

Engenharias, Ciência e Tecnologia 2

**Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)**



Atena
Editora

Ano 2019

Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)

Engenharias, Ciência e Tecnologia

2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 2 [recurso eletrônico] / Organizador
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-085-8

DOI 10.22533/at.ed.858193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume II apresenta, em seus 15 capítulos, conhecimentos relacionados a Gestão de Resíduos relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Gestão de Recursos Naturais, Produção mais Limpa e Ecoeficiência e Gestão de Resíduos Industriais e Prevenção de Poluição.

As áreas temáticas de Gestão de Resíduos relacionadas tratam de temas relevantes para a prevenção de poluição. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Gestão de Resíduos e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DA ADSORÇÃO COM CARVÃO VEGETAL PARA A PURIFICAÇÃO DE BODIESEL OBTIDO A PARTIR DE ÓLEOS DE MILHO	
<i>Maria Carolina Sérgi Gomes</i>	
<i>Juliana Guerra Sgorlon</i>	
<i>Maraísa Lopes de Menezes</i>	
<i>Vassula Belinato Paiva</i>	
<i>Fernanda Nunes de Proença</i>	
<i>Mariane Borges Gheller</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931011	
CAPÍTULO 2	11
AVALIAÇÃO DA GRANULOMETRIA DO BAGAÇO DE MALTE SOBRE A ADSORÇÃO DO CORANTE DE AZUL DE METILENO UTILIZANDO COLUNA DE LEITO FIXO	
<i>Jordana Benfíca Silva</i>	
<i>Heitor Otacílio Nogueira Altino</i>	
<i>Renata Nepomuceno da Cunha</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931012	
CAPÍTULO 3	18
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE PARTICULADO NA QUEDA DE PRESSÃO DE UM CICLONE LAPPLE	
<i>Rosilanny Soares Carvalho</i>	
<i>Daiane Ribeiro Dias</i>	
<i>João Carlos Gonçalves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931013	
CAPÍTULO 4	30
AVALIAÇÃO DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS: SEDIM 2.0	
<i>Roberta de Almeida Costa Campeão</i>	
<i>Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931014	
CAPÍTULO 5	38
AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DE UM CICLONE ADAPTADO COM BOCAIS ATOMIZADORES DE ÁGUA PARA COLETAR MATERIAL PARTICULADO PROVENIENTE DA QUEIMA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR	
<i>Ana Elisa Achilles</i>	
<i>Vádila Giovana Guerra Béttega</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931015	
CAPÍTULO 6	55
DESEMPENHO DE FILTRO TIPO BOLSA PARA SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS DE HERBICIDAS	
<i>Daniela Teixeira Chaves</i>	
<i>José Roberto Delalibera Finzer</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8581931016	

CAPÍTULO 7 71

DISTRIBUIÇÃO DE CHUMBO TOTAL EM AMOSTRAS DE SEDIMENTOS E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS EXTRAÍDAS DE SEDIMENTOS COLETADOS EM MANANCIAIS COM DIFERENTES TIPOS DE ÁGUA DA BACIA AMAZÔNICA

Tania Machado da Silva
Bruno Cesar Prior Rocha
Wilyane Silva Figueiredo
Luiz Fabrício Zara
Gustavo Rocha de Castro
André Henrique Rosa

DOI 10.22533/at.ed.8581931017

CAPÍTULO 8 87

ESTUDO DAS CONDIÇÕES PARA A SÍNTESE DE BIODIESEL A PARTIR DO ÓLEO DE ABACATE E PEROVSKITA RESIDUAL ($Ca_2Fe_2O_5$)

Rondinele Aberto dos Reis Ferreira
Juarez Hilleshein Júnior
Priscila Pereira Silva

DOI 10.22533/at.ed.8581931018

CAPÍTULO 9 102

ESTUDO DE CASO EM OBRA NA CIDADE DE MACEIÓ: PROPOSTA PARA MELHORIA NO DESTINO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Kelliany Medeiros Costa
José Leandro da Silva Duarte
Carmem Lúcia de Paiva e Silva Zanta

DOI 10.22533/at.ed.8581931019

CAPÍTULO 10 112

COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DE VELOCIDADE DE SEDIMENTAÇÃO APLICADOS EM EMULSÕES A/O MONODIPERSAS

Lucas Henrique Pagoto Deoclecio
Ana Paula Meneguelo
Daniel Cunha Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.85819310110

CAPÍTULO 11 128

POTÊNCIA NECESSÁRIA AO RALEAMENTO DA VEGETAÇÃO NO SEMIÁRIDO

Márcio Waltzer Timm
Antônio Lilles Tavares Machado
Roberto Lilles Tavares Machado
Rafael Gonçalves Tonucci

DOI 10.22533/at.ed.85819310111

CAPÍTULO 12 137

SANEAMENTO: EVOLUÇÃO DAS OBRAS DE INFRAESTRUTURA E MELHORIA DA QUALIDADE DE VIDA DO BAIRRO PARAVIANA EM BOA VISTA/RR

Francilene Cardoso Alves Fortes
Emerson Lopes de Amorim
Iury Costa Aragão
Thiago Barreto Tavares
Cleiton Leandro Santana
Maikon Barros de Lima

