldo da cana de açúcar e como particulado a terra e a areia. Dentro do *software*, essas bibliotecas não existem, e podem ser criadas pelo usuário e adicionadas ao *software*. Como esse processo demanda muito tempo, essa será a etapa final do estudo. Por hora, a simulação usada foi bifásica com materiais disponíveis na biblioteca do Ansys, que foram água e fuligem.

Vale ressaltar as diferenças entre os modos de simulação. Por ser um estudo em paralelo com Tonin (2012), foi feito um estudo em regime permanente, com o fluido saindo constantemente no *underflow* e no *overflow*. O caso final terá um armazenamento no *underflow*, impedindo a passagem do fluido, deixando apenas o fluxo do particulado. Esse método melhora muito a eficiência de separação, mas precisa considerar outras coisas para ser otimizado. O estudo de Tonin (2012) visou um cenário com pressão manométrica igual à da atmosfera no *overflow*, e, com o armazenamento, a pressão relativa será diferente, pelo sistema estar fechado. Com o particulado saindo pelo *underflow*, o sistema se transforma em transiente.

CONCLUSÕES

O objetivo de análise do comportamento do escoamento bifásico no separador foi alcançado. No simulador, foram avaliados diversos resultados do comportamento do fluido nas situações apresentadas. Também é necessário dizer que diversos métodos de solução foram usados, assim como diversas mudanças dentro das topologias apresentadas, e a conclusão disso foi que diferentes métodos de solução mudam consideravelmente os resultados, mas a eficiência se mantém.

Como os resultados bem mostram, a velocidade e a pressão apenas mudam significativamente com a mudança da velocidade na entrada. Esperam-se resultados diferentes com a pressão no *underflow*, pois observou-se que o perfil de velocidade no particulado tende a acompanhar o perfil do fluido. Uma coisa importante a citar sobre isso é que esse comportamento diz que o diâmetro do particulado não influenciou muito o perfil de velocidade e nem alterou significativamente a eficiência do separador. É preciso levar em consideração, portanto, que a influência dos diâmetros na separação só será totalmente analisada quando se melhorar a performance da simulação, em relação ao caso real.

Os resultados do estudo focam o comportamento do particulado, que está diretamente ligado à eficiência de separação. No projeto final os principais pontos de estudo estarão ligados a quais fatores alteram o fluxo do particulado no *overflow* e no sistema de armazenamento, e como o gradiente de pressão se comporta em um caso sem fluxo no *underflow*. Espera-se analisar, em comparação ao estudo em paralelo ao Tonin (2012), se a implementação de uma simulação aperfeiçoada em relação à situação real irá demonstrar respostas satisfatórias para melhorar a eficiência do projeto em questão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que está financiando o projeto de título “Separador sólido-líquido para remoção de particulados aplicado a indústria sucroalcooleira para redução de consumo de recursos hídricos” (processo 468373/2014-4) e as bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

TONIN, P.C. **Otimização computacional de hidrociclone na irrigação pressurizada**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

SOCOL, O.J. **Construção e avaliação de hidrociclone para pré filtragem da água de irrigação**. Piracicaba: ESALQ, 2004. 89p. Tese de Doutorado.