



Construção de um módulo filtro prensa e avaliação do funcionamento por meio da eficiência de filtração

Construction of a filter press module and evaluation of the operation through the filtration efficiency

G. P. ALVES¹, B. A. ROCHA¹, I. F. NUNES¹, I. B. C. AMARAL¹ e A. B. REIS^{1,2*}

¹Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – ICT – Instituto de Ciência e Tecnologia, Diamantina-MG, Brasil.

²Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Departamento de Engenharia Química-Diamantina-MG, Brasil.

*Autor correspondente. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Engenharia Química, Diamantina, MG, Brasil.
e-mail: arlete.reis@ict.ufjm.edu.br

ARTICLE INFO

Article history:

Received 2019-12-20

Accepted 2020-10-20

Available online 2020-10-20

palavras-chave

filtração

meio filtrante

turbidimetria

torta de filtração

keywords

filtration

filtering medium

turbidimetry

filtration pie

ABSTRACT

Filtration is the separation between liquid and solid phase, whereby a pulp, when forced through a porous medium, is subdivided into filtrate and filter cake. Thus, the objective was to build a filter press module for use in practical classes and laboratory scale research. For sizing, experiments were performed in vacuum filtration, in order to prove the efficiency of the module built with three types of filter media (cotton, denim and jeans). Through the experiments, it was possible to determine the calibration curve (Turbidity x Concentration) by turbidimetry of known concentration values, obtaining the equation of the curve by linear regression. Using the curve equation, filtrate concentration values were determined from the filtration processes. In turn, the filtration efficiency was calculated by relating the suspension concentration to the filtrate concentration, indicating an average improvement of 18.3%, determining jeans as the most efficient filter medium.

RESUMO

A filtração consiste na separação entre fase líquida e sólida, em que uma polpa ao ser forçada a passar por meio poroso, subdivide-se em filtrado e torta de filtração. Dessa forma, o objetivo foi construir módulo didático filtro prensa para utilizar em aulas práticas e pesquisas em escala laboratorial. Para o dimensionamento realizaram-se experimentos em filtração a vácuo, a fim de comprovar a eficiência do módulo construído com três tipos de meios filtrantes (algodão, brim e jeans). Através dos experimentos, foi possível determinar a curva de calibração (Turbidez x Concentração) por meio da turbidimetria de valores conhecidos de concentração, obtendo a equação da curva por regressão linear. Utilizando a equação da curva determinaram-se valores de concentração dos filtrados dos processos de filtração. Por sua vez, a eficiência da filtração foi calculada relacionando a concentração da suspensão com a concentração do filtrado, apontando uma melhoria média de 18,3%, determinando o jeans como meio filtrante mais eficiente.

1. INTRODUÇÃO

A técnica da filtração consiste na separação de partículas sólidas suspensas em meios fluidos, na qual o fluido atravessa um meio filtrante e, em virtude da diferença de pressão presente no meio, o sólido se deposita no meio filtrante utilizado (Silva et al., 2012). Também elencada como uma das mais utilizadas operações unitárias, a filtração é utilizada em processos em escala industrial, como produção de cerveja, vinhos e outros (Uenojo e Pastore, 2007; Costa et al., 2019), ou em escala laboratorial, como de tratamento de água, extração de corante natural, em etapas de separação de sólidos em suspensão, etc (Otenio et al., 2008; Lopes et al., 2019). A separação entre as fases fluida e sólida de uma suspensão é, de forma simples, o significado do processo unitário de filtração.

Fundamentalmente, a separação por filtração consiste na passagem de uma polpa por um meio poroso, subdividindo-se em filtrado e torta de filtração, camada de sólido sobre o meio filtrante e o filtrado composto pela fase fluida restante no processo. Assim, essa operação unitária tem como objetivo separar mecanicamente partículas sólidas de uma suspensão líquida, tendo o auxílio de um leito poroso (Silva et al., 2012). Ao forçar a suspensão através do leito, o sólido ficará retido sobre o meio filtrante dando origem a um depósito (torta) que aumenta sua espessura durante a operação.