DOI 10.22533/at.ed.85819310112

CAPÍTULO 13	152
SANEAMENTO: IMPLICAÇÕES E EXECUÇÕES NAS OBRAS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BAIRRO CINTURÃO VERDE NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA/RR	
<i>Francilene Cardoso Alves Fortes</i>	
<i>Emerson Lopes de Amorim</i>	
<i>Simone Vieira Vaz</i>	
<i>Geislani da Luz Araujo</i>	
<i>Numeriano Dantas de Medeiros</i>	
<i>Fabio Rodrigues de Jesus</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85819310113	
CAPÍTULO 14	166
SINTONIA ÓTIMA DO CONTROLADOR PID APLICADO AO CONVERSOR CC-CC BUCK	
<i>Rhonei Patric dos Santos</i>	
<i>Lucas Sampaio Garcia</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85819310114	
CAPÍTULO 15	178
APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DO CAROÇO DE AZEITONA PARA A PRODUÇÃO DE TIJOLO SOLO-CIMENTO	
<i>Luíza Silveira Cabral</i>	
<i>Manoela Silva Lima Mariotini Carotta</i>	
<i>Érica Vieira Barbosa</i>	
<i>Juliana Fusco Pachani dos Santos</i>	
<i>Ana Carla Pinheiro Lima</i>	
<i>Cristiane de Souza Siqueira Pereira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.85819310115	
SOBRE O ORGANIZADOR	189

DESEMPENHO DE FILTRO TIPO BOLSA PARA SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS DE HERBICIDAS

Daniela Teixeira Chaves

Universidade de Uberaba, Departamento de
Engenharia Química
Uberaba – MG

José Roberto Delalibera Finzer

Universidade de Uberaba, Departamento de
Engenharia Química
Uberaba – MG

RESUMO: No setor agrícola, os avanços dos últimos anos podem ser relacionados com a evolução dos equipamentos, sementes e agroquímicos. No processo produtivo de agroquímicos líquidos, pode haver particulados que não são de interesse e assim, necessitam ser retirados. A remoção de partículas sólidas de um meio líquido se dá através de filtração. O filtro tipo *bag* ou bolsa possui um mecanismo simples, de baixo custo e de fácil acesso para limpeza. Para avaliar a eficiência de um sistema de filtração, a determinação da resistência do meio, determinação da resistência específica da torta e eficiência e características da bomba utilizada para a transferência do líquido são cálculos importantes. Em um processo produtivo de herbicidas líquidos, realizou-se um estudo para cálculo de eficiência do sistema de filtração (tipo bag). Através do cálculo da área do elemento filtrante ($0,460 \text{ m}^2$), da densidade da torta ($0,99 \text{ g/cm}^3$), da concentração de sólidos na

suspensão ($0,01058 \text{ kg/m}^3$), da massa de torta por unidade de área ($0,92 \text{ kg/m}^2$), espessura média da torta ($0,09 \text{ cm}$), a porosidade da torta (22%), a resistência específica da torta ($40,68 \text{ m.kg}^{-1}$) e a resistência do meio (94160993 m^{-1}) comprovou-se a viabilidade do sistema de filtração na remoção de particulados de herbicidas.

PALAVRAS-CHAVE: Filtração sólido-líquido; filtro tipo bag; processos de separação.

ABSTRACT: In the agricultural sector, advances in recent years can be related to the evolution of equipment, seeds and agrochemicals. In the production process of liquid agrochemicals, there may be particulates that are not of interest and thus, need to be removed. Removal of solid particles from a liquid medium is by filtration. The bag or bag filter has a simple, low cost and easy access for cleaning. In order to evaluate the efficiency of a filtration system, determination of the medium strength, determination of the specific strength of the cake and the efficiency and characteristics of the pump used for liquid transfer are important calculations. In a productive process of liquid herbicides, a study was carried out to calculate the efficiency of the filter system (bag type). By calculating the area of the filter element ($0,460 \text{ m}^2$), the density of the cake (0.99 g.cm^{-3}), the concentration of solids in the suspension (0.01058 kg/m^3), the cake mass

per unit area 0.92 kg.m^{-2}), average cake thickness (0.09 cm), cake porosity (22%), specific cake strength (40.68 m.kg^{-1}) and medium strength (94160993 m^{-1}) the viability of the filtration system in the removal of particulates from herbicides was verified.

KEYWORDS: Solid-liquid filtration; bag filter; separation processes.

1 | INTRODUÇÃO

A maioria dos processos industriais em larga escala envolvem algum processo de separação sólido-líquido. Nestes processos de separação, estão envolvidas diversas formas de tecnologias e equipamentos (RUSHTON, WARD, HOLDICH, 2000). Na produção de agroquímicos líquidos, podem haver particulados não reativos oriundos de matérias primas e do processo que necessitam ser retirados para garantir a qualidade do produto final.

Segundo Foust et al. (1982), quando há a necessidade de separação de certos componentes contidos numa mistura homogênea, são utilizadas as diferenças de propriedades dos constituintes da mistura para conseguir o seu objetivo. Para isso, é essencial examinar as diversas propriedades químicas e físicas dos constituintes da mistura para identificar qual delas oferece a maior diferença entre os componentes para assim propor uma forma de separação eficiente e econômica. Outros fatores a serem analisados para a determinação da etapa de separação são a necessidade de energia, o custo e a disponibilidade dos materiais.

O sistema de filtração pode ser constituído por diferentes tipos de filtros, que podem ser operados em variadas formas (RUSHTON, WARD, HOLDICH, 2000). O sistema de filtração do tipo *bag* ou bolsa consiste em um mecanismo simples de separação sólido-líquido. Este tipo de filtro possui baixo custo operacional, rápido acesso ao elemento filtrante e é uma excelente opção para otimizar a etapa de filtração.

A retirada de particulados em herbicidas deve possuir uma alta eficiência pois está diretamente ligada a qualidade do produto obtido (DAS et al., 2003). Em casos de particulados que não alteram a eficiência de herbicidas, como neste estudo, também é necessário manter uma alta eficiência de filtração, pois particulados visíveis a olho nu impactam diretamente na aceitação do produto no mercado.

Este trabalho teve como objetivo estudar o desempenho na filtração para remoção de partículas não reativas em herbicidas, bem como os fatores que influenciam na filtração, características do tipo de equipamento utilizado (tipo bolsa), as equações de filtração e a apresentação do estudo de viabilidade do sistema de filtração.

1.1 Filtro Tipo Bolsa

Filtração pode ser definida como a separação de sólidos de líquidos no escoamento do fluido por um meio poroso que reterá as partículas sólidas e permitirá a passagem do líquido (SVAROVSKY, 2000). As partículas sólidas retidas no filtro recebem o nome

de torta e o líquido que escoar através do meio poroso é denominado filtrado. O papel principal de um sistema de filtração é realizar a separação das partículas da suspensão ou fluido consumindo o mínimo de energia (TARLETON, WAKEMAN, 2005).

No sistema de filtração do tipo *bag* (Figura 1), os componentes principais são: vaso de pressão ou carcaça, o cesto (suporte) e o elemento filtrante (*bag* ou bolsa). O fluido a ser filtrado é direcionado sob pressão na parte superior da carcaça, onde entra em contato com o elemento filtrante suportado pelo cesto, assegurando assim uma distribuição completa e uniforme de todo o fluido pela superfície interna do elemento e garantindo um escoamento distribuído por toda a bolsa sem qualquer efeito negativo de turbulência.

O sentido do escoamento durante a filtração (de dentro para fora da bolsa) garante que todos os contaminantes retidos (torta) permaneçam em sua parte interna de forma a evitar uma possível contaminação da carcaça durante a troca do elemento filtrante. Um elemento do filtro que garante a vedação positiva de 360° no bag e assim que não haja passagem de particulados fora da bolsa filtrante é a borracha de vedação que é posicionada entre o cesto e a carcaça.



Figura 1: Filtro do tipo bolsa
Autor (2017)

Caso o cesto entre em contato direto com a carcaça, haverá contato direto e um deslocamento deste cesto que resultará na passagem de particulados fora do elemento filtrante.

De acordo com fornecedores do mercado, a faixa de vazão de trabalho do filtro do tipo bag é de 1 a 288 m³/h. Este tipo de filtro é ideal para quem busca um baixo custo operacional: se operado corretamente, não requer manutenções constantes. Outro ponto importante é o acesso rápido ao elemento filtrante, que permite uma troca rápida do bag e assim otimiza o processo como um todo. Como os contaminantes ficam retidos apenas no interior da bolsa filtrante, ao realizar a troca do bag não é necessário realizar a limpeza da carcaça do filtro, outro ponto importante na operação do sistema (TECHNICAL FILTER, 2018).

O material do *bag* pode variar de acordo com a finalidade da retenção. Os mais

comuns são em polipropileno, poliéster e nylon. As bolsas também podem ter seus aros soldados ou costurados, variando também de acordo com o modelo da carcaça do filtro (MICRONLINE FILTROS, 2018).

Os *bags* em polipropileno e poliéster são fabricados com fibras sintéticas de estrutura tridimensional de alta porosidade que possuem espessura específica que formam vias micrométricas e que retêm partículas sólidas ou gelatinosas (Figura 5). As fibras são capazes de criar caminhos fibrosos com eficiência e tempo de utilização prolongado de acordo com o fluido a ser filtrado. A utilização do polipropileno e poliéster se diferencia pela temperatura de trabalho: os *bags* de poliéster operam a temperatura ambiente e já o polipropileno é fabricado para atender fluidos de maior temperatura. Os *bags* disponíveis no mercado têm aberturas que variam de 1 a 200 μ . Já os *bags* em nylon, possuem sua estrutura em tecido estruturado por fios de nylon termofixados. As porosidades destes modelos de *bag* variam de 10 a 800 μ m.

As bolsas costuradas possuem seu anel de vedação padrão em aço galvanizado ou inoxidável e sua grande vantagem é um menor preço de mercado em relação às bolsas com aros soldados. Já as bolsas soldadas, eliminam, devido ao aro termosoldado, a possibilidade de *bypass* através dos furos feitos pela agulha nas bolsas costuradas. Um ponto de atenção é a correta utilização do elemento filtrante: antes de utilizar o mesmo, garantir que não haja avarias no aro confirmando se o mesmo não está amassado e também garantir um perfeito encaixe do aro com o cesto para que assim não possa existir nenhum ponto de passagem do fluido fora do *bag*.

O processo de fabricação de herbicidas ocorre por batelada. O filtro do tipo *bag*, se mostra como um equipamento de custo benefício viável, sendo as condições operacionais propícias ao processo produtivo de agroquímicos onde se necessita de um rápido e fácil acesso ao elemento filtrante e condições de operação que aperfeiçoem o processo como um todo e diminuam as paradas.