De maneira geral, há dois tipos de filtros: os de superfície, os quais têm o intuito de filtrar com a formação de tortas, e os de profundidade, usados para a filtração em leitos fixos. Um equipamento muito utilizado para a filtração com formação de torta é o filtro prensa. Os filtros prensa são equipamentos que apresentam um maior teor de sólidos secos nas tortas formadas com um baixo consumo de energia elétrica, sendo necessária apenas uma bomba hidráulica para forçar a passagem da suspensão pelo equipamento, evitando o uso excessivo de água. Dentre as inúmeras aplicações para esse equipamento, há o tratamento de águas e efluentes, em indústrias ou metrópoles, extração de óleo de sementes ou frutos e tratamento de rejeitos de minério de ferro (Miki, 1998; Suntti et al., 2011; Fernandes et al., 2003). As vantagens principais deste tipo de filtração são a rapidez com que se dá a filtração e o baixo teor de umidade nas tortas formadas, devido às altas pressões que podem ser aplicadas (Kurita et al., 2010).

O funcionamento de um filtro prensa é facilmente entendido com base nas operações de funis em filtração à vácuo. Sendo que, no filtro prensa são utilizadas câmaras justapostas, nas quais, sob ação de uma pressão exercida para o interior das câmaras ou placas, uma suspensão é bombeada e a torta é formada sobre os meios filtrantes (Wills & Munn, 2006). Existem vários tipos de placas para filtros prensa, circulares, quadradas, horizontais, verticais, com depressões ou planas, podendo ter até 2 x 2 m (Kurita et al., 2010). As placas com depressões justapostas formam o filtro prensa de câmaras, já as placas planas, possuem quadros que separam diversas placas e servem como compartimento de alimentação da torta. Toda a suspensão filtrada irá atravessar os meios filtrantes colocados entre as placas, escoando até os canais de saída do filtro, localizados no lado oposto aos canais de entrada da suspensão.

A filtração por meio do filtro prensa pode ter inúmeras aplicações, como, por exemplo, o tratamento de resíduos efluentes misturados com carvão ativado a fim de adsorver parte dos contaminantes para então, ao se utilizar o filtro prensa, reter o carvão que foi adicionado e deixá-lo o mais seco possível (Azevedo e Cerqueira, 2017); para a filtragem de rejeitos de

minério de ferro visando a sua disposição em pilhas (Guimarães et al., 2012; Chaves, 2004); para a produção de óleo a partir de sementes e frutas, responsável por separar o produto de interesse dos rejeitos sólidos após o processo de prensagem (Ramalho e Suarez 2013; Kellens et al. 2007), no setor sucroenergético, durante a etapa de filtração do lodo recebido do decantador do caldo, gerando uma torta de filtro como rejeito que pode ser posteriormente aproveitado (Nogueira e Garcia, 2013).

Dentre as aplicações dos princípios básicos, oriundos do funcionamento de um filtro prensa, existe ainda, a possibilidade de expansão de tecnologias diversas, nas mais variadas etapas do processo, podendo estas, serem adaptadas a partir de uma unidade de filtração já existente. Gillespie e colaboradores (2017), por exemplo, incorporaram eletrodos alongados alojados em um conjunto de filtro prensa horizontal, resultando num desvio do design original da planta do processo, e aumento da aplicabilidade. Díaz-Sainz et al., (2019), adicionaram uma etapa de eletrocatalise, resultando na configuração da célula de filtro prensa usada para a redução eletrocatalítica contínua de CO₂. Sandoval et al., (2018), inseriram um arranjo de serpentinas no interior de um filtro prensa, otimizando o processo, resultando num reator para eletrocoagulação. Ação semelhante foi realizada por Dória e colaboradores (2020), ao criarem um reator em filtro prensa, utilizado para oxidação eletroquímica em tratamento de efluente. Kips et al., (2016), também no aproveitamento de uma planta já existente, criaram nova tecnologia de filtro prensa em espiral usada para refino de biomassa. Kholisa e colaboradores (2018), em seus estudos, concluíram que o conhecimento da concentração de sólidos na alimentação de um processo de filtração é de grande vantagem inclusive para o aprimoramento e otimizações futuras, tais como as citadas anteriormente, bem como na automatização de todo um sistema já existente.