Para a seleção de um equipamento responsável pela separação sólido-líquido devem-se levar em consideração diversos fatores. Além dos fatores físicos e químicos, os custos de instalação e operacionais devem ser avaliados (RAU, 2015). Os fatores mais importantes para a seleção de um filtro são: resistência específica do meio poroso de filtração; a quantidade de suspensão a ser filtrada; a concentração de sólidos na suspensão e a facilidade de descarregar a torta formada no processo de filtração.

A produção de herbicidas se dá de forma bem simples: conforme a Figura 2, as matérias primas são adicionadas em um reator onde ocorre uma reação ácido-base, e após esta reação o produto semiacabado é transferido para um tanque formulador onde o restante das matérias primas são adicionadas e misturadas e após a completa mistura e pré-filtragem, o produto acabado é transferido para tanques de armazenamento onde posteriormente será filtrado e transferido para o envase.

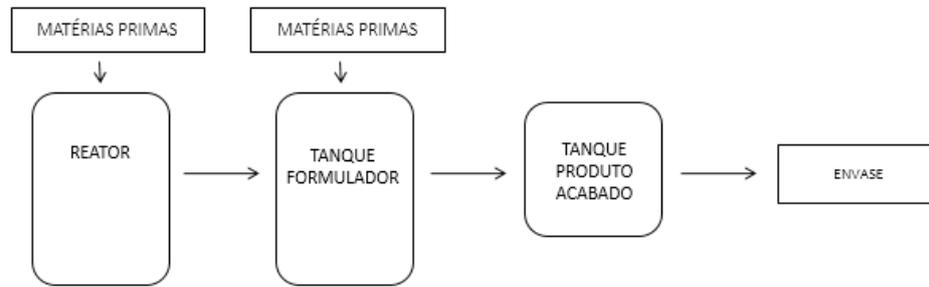


Figura 2: Fluxograma na produção de herbicidas
Autor (2017)

A bomba utilizada para a alimentação é do tipo centrífuga, nesta situação, há variação de vazão e pressão com o tempo.

As impurezas mais encontradas neste estudo são provenientes da síntese do ingrediente ativo e possuem coloração escura e densidade menor que a do produto, ficando assim, em grande parte, como sobrenadante nos tanques de armazenamento e possuem características que fazem com que boa parte do particulado fique aderida nas paredes dos tanques (Figuras 3).



Figura 3: Impurezas na produção de herbicidas
Autor (2017)

2 | DESENVOLVIMENTO

O processo produtivo de herbicidas se dá por bateladas. Nestas bateladas, são utilizados diferentes lotes de matérias primas e para obtenção de resultados confiáveis, todos os experimentos foram feitos em triplicata.

Com o auxílio de um filtro instalado para a realização do estudo de eficiência de remoção de particulados de herbicidas (Figura 4), pode-se selecionar o tipo de elemento filtrante a ser utilizado e também suas aberturas.



Figura 4: Filtro tipo bag/bolsa
Autor (2017)

De acordo com as pesquisas de mercado, o elemento filtrante de poliéster é fabricado com fibras sintéticas de estrutura tridimensional de alta porosidade, formando assim vias micrométricas que retêm grandes quantidades de partículas sólidas e/ou gelatinosas. Esse elemento filtrante é utilizado em temperaturas ambientes. Para verificar a aplicabilidade do elemento filtrante de poliéster, mediu-se a temperatura do produto acabado antes do envase. Os testes foram realizados em triplicata e estão descritos na Tabela 1.

LOTE	TEMPERATURA (°C)
01	32
02	30
03	32
TEMPERATURA MÉDIA	31

Tabela 1 - Determinação Temperatura Média

Na temperatura média de 31°C o elemento de filtração em poliéster opera adequadamente e selecionou-se a abertura ideal para o elemento filtrante.

Como as partículas a serem retiradas do processo produtivo não são quimicamente prejudiciais, o interesse maior é que sejam retiradas as partículas visíveis a olho nu.

Realizaram-se testes para a definição do tamanho das partículas do resíduo a ser retido. Como o material encontra-se aglomerado e tem características gelatinosas,

ao realizar a determinação do tamanho das partículas com o auxílio de um medidor de tamanho de partículas, não foi possível obter um resultado significativo.

O mercado disponibiliza elementos filtrantes em poliéster de 1µm, 5µm, 10µm, 25µm, 40µm, dentre outros. Como o menor limite de visibilidade a olho nu é 40µm, para garantir a total retirada do particulado visível da suspensão, utilizou-se um tecido filtrante de 25µm.

De acordo com laudo de qualidade fornecido pelo fabricante dos elementos filtrantes, foram obtidas as informações necessárias para a realização dos cálculos referentes à eficiência do mesmo conforme mostrado na Tabela 2.

Característica	Padrão	Resultado
% Eficiência em Remoção	> 99,85%	99,90%
Micragem Nominal	25 µ	25 µ
Aro	Metálico	Aço Galvanizado
Comprimento	82,0 ± 1,0 cm	82,0 cm
Largura	29,0 ± 1,0 cm	29,0 cm
Espessura	1,5 – 3,0 mm	2,5 mm

Tabela 2 - Especificações Elemento Filtrante

2.1 Determinação da Área do Elemento Filtrante

Elementos filtrantes do tipo *bag* ou bolsa possuem formato cilíndrico com uma das bases vazadas e têm suas dimensões definidas de acordo com a necessidade do volume a ser filtrado, do tamanho das partículas sólidas presentes na suspensão e as dimensões do vaso de pressão, onde o elemento filtrante deve ser posicionado.

A área total do elemento filtrante pode ser calculada pela soma da área lateral e a área da base e de acordo com os dados fornecidos pelo fabricante e com os cálculos realizados, a área total do elemento é de 0,460 m².

2.2 Concentração de Sólidos na Suspensão

A concentração de sólidos na suspensão é dada pela massa de sólidos pela unidade de volume filtrado em kg/m³. Os dados foram coletados em triplicata e a concentração média de sólidos na suspensão determinada em 0,01058 kg/m³ de acordo com os dados da Tabela 3.

Volume Filtrado (m ³)	Peso Filtro Pré Batelada (kg)	Peso Filtro Pós Batelada (kg)	Concentração Sólidos na Suspensão (kg/m ³)
40	1,02	1,35	0,00825
40	1,02	1,45	0,01075
40	1,02	1,53	0,01275
MÉDIA CONCENTRAÇÃO SÓLIDOS NA SUSPENSÃO			0,01058

Tabela 3 - Concentração de Sólidos na Suspensão

2.3 Massa de Torta por Unidade de Área

Sendo determinada a área do elemento filtrante utilizado e a concentração de sólidos na suspensão, é possível quantificar a massa de torta por unidade de área.

Este cálculo se refere à massa das partículas (torta) depositadas no elemento filtrante, como mostra a Figura 5, por unidade de área do mesmo e se dá em função do tempo de batelada ou volume de filtrado.



Figura 5: Torta do elemento filtrante

Autor (2017)

Para se encontrar a massa de torta (w) por unidade de área (A), deve-se conhecer a concentração de sólidos na suspensão (c) bem como o volume de filtrado (V) de acordo com a Equação 1, tem-se a massa de torta definida em $0,92 \text{ kg/m}^2$.

$$wA = cV \quad (1)$$

2.4 Determinação da Densidade da Torta

Para determinar a densidade média da torta do meio filtrante (ρ), em triplicata, quantificou-se o volume (V) com o auxílio de uma bureta, da massa (m) de material retido nas paredes internas do elemento filtrante, de acordo com os dados da Tabela 4 obteve-se uma densidade média de $0,99 \text{ g/cm}^3$.

Massa da Amostra (g)	Volume da Amostra (mL)	Densidade (g/cm^3)
2,73	2,9	0,94
4,52	4,2	1,07
4,05	4,1	0,98
DENSIDADE MÉDIA		0,99

Tabela 4 - Densidade Média da Torta

2.5 Determinação da Espessura Média da Torta

A espessura média da torta está relacionada ao volume de torta retido no elemento

filtrante (V) pela área deste elemento filtrante (A).

De acordo com os dados obtidos, identificou-se a massa de torta retida no elemento filtrante como sendo a massa da torta por unidade de área ($w = 0,92 \text{ g/m}^2$) multiplicada pela área do *bag* ($A = 0,460 \text{ m}^2$), com um valor de 423,2 g.

Após a determinação da massa de torta no elemento filtrante (423,2 g) e com o valor de densidade da torta ($\rho = 0,99 \text{ g/cm}^3$) foi obtido o volume de torta no elemento filtrante (V), $427,5 \text{ cm}^3$. Com estes resultados determinou-se a espessura média da torta em 0,09 cm.

2.6 Determinação da Curva de Saturação

A curva de saturação está relacionada ao tempo necessário para que o elemento filtrante, operando a uma determinada vazão, esteja saturado, ou seja, o material depositado no mesmo impeça que o solvente escoe no meio de filtração. Isto faz que ocorra um aumento de pressão no meio e, neste caso, como é utilizada uma bomba centrífuga, haja também uma diminuição da vazão.

De acordo com o fabricante do elemento filtrante, o mesmo atinge sua condição de saturação com o aumento de $1,5 \text{ kg/cm}^2$ a 2 kg/cm^2 da pressão registrada na entrada com elemento limpo.

Em diferentes bateladas, foram coletados em triplicata dados da pressão de entrada em relação ao tempo. Os dados de pressão foram quantificados em dois pontos: na bomba de transferência e no filtro, e sendo os dados de pressão da bomba muito próximos aos do filtro (cerca de $0,5 \text{ kg/cm}^2$ de perda de carga), para os cálculos, foram consideradas as médias das pressões da Tabela 5.

Tempo (min)	Pressão no Filtro (kg/cm^2)			
	Observação 1	Observação 2	Observação 3	Média
0	1,8	1,7	1,5	1,7
30	1,9	1,8	1,5	1,7
60	1,9	1,8	1,5	1,7
90	2	2	1,5	1,8
120	2	2,2	2	2,1
150	2,2	2,3	3	2,5
180	2,2	2,5	3	2,6
210	2,4	3	3,2	2,9
240	2,4	3	3,5	3
270	4	4	4	4

Tabela 5 - Diferencial de Pressão no Filtro

Com estes dados, plotou-se a curva de Saturação em relação à Pressão (Figura 6), que possibilita identificar o tempo médio para a troca do elemento filtrante de acordo com o diferencial de pressão indicado pelo fabricante do filtro (cerca de 2 kg/cm^2). De

acordo com os dados da curva, seria necessário realizar a troca de elemento filtrante a cada 270 minutos de operação constante.

Verificou-se também que, ao término da filtração de uma batelada, o filtro apresentava um súbito aumento de pressão. Este rápido aumento está relacionado às partículas residuais que, em sua maioria, possuem menor densidade que o herbicida em questão e permanecem sobrenadantes na suspensão e ao final da filtração ficam aderidas ao meio de filtração.