No âmbito desse contexto, durante a execução do presente trabalho, inferindo que o filtro prensa também pode ser utilizado em escala laboratorial, seja para fins de pesquisa e/ou a realização de aulas práticas, os autores concluíram ser necessário, ter sua eficiência comprovada. Logo, o presente artigo apresenta a elaboração de um módulo didático de filtro prensa testado para a filtração de uma suspensão de amido de milho (comercial), focando no funcionamento e na eficácia do equipamento, comparando com o processo de filtração à vácuo. Para tanto, foram realizados experimentos utilizando a concentração de filtrado em três diferentes amostras de tecido como meios filtrantes: algodão, brim e jeans.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Construção do módulo didático - filtro prensa: A construção do módulo idealizou-se de forma a utilizar materiais presentes em laboratório. Utilizaram-se placas de metal soldadas juntamente com tubos de ferro, construindo uma prensa com estes materiais. Acoplaram-se mangueiras nas saídas e entradas de fluido do filtro prensa e, por fim, ligou-se uma bomba e todo o circuito elétrico. Para que o módulo tivesse a sua eficácia comprovada, realizou-se o dimensionamento do filtro prensa previamente em testes de escala laboratorial, primeiramente no módulo de filtração à vácuo.

Curva de calibração (Turbidez x Concentração): A curva de calibração da suspensão utilizada nesta pesquisa representa, de forma gráfica, a turbidez medida para concentrações correspondentes previamente definidas. Para determinar a curva de calibração foi analisada a turbidimetria de

cinco valores de concentrações conhecidos e por fim, com o auxílio do Excel, foi plotada a curva de Turbidez (NTU) x Concentração (g L^{-1}), e a curva de tendência, obtendo-se assim a equação da curva.

Preparo do meio filtrante: Para a realização dos experimentos foram selecionados os meios filtrantes apresentados na Figura 1: Algodão (A), Brim (B) e Jeans (J). Para a filtração a vácuo prepararam-se três amostras de cada meio filtrante com 14 cm de diâmetro, já para a filtração no filtro prensa, utilizaram-se quatro amostras de 20x20cm de cada meio filtrante.

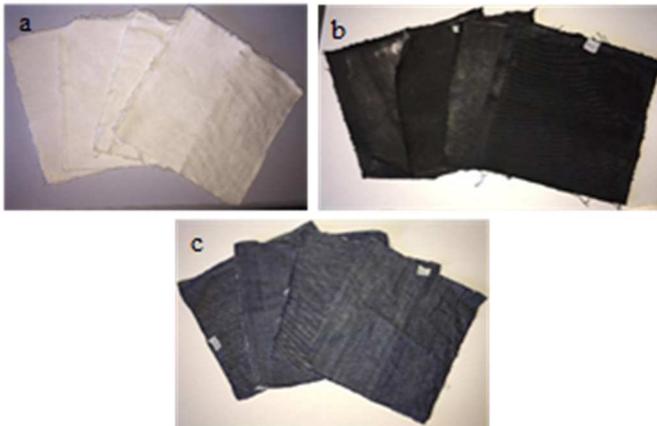


Figura 1 - Meios filtrantes (a) Algodão; (b) Brim; (c) Jeans.

Preparo da suspensão de amido: Uma suspensão de amido de milho (comercial) à concentração de 20 g L^{-1} foi preparada para o experimento de filtração à vácuo, sendo utilizados 2 L para cada um dos meios filtrantes utilizados. Para a realização da filtração no filtro prensa se utilizou a mesma concentração de 20 g L^{-1} , com o intuito de comparar com os resultados da filtração à vácuo, no entanto desta vez foram necessários 10 L de solução, para cada um dos experimentos com os distintos meios filtrantes.

Filtração a vácuo: O processo da filtração à vácuo consistiu na utilização de cada um dos meios filtrantes sobre o funil de Büchner acoplado ao kitassato e a uma bomba à vácuo (marca PRISMATE) a cada procedimento. Em seguida, ligando-se a bomba a vácuo e a bomba peristáltica (marca PROVITEC), que bombeia a suspensão até o sistema, e realizou-se um ensaio para cada meio com uma rotação de 90 rpm. Após a filtração, registrou-se o volume de filtrado e retirou-se uma amostra para posterior análise turbidimétrica. Visando obter melhores resultados, os testes foram realizados em triplicata.

Filtração no módulo didático - filtro prensa: O processo da filtração no filtro prensa foi realizado no módulo didático apresentado na Figura 2 e iniciou-se com o ajuste de forma adequada do meio filtrante em cada placa do equipamento e montagem. Em seguida ligou-se a hidro bomba (marca MARK), que possibilitou a passagem da suspensão de amido do tanque em agitação, com rotação de 90 rpm, para o filtro. Por fim, o filtrado foi coletado em um recipiente de vidro, e o procedimento foi repetido para cada meio filtrante utilizado. Para a realização das análises de turbidimetria foram coletadas amostras de cada filtrado obtido por cada meio filtrante.

Análise turbidimétrica: Para cada amostra do filtrado coletada e para a montagem da curva de calibração, realizou-se a análise turbidimétrica com o auxílio do equipamento

turbidímetro Ap2000 da marca Policontrol. Para a análise das amostras do filtrado obtido na filtração a vácuo, fez-se necessário diluí-las em 10 vezes devido à incapacidade de leitura do turbidímetro para suspensões muito concentradas. Esse procedimento foi levado em consideração na realização dos cálculos de concentração. Para as amostras dos filtrados do filtro prensa, as leituras no turbidímetro foram realizadas em triplicata.

Determinação da concentração dos filtrados: Após a coleta dos dados turbidimétricos dos filtrados, utilizando a equação da curva obtida na determinação da curva de calibração, foi possível determinar os valores de concentração de cada filtrado e, assim, comparar tais valores entre si. Por sua vez, a eficiência da filtração é calculada relacionando a concentração da suspensão com a concentração do filtrado (Equação 1).

$$E = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\% \quad (1)$$

onde E é a eficiência da filtração, [%], C_i é a concentração da suspensão, [g L^{-1}] e C_f é a concentração do filtrado, [g L^{-1}] Kholisa e colaboradores (2018).

Análise dos meios filtrantes: Os procedimentos de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectrometria de raios-x por dispersão de energia (EDS) foram utilizados para observar os meios filtrantes e ilustrar as diferenças entre eles, observando as características que os diferenciam.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados após realizar os procedimentos encontram-se nesta seção, apresentando o módulo elaborado e demonstrando a curva de calibração encontrada, bem como as comparações entre as duas metodologias de filtração aplicadas. Para verificar se há diferença estatisticamente significativa entre os resultados de cada ensaio foi realizado o teste de Tukey HSD (*honestly significant difference*).

3.1 Filtro prensa

A partir do projeto descrito, o módulo construído apresenta-se na Figura 2. As partes principais do módulo são: 1, o recipiente para preparação e mistura da suspensão a ser filtrada; 2, misturador regulável de hélices; 3, medidor de vazão; 4, bomba d'água; 5, registro de pressão; 6, medidor de pressão; 7, filtro prensa; e 8, saída do filtrado.

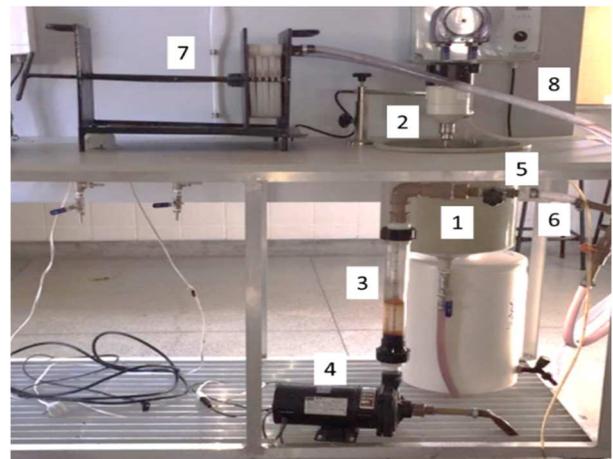


Figura 2 - Módulo do filtro prensa.3.2 Curva de calibração.

De acordo com a metodologia utilizada, foi desenhada a curva de calibração (turbidez x concentração) para as suspensões de amido de milho em concentrações conhecidas com a finalidade de se obter a turbidez correspondente dos filtrados. A Figura 3 apresenta a função de primeiro grau que caracteriza a curva e sua equação, com $R^2 = 0,9902$.

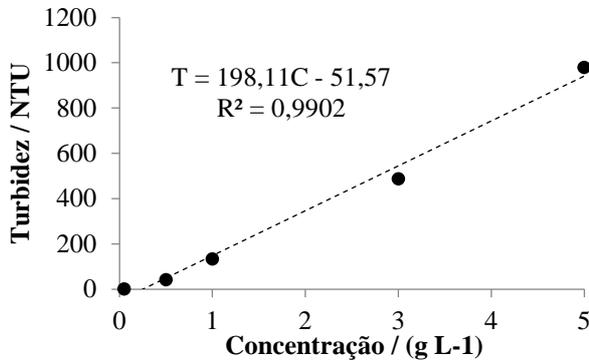


Figura 3 - Curva de calibração para a suspensão de amido de milho comercial.