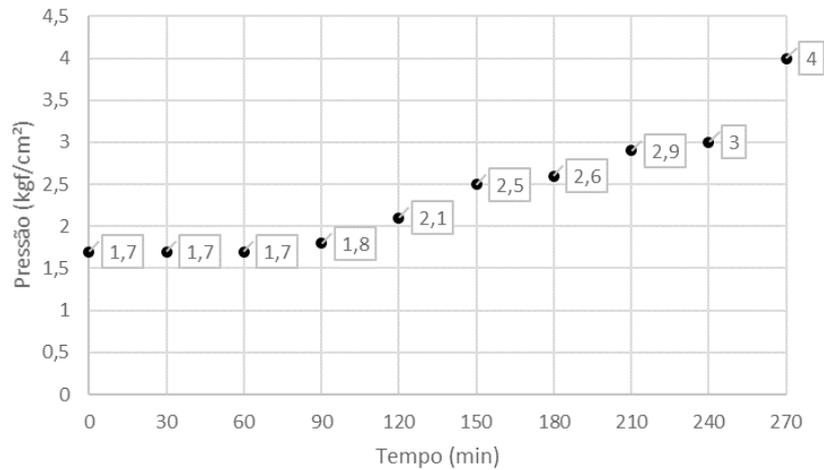


Figura 6: Gráfico da Curva de Saturação do Elemento Filtrante

A bomba utilizada para a transferência do produto acabado que é submetido a filtração é do tipo centrífuga operando a 3500 rpm, com diâmetro nominal do rotor de 160 mm.

Tempo (min)	Pressão Média Filtro (kg/cm²)	Altura Manométrica (m)	Vazão (m³/h)
0	1,7	14,52	37
30	1,7	14,52	37
60	1,7	14,52	37
90	1,8	15,37	36,5
120	2,1	17,93	36
150	2,5	21,35	35,5
180	2,6	22,21	35
210	2,9	24,77	34,5
240	3	25,62	34
270	4	34	30

Tabela 6 - Vazão de acordo com a Pressão

De acordo com as especificações da bomba utilizada para a filtração e sendo

o diferencial de pressão relacionada a pressão manométrica quantificada no filtro, calculou-se a altura manométrica para cada pressão obtida em função do tempo (Tabela 6).

Observa-se que quando o elemento filtrante se encontra próximo da saturação, a vazão sofre uma redução.

De acordo com a leitura de eficiência da bomba na curva característica a eficiência máxima alcançada na condição de operação é de 53%.

2.7 Determinação da porosidade da torta

A porosidade da torta (ϵ) pode ser calculada quantificando o volume de espaços vazios e dividindo pelo volume da torta. O volume dos espaços vazios pode ser quantificado através da evaporação da água presente em uma amostra da torta saturada com água.

Para obter a porosidade da torta, com o uso de uma bureta, determinou-se, em triplicata, o volume de parte da torta de diferentes bateladas e com uma balança analítica a massa das amostras. Em uma estufa mantida a temperatura de 105°C, secou-se as amostras até que toda a água fosse eliminada, quando a massa residual se manteve constante, o que ocorreu em 24 h. A massa média de água evaporada foi de 0,36 g. Os dados obtidos estão registrados na Tabela 7.

Massa da Amostra Molhada (g)	Volume da Amostra (mL)	Massa da Amostra Seca (g)	Massa Evaporada (g)
1,12	1,05	0,74	0,38
2,86	2,5	2,51	0,35
1,50	1,20	1,14	0,36
MÉDIA			0,36

Tabela 7 - Secagem das amostras em estufa

Com a densidade da torta (0,99 g/cm³) e da massa seca (0,36 g) da torta, quantificou-se o volume de espaços vazios na amostra (0,36 cm³).

Determinou-se a porosidade da torta ($\epsilon=22\%$), dada pelo volume de espaços vazios (0,36 cm³) pelo volume da torta (1,58 cm³).

2.8 Resistência específica da torta e resistência do meio filtrante

Para determinar a resistência específica da torta e a resistência do meio é necessário compreender se a filtração se dá a pressão constante ou variável e se a vazão de entrada da suspensão no sistema varia. O filtro do tipo *bag* utilizado neste estudo tem como uma de suas características a operação com variação da pressão com o tempo. A vazão de filtrado pode ser quantificada com a curva característica da bomba utilizada na filtração.

A medida que o elemento filtrante recebe o particulado da suspensão a ser filtrada

e forma-se a torta, há um leve aumento da pressão do sistema, havendo assim uma dificuldade do fluido em seguir seu escoamento, ocorrendo uma pequena diminuição da vazão.

Como a variação da vazão neste estudo é de pequenas proporções, pode-se calcular a resistência específica da torta e a resistência específica do meio através das equações básicas de projeto para pressão variável e vazão constante utilizando uma média da vazão.

Usando os dados de vazão média ($Q = 35,25 \text{ m}^3/\text{s}$) e da área do elemento filtrante ($A = 0,462 \text{ m}^2$), calculou-se a velocidade do filtrado ($v = 0,0211 \text{ m/s}$).

Utilizando a simplificação da equação geral de filtração tem-se as Equações 2, 3 e 4 (SVAROVSKY, 2000):

$$a = \alpha \mu c \quad (2)$$

$$b = \mu R \quad (3)$$

$$\Delta p = av^2t + bv \quad (4)$$

Com o gráfico que relaciona o diferencial de pressão e o tempo de filtração, através da linha de tendência com a equação da reta (Figura 7) quantifica-se bv (132122 N/m^2).