De acordo com a curva de calibração obteve-se a Equação 2.

$$T = 198,11C - 51,57 \quad (2)$$

onde C é a concentração da suspensão, [g L⁻¹] e T é a turbidez, [NTU].

Desta forma, invertendo os termos da equação 2 obteve-se uma relação da concentração em função da turbidez (Equação 3), possibilitando determinar valores de concentrações desconhecidas a partir da turbidimetria.

$$C = 0,005T + 0,260 \quad (3)$$

3.3 Análises dos meios filtrantes

Os meios filtrantes determinados para as filtrações foram analisados por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectrometria de raios-X por dispersão de energia (EDS), nas condições: tensão de aceleração=15.0 kV, largura da imagem: 1,646 mm; tempo=60s. Conforme ilustram as Figuras 4, 5, 6 e 7, com a análise foi possível observar a diferença estrutural dos meios filtrantes, o que implica nas diferentes eficiências para o mesmo processo realizado em cada um deles. Os meios filtrantes analisados apresentam tramas e gramaturas diferentes, ou seja, espaçamentos maiores ou menores entre si. Assim diz-se que o mais eficiente meio filtrante tem uma menor trama, o que pode ser comprovado com as concentrações retidas.

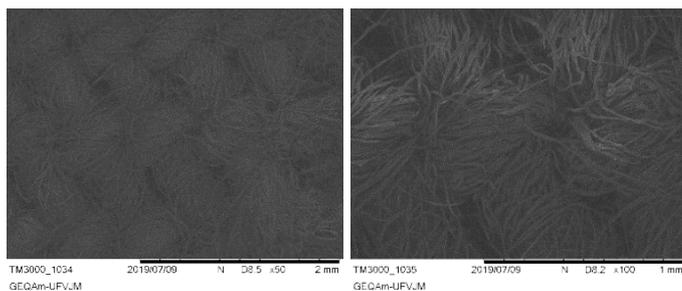


Figura 4 – Análise de MEV para o tecido Algodão.

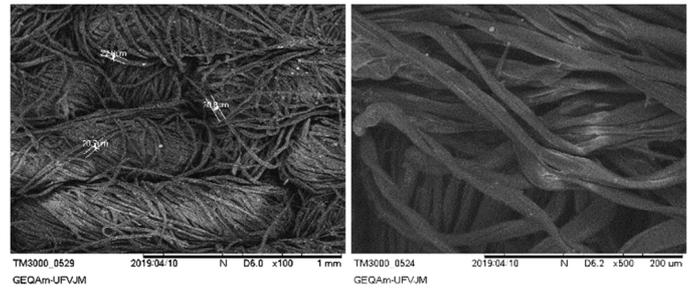


Figura 5 – Análise de MEV para o tecido Jeans.

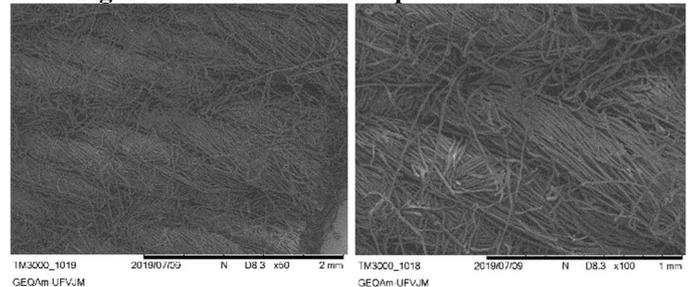


Figura 6 – Análise de MEV para o tecido Brim.

O ponto em destaque, ilustrado na Figura 7a indica a homogeneidade do amido coletado na distribuição sob os meios filtrantes. Esta observação foi confirmada com a micrografia MEV. Na leitura do ponto em destaque, com a análise química pontual (EDS), é confirmada a homogeneidade da torta coletada, dadas as quantidades específicas de C, O, nas concentrações de 48,93% e 51,07 respectivamente, conforme ilustra a Figura 7b.

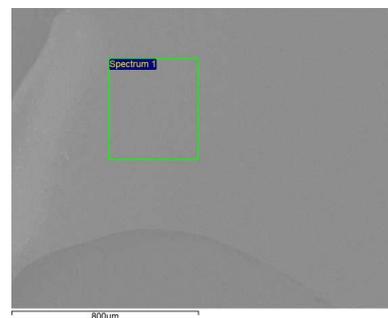


Figura 7a – Análise MEV/EDS para o Amido de Milho.

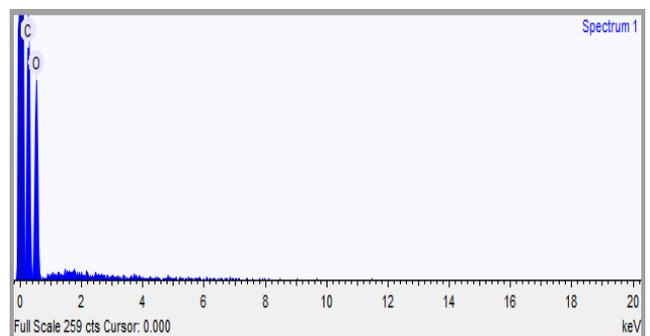


Figura 7b – Análise EDS para o Amido de Milho.

3.4 Filtração a vácuo

A turbidez foi obtida por meio da diluição das suspensões, assim, faz-se necessário ajustar o valor da turbidez encontrado na Equação 3, como aponta-se na Equação 4.

$$C = (0,005T + 0,260) * 10 \quad (4)$$

Desta forma, a Equação 4 fornece a concentração do filtrado antes da sua diluição, resultado de interesse.

Utilizando a Equação 4, as concentrações foram obtidas para as suspensões após o procedimento de filtração a vácuo realizado com o algodão, o brim e o jeans. As concentrações dos filtrados obtidas por meio da determinação da turbidez para as repetições de cada amostra são mostradas na Figura 8.

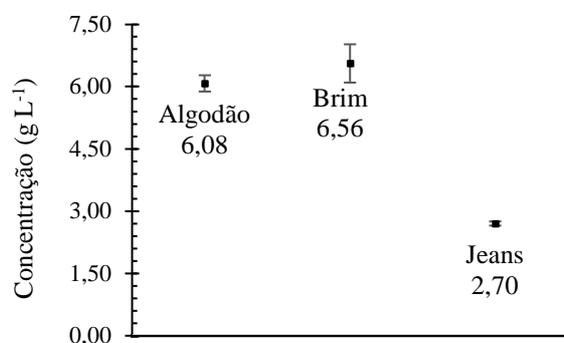


Figura 8 - Concentrações dos filtrados - filtração a vácuo.

Dada à concentração inicial de 20 g L⁻¹, é possível obter a eficiência percentual da filtração comparando com a concentração final calculada do filtrado. O sistema de filtração à vácuo se mostrou mais eficiente utilizando o meio filtrante J, com uma eficiência equivalente a 86,5%, mostrando-se, segundo o teste de Tukey HSD, significativamente melhor que os demais meios filtrantes. Por sua vez, os sistemas utilizando os meios A e B tiveram eficiências menores, de 69,6% e 67,2%, respectivamente, sem diferenças estatisticamente significativas entre si. Esses resultados podem ser atribuídos às características das tramas dos tecidos utilizados que apresentam diferentes porosidades, como pode ser visto nas micrografias apresentadas a seguir, uma vez que a concentração e o volume da suspensão a ser filtrada foram mantidos constantes.

3.5 Filtro prensa

Realizou-se a metodologia descrita para este equipamento e por meio das turbidezes, aplicou-se a Equação 3 obtendo as concentrações médias para as repetições de cada amostra, conforme apresentado na Figura 9.

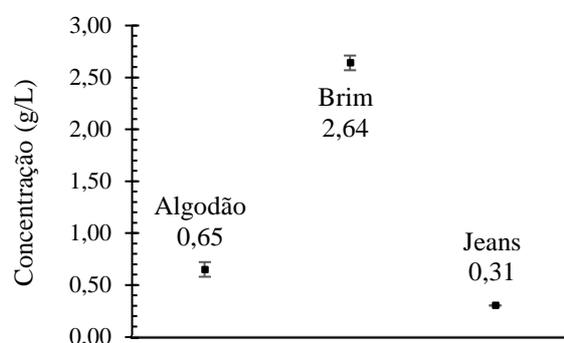


Figura 9 – Concentrações dos filtrados - filtro prensa.