Sendo a viscosidade da suspensão $\mu = 0,0665 \text{ Pa.s}$, utilizando a Equação 3 tem-se e o coeficiente linear da reta, quantifica-se a resistência do meio de filtração, $R = 94160993 \text{ m}^{-1}$.

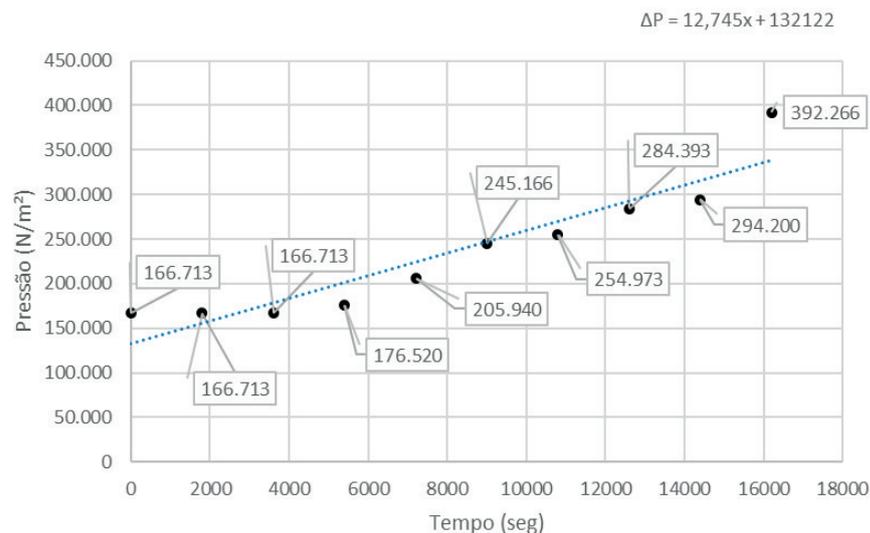


Figura 7: Diferença de pressão em relação ao tempo

Sendo $av^2=12,74 \text{ s}$, segundo a equação da reta ajustada, Figura 7, tem-se $a = 28626 \text{ Pa.s.m}^{-2}$. Sendo a viscosidade da suspensão $\mu = 0,0665 \text{ Pa.s}$ e a concentração de sólidos na suspensão $c = 0,01058 \text{ kg/m}^3$, utilizando a Equação 2 tem-se a resistência

específica da torta ($\alpha = 40,6 \text{ m} \cdot \text{kg}^{-1}$).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este projeto teve como objetivo o cálculo da eficiência de um sistema de filtração para a retirada de resíduos na formulação de herbicidas. Foram avaliados aspectos operacionais e cálculos de eficiência.

O papel principal do elemento filtrante neste sistema de filtração foi atuar na retenção das partículas indesejadas presentes na suspensão que se mostravam visíveis a olho nu. Além da realização de cálculos, verificou-se também a eficiência do elemento filtrante através da visualização do filtrado e das características do mesmo.

Ao realizar a medição de temperatura do processo (média de 31°C), confirmou-se a viabilidade de uso do elemento filtrante em poliéster. Segundo fornecedores do mercado, este tipo de bag é indicado apenas para temperaturas amenas.

Sendo a densidade dos resíduos (torta) calculada em $0,99 \text{ g/cm}^3$ e a densidade dos herbicidas sendo em média de $1,20 \text{ g/cm}^3$, o resíduo a ser retirado pelo sistema de filtração, permanece sobrenadante na suspensão (Figura 8). Com a instalação do filtro tipo *bag*, verificou-se que o particulado, antes sobrenadante, ficava de fato retido no sistema de filtração (Figura 9), comprovando assim, visualmente, a eficiência deste sistema.



Figura 8: Resíduo sobrenadante no tanque de armazenamento



Figura 9: Tanque de armazenamento sem resíduos

Também, através do acompanhamento visual, verificou-se que para este tipo de filtro podem ocorrer desvios de processo caso o mesmo não seja operado de acordo com as orientações do fornecedor. Por ser um equipamento que permite fácil acesso ao elemento filtrante, para o encaixe perfeito do cesto na carcaça do sistema de filtração são utilizados anéis de vedação. Caso o sistema de filtração seja montado sem qualquer material que garanta o encaixe entre o cesto e a carcaça do equipamento, pode ocorrer escoamento de particulados para fora do elemento filtrante.

Além de garantir um encaixe perfeito entre cesto e carcaça do equipamento, é necessário certificar-se que o elemento filtrante a ser utilizado está em perfeitas condições e que possui as dimensões corretas para a montagem do sistema de filtração (Figura 10). Estes elementos filtrantes, segundo a orientação de fornecedores do mercado, podem ser reutilizados caso a torta possa ser facilmente retirada do elemento filtrante, pode-se reutilizar o *bag* para outras bateladas. Um ponto de atenção na reutilização deste elemento de filtração é garantir que as dimensões do aro, responsável pelo encaixe no cesto, não sejam alteradas durante a etapa de retirada da torta.



Figura 10: Encaixe do elemento filtrante com o cesto

Por cálculo, determinou-se também a concentração de sólidos na suspensão.