Assim como na filtração a vácuo, o sistema mais eficiente deu-se pela utilização do meio filtrante J, que obteve a menor concentração pós-filtração e uma eficiência de 98,5%. O meio filtrante A apresentou resultado estatisticamente muito melhor na filtração no módulo didático do filtro prensa em relação aos testes no filtro à vácuo, desta vez apresenta-se com uma eficiência de 96,8%, bem superior à eficiência do meio

filtrante B, que equivale a 86,8%. Com a aplicação do teste de Tukey HSD, tem-se o jeans como o melhor meio filtrante para a suspensão de amido, seguido pelo algodão e o brim, sendo a filtração no módulo do filtro prensa significativamente melhor que a filtração no filtro à vácuo, para os três tecidos.

Essa divergência pode ser atribuída pelas diferenças entre os tipos de filtro e pelas diferenças entre os tipos de tecidos. Nota-se, visualmente, que a trama do meio filtrante A apresenta maior resistência ao escoamento quando comparada aos demais tecidos, o que no filtro a vácuo, resultou em um grande tempo de filtração. Esse aspecto foi contribuinte para uma imprecisão operacional, uma vez que sem a passagem do fluido de maneira efetiva, a determinação da concentração final pode ser comprometida. No filtro prensa, devido à elevada pressão, essa dificuldade não foi observada, e por consequência, resultados melhores foram obtidos para a utilização deste tecido como meio filtrante.

4. CONCLUSÃO

A partir dos procedimentos experimentais foi possível determinar as concentrações de filtrados utilizando métodos turbidimétricos para duas metodologias de filtração: filtro à vácuo e filtro prensa.

Todos os sistemas apresentaram boa eficiência de filtração, obtendo uma baixa concentração de sólidos após o procedimento. Além disso, pode-se afirmar que o melhor dos sistemas foi aquele que utiliza como meio filtrante o jeans (J), fornecendo o filtrado com menor concentração para ambos os tipos de filtração.

Verificou-se, então, a aplicabilidade e eficácia do módulo Filtro Prensa desenvolvido para o laboratório, obtendo resultados ainda melhores quando comparados ao da filtração a vácuo, obtendo uma melhora independente do meio filtrante utilizado; para o algodão a melhoria foi mais expressiva (27,2%), embora tenha havido melhoria significativa também para o brim (19,6%) e o jeans (12,0%) segundo o teste de Tukey HSD. Tais melhorias podem ser atribuídas pela continuidade do processo, sendo possível realizar a operação em diversos ciclos, obtendo assim, uma eficiência elevada, uma vez que o fluido passa pela câmara de filtração mais de uma vez, retraindo uma maior quantidade de sólidos. Portanto, é possível afirmar que a filtração em mais de um ciclo produz melhores resultados devido à formação da torta com a primeira passagem do fluido, que aumenta o potencial de filtração do meio filtrante por apresentar resistência ao fluxo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio do LMMA patrocinado pela FAPEMIG (CEX-112-10), SECTES/MG e RQ-MG (FAPEMIG: CEX-RED-00010-14), à PROGRAD/UFVJM-Projeto-PROAE nº 2018.d.2.20.0240, ao GEPAEQ-Grupo de Estudos e Pesquisas Aplicadas à Engenharia Química.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, I. M. A. P.; CERQUEIRA, P. T. P. Eficiência de em Filtro Prensa e Análise por Campo de Risco em uma Estação de Pré-Tratamento de Efluentes Industriais.

- Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF, Niterói, 2017.
- CHAVES, A. P. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios - Volume 2: Desaguamento, Espessamento e Filtragem. Signus, 2004.
- DÍAZ-SAINZ, G.; ALVAREZ-GUERRA, M.; SOLLAGULLÓN, J.; GARCIA-CRUZ, L.; MONTIEL, V.; IRABIEN, A. CO₂ electroreduction to formate: Continuous single-pass operation in a filter-press reactor at high current densities using Bi gas diffusion electrodes. *Journal of CO₂ Utilization*, 34, 12–19. 2019. doi:10.1016/j.jcou.2019.05.035
- DÓRIA, A. R.; PUPO, M.; SANTOS, G. de O. S.; VILAR, D. da S.; TORRES, N. H.; ROMANHOLO, F.; CAVALCANTI, E.B.; EGUILUZ, K.I.B.; SALAZAR-BANDA, G. R. Electrochemical oxidation of indanthrene blue dye in a filter-press flow reactor and toxicity analyses with *Raphidocelis subcapitata* and *Lactuca sativa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 198, 110659. 2020. doi:10.1016/j.ecoenv.2020.110659
- FERNANDES, P. F.; OLIVEIRA, A. P. N.; HOTZA, D. Reciclagem do Lodo da Estação de Tratamento de Efluentes de uma Indústria de Revestimentos Cerâmicos. Parte 1: Ensaios Industriais. *Cerâmica Industrial*, v. 8, n. 4, p. 26–32, 2003.
- GILLESPIE, M. I. ; KRIEK, R. J. Hydrogen production from a rectangular horizontal filter press Divergent Electrode-Flow-Through (DEFT™) alkaline electrolysis stack. *Journal of Power Sources*, 372, 252-259. 2017. doi:10.1016/j.jpowsour.2017.10.080
- GUIMARÃES, N. C.; VALADÃO, G. E. S.; PERES, A. E. C. Filtragem de rejeitos de minério de ferro visando à sua disposição em pilhas. *Rev. Escola de Minas*, v.65, n.4, p. 543-548, 2012.
- KELLENS, M., GIBON, V., HENDRIX, M., & DE GREYT, W. Palm oil fractionation. *Rev. European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 109, n.4, p. 336-349, 2007.
- KHOLISA, B.; FESTER, V.G.; HALDENWANG, R. Prediction of filtrate suspended solids and solids capture based on operating parameters for belt filter press. *Chemical Engineering Research and Design*, 134, 268-276. Doi: 10.1016/j.cherd.2018.04.005
- KIPS, L.; DE PAEPE, D.; BERNAERT, N. ; VAN PAMEL, E.; DE LOOSE, M.; RAES, K.; VAN DROOGENBROECK, B. Using a novel spiral-filter press technology to biorefined horticultural by-products: The case of tomato. Part I: Process optimization and evaluation of the process impact on the antioxidative capacity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 38, 198-205. Doi: 10.1016/j.ifset.2016.10.005
- KURITA, Y.; SUWA, S.; MURATA, S. Filter presses: A review of developments in automatic filter presses. *Rev. Filtration & Separation*, v. 47, n. 3, p. 32-35, 2010.
- LOPES, E. J.S.; MACHADO, R. P.; GONZALES, F.; MUNDIM, F.G.L.; MENDONÇA, A. R. R. Padronização do corante natural extraído à partir do urucum (*Bixa orellana*) e sua aplicação na histologia. *Rev. Collection Health*, v. 11, n.4, p.1-12, 2019.
- MIKI, M. K. Utilização de polímeros para condicionamento de lodo de ETE para desidratação em filtro prensa de placas. 1998. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- NOGUEIRA, M. A. F. S.; GARGIA, M. S. Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brilhante. *Rev. Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)*, v. 17, n. 17, p. 3275-3283, 2013
- OTENIO, M. H.; PANCHONI, L. C.; CORREIA, G.; RAVANHANI, C. Avaliação em escala laboratorial da utilização do processo eletrolítico no tratamento de águas. *Rev. Química Nova*, v. 31, n. 3, p. 508–513, 2008.
- RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. The Chemistry of Oil sand Fat sand their Extraction and Refining Processes. *Rev. Virtual Quim*, v. 5, n. 1, p. 2-15, 2013.
- SANDOVAL, M.A.; FUENTES, R.; NAVA, J.L.; COREÑO, Y. Li; HERNÁNDEZ, J.H. Simultaneous removal of fluoride and arsenic from groundwater by electrocoagulation using a filter-press flow reactor with a three-cell stack, *Separation and Purification Technology*. 2018. doi: https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.02.018
- SILVA, M. R.; FREITAS, R. F.; SILVEIRA, R. B. Operações unitárias: filtração. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bento Gonçalves, p. 29, 2012.
- SOUSA, V. M.; COSTA, L.; FOGAÇA, S. Perfil Físico-Químico de Cervejas Artesanais e Industriais e Adequação dos Rótulos Quanto à sua Graduação Alcoólica. *Rev. Multidisciplinar e de Psicologia*, v. 13, p. 440–447, 2019.
- SUNTTI, C.; MAGRI, M. E.; PHILIPPI, L. S. Filtros plantados com macrófitas de fluxo vertical aplicados na mineralização e desaguamento de lodo de tanque séptico. *Rev. Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 16, n. 1, p. 63–72, 2011.
- UENOJO, M.; PASTORE, G. M. Pectinases: Aplicações industriais e perspectivas. *Rev. Química Nova*, v. 30, n. 2, p. 388–394, 2007.
- WILLS, B.A.; MUNN, T.J. *Mineral Processing Technology*. 7th edition. 444p. 2006.