Esta concentração foi determinada em $0,01058 \text{ kg/m}^3$. Considerando-se que em uma batelada de 40 m^3 , encontra-se em média $0,4232 \text{ kg}$ de resíduos a serem retirados da suspensão pelo sistema de filtração e calculando-se a porcentagem de resíduos em volume/volume, com o uso da densidade da torta ($0,99 \text{ g/cm}^3$), estes representam em média $0,00002\%$ do volume de uma batelada.

Quantificou-se ao determinar a curva de saturação do elemento filtrante em relação a pressão, que era necessário realizar a troca do elemento filtrante em uma média de 240. Com isso, verificou-se a necessidade da instalação de um sistema de filtração com by-pass visando diminuir as paradas de processo. Com apenas um filtro, ao chegar a saturação do mesmo, a transferência da suspensão seria interrompida para a troca do elemento filtrante, impactando assim no envase do produto acabado. Já com o sistema de *paralelo* estariam disponíveis dois filtros, ou seja, o fluido alimentaria apenas por um filtro de cada vez, mas ao atingir a saturação deste filtro, o segundo estaria disponível para inversão do escoamento sem causar impactos na transferência do produto acabado.

Ao realizar a leitura da eficiência da bomba na curva característica da bomba utilizada para a transferência de herbicidas ao sistema de filtração, verificou-se uma eficiência de 53% do equipamento. A eficiência máxima de operação deste modelo de bomba de acordo com o fornecedor é de 60% , sendo assim, a eficiência real está dentro de uma faixa adequada de operação.

Em relação aos cálculos de massa de torta por unidade de área do elemento filtrante, obteve-se um resultado de $0,92 \text{ kg/m}^2$, o que caracteriza uma torta de fina espessura ($0,09 \text{ cm}$). Estes cálculos foram realizados de acordo com as dimensões fornecidas pelo fabricante do elemento filtrante e com o cálculo da área.

Para os dados de porosidade, que relaciona o volume de espaços vazios no volume da torta, manteve-se a evaporação de toda a água contida na amostra por cerca de 24 horas em estufa a 105°C . Utilizou-se a densidade da torta para obter-se o volume de água evaporada da amostra e assim quantificou-se a porosidade em 22% .

Para a velocidade do filtrado, que é dada de acordo com a vazão pela área do elemento filtrante, encontrou-se um valor de $76,29 \text{ m/h}$ ou $0,0211 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Neste cálculo, como a variação da vazão quantificada não é expressiva, utilizou-se o valor de vazão média para a realização dos cálculos na operação com pressão variável.

Portanto, de acordo com os dados coletados e características do processo observadas, os cálculos deste sistema de filtração se deram a vazão constante e pressão variável. Os principais cálculos para determinar a eficiência do sistema de filtração foram realizados com dados da área do elemento filtrante, vazão do sistema, concentração de sólidos na suspensão e densidade da torta. A resistência do meio (R), foi determinada em 94160993 m^{-1} . Já a resistência específica da torta (α), foi calculada em $40,6 \text{ m}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Os dados obtidos neste estudo são singulares, ou seja, realizar a comparação com outros sistemas de filtração torna-se inviável pois cada sistema possui características

particulares. As observações visuais do filtrado e dos cálculos realizados mostraram que o sistema projetado atendeu as necessidades operacionais da empresa.

4 | CONCLUSÃO

De acordo com o objetivo proposto, que foi o estudo da eficiência do sistema de filtração para a retenção de partículas indesejáveis em herbicidas através de um filtro de testes, pode-se concluir que, através da visualização do filtrado e dos cálculos desenvolvidos para a obtenção dos valores de saturação do elemento filtrante, resistência específica da torta e resistência do meio de filtração, que o sistema de filtração é eficiente e os dados permitem projetar outros sistemas de filtração.

REFERÊNCIAS

DAS, Amal Chandra; DEBNATH, Anjan; MUKHERJEE, Debatosh. Effect of the herbicides oxadiazon and oxyfluorfen on phosphates solubilizing microorganisms and their persistence in rice fields. **Chemosphere**, v. 53, n. 5, p. 217-221. 2003.

FOUST, Alan. S., WENZEL, Leonard A., CLUMP, Curtis W., MAUS, Louis., ANDERSEN, Bryce L. **Princípios das Operações Unitárias**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed LTC, 1982.

MICRONLINE FILTROS. Filtros Industriais. **Micronline Filtros**. Disponível em: <<https://www.micronlinefiltros.com/linhasprodutos>>. Acesso em: jan. 2018.

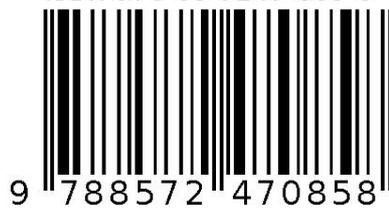
RUSHTON, Albert; WARD, Anthony S.; HOLDICH, Richard G. **Solid-Liquid Filtration and Separation Technology**. 2. ed. Federal Republic of Germany: Wiley-Vch, 2000.

SVAROVSKY, Ladislav. et.al. **Solid-Liquid Separation**. 4. ed. United States of America: Butterworth Heinemann, 2000.

TARLETON, Stephen; WAKEMAN, Richard. **Solid/Liquid Separation: Principles of Industrial Filtration**. 1. ed. United States of America: Elsevier, 2005.

TECHNICAL FILTER. Filtração por Bolsa. **Produtos e Soluções**. Disponível em: <<http://technicalfilter.com.br/produtos/filtracao-por-bolsa/>>. Acesso em: jan. 2018.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-085-8



9 788572 470858