

# INFLUÊNCIA DE LAMAS NA FILTRAGEM DE REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO\*

Pedro Rabelo de Mesquita Neto<sup>1</sup>  
Otávia Martins Silva Rodrigues<sup>2</sup>

## Resumo

Com a necessidade da indústria mineral de se tornar mais sustentável, a filtragem dos rejeitos gerados nas usinas de beneficiamento é assunto de importante estudo. Este trabalho tem como objetivo a determinação da influência da adição de proporções de lamas na filtragem do rejeito da flotação de minério de ferro. Testes do tipo folha cerâmica e funil de *buchner* foram realizados e os resultados mostraram a queda da capacidade de filtragem com o aumento do percentual de lamas na amostra. A filtragem de mistura de lamas com rejeito arenoso pode ser uma solução sustentável para os rejeitos gerados no beneficiamento do minério de ferro. Os testes demonstraram que as composições avaliadas podem ser desaguadas por filtros de forma eficiente. Uma análise técnica econômica mais abrangente que envolva outras questões, com a geotécnica, deve ser feita para a definição de uma melhor proporção entre rejeito da flotação e lamas.

**Palavras-chave:** Filtragem; Rejeito; Minério de ferro; Desaguamento.

## EVALUATION OF SLIMES INTERFERENCE IN IRON ORE TAILINGS FILTRATION

### Abstract

With the need for the mineral industry to become more sustainable, the filtration of the tailings generated in the beneficiation plants is an important study. This paper has the objective of analyzing the impact of the addition of slime proportions in coarse tailings from iron ore flotation. Ceramic leaf test and *Buchner* funnel tests were carried out and the results showed the decrease of the filtration capacity with the increase of the percentage of slime in the sample. Slimes mixing with coarse tailings can be a sustainable solution for the tailings generated in the processing of iron ore. Tests have shown that the compositions evaluated can be efficiently dewatered by filters. A geotechnical and economic analysis should be done to define a better ratio between flotation tailings and slimes.

**Keywords:** Filtration; Tailings; Iron ore; Dewatering.

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Minas, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Doutora em Tecnologia Mineral, professora do Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem enfrentado desafios relacionados às questões ambientais, técnicas e sociais referentes às barragens de rejeito, especialmente nos últimos anos. Disposição de rejeitos em barragens sempre foi a forma mais comum de descartar os rejeitos gerados nas usinas de beneficiamento no estado de Minas Gerais. Temos hoje, na indústria mineral, conhecimento de como os rejeitos gerados podem ser descartados de forma sustentável, não causando danos ao meio ambiente e à sociedade ao redor. Esses métodos se resumem em diferentes formas de se remover a água dos rejeitos. Um exemplo é o adensamento dos rejeitos em forma de pasta, ou então o uso de filtros. O grande problema são os custos envolvidos para implantação dos mesmos. Algumas empresas o fazem voluntariamente, pois possuem a preocupação ambiental como um valor, mas esse não é o caso da maioria. Enquanto não houver legislação em conjunto com uma forte fiscalização, acidentes podem continuar ocorrendo [1].

Uma opção ao uso de barragens é o desaguamento das polpas utilizando filtros. Esse método permite que os sólidos sejam dispostos a seco, de forma segura e reduz a área necessária para disposição dos rejeitos. Outra vantagem no uso de filtros é o aumento na recirculação de água na usina de beneficiamento, reduzindo gastos com bombeamento da barragem. Outro ponto interessante em relação à filtragem dos rejeitos é o impacto na opinião pública, devido à proximidade de projetos de mineração a áreas urbanas [2].

Em relação à filtragem de rejeitos gerados pelo beneficiamento de minérios de ferro, a filtragem de lama necessita de estudo especial. Isto devido à dificuldade em se obter boas capacidades de filtragem com as tecnologias atuais de desaguamento, diferente de materiais de maior granulometria, que apresentam uma melhor filtrabilidade. Isto porque as partículas grosseiras formam uma torta mais porosa, facilitando a passagem da água [2].

Nesse contexto é interessante o estudo da filtragem da mistura dos rejeitos mais finos (lamas) com os rejeitos mais grossos provenientes de outras etapas do processo de tratamento do ferro, por exemplo, o rejeito da flotação.

Este trabalho descreve testes de filtragem realizados com rejeito da flotação de minério de ferro com adição de proporções de lamas provenientes da etapa de deslamagem de uma planta de beneficiamento situada no Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. Os resultados mostram o impacto das partículas finas na umidade residual da torta e na capacidade de filtragem.

## 2 DESENVOLVIMENTO

Utilizaram-se dois métodos de filtragem diferentes. O primeiro consiste na utilização do funil de *Buchner* acoplado a um kitasato ligado a uma linha de vácuo. Este tipo de teste é usado para dimensionamento de filtros de correia. A polpa a ser filtrada é adicionada com um bécquer no funil. O ciclo de filtragem é dividido em formação da torta e secagem da torta. Além disso, medem-se a espessura da torta, peso úmido e peso seco para cálculo da capacidade de filtragem.

O outro método utilizado foi o do teste folha cerâmico. Este teste é feito para dimensionamento de filtro a disco com placa cerâmica. Consiste na imersão do meio filtrante (placa cerâmica) na polpa com os sólidos em suspensão. Após a placa ser imersa na polpa durante um tempo pré-determinado, onde acontece a formação da torta, o meio filtrante é retirado e permanece submetido a pressão de vácuo por um tempo pré-estabelecido de secagem. Após estas etapas, a torta gerada é raspada com auxílio de uma espátula. Medem-se a espessura e o peso úmido da torta, depois de seca em estufa é calculada a umidade residual da torta.

## 2.1 Caracterização da amostra

A amostra utilizada nos testes de filtração é proveniente de dois pontos do processo de concentração de minério de ferro de uma usina de beneficiamento. A primeira, denominada “Rejeito Arenoso” é o rejeito proveniente da etapa de flotação do minério de ferro. A segunda, denominada “Lamas” é o fluxo de overflow do ciclone de deslamagem pré-flotação. Essas etapas são as maiores responsáveis pela geração de rejeito nas usinas de beneficiamento de minério de ferro [2].

A caracterização granulométrica das amostras está apresentada na tabela 1 e a caracterização química global está apresentada na tabela 2.

**Tabela 1.** Caracterização granulométrica das amostras

	Malha ( $\mu\text{m}$ )	Lamas	Rejeito Arenoso
Passante Acumulado (%)	710,0	100,00	100,00
	500,0	100,00	100,00
	420,0	100,00	100,00
	300,0	100,00	99,91
	210,0	100,00	99,82
	150,0	100,00	98,52
	106,0	99,90	94,92
	75,0	99,80	81,16
	45,0	99,41	57,43
	37,0	95,54	45,82
	25,0	82,95	24,31
	15,0	60,57	9,08
	10,0	43,59	5,07
	6,0	27,78	2,92
	5,0	23,67	2,37
4,0	19,50	1,83	
3,2	16,02	1,45	

**Tabela 2.** Análise química das amostras

QUÍMICA GLOBAL (%)		
	Lamas	Rej. A.
<b>Fe</b>	42,83	19,94
<b>SiO<sub>2</sub></b>	33,62	71,51
<b>P</b>	0,080	0,013
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2,57	0,30
<b>Mn</b>	0,047	0,001
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,086	0,016
<b>CaO</b>	0,021	0,002
<b>MgO</b>	0,030	0,060
<b>PPC</b>	1,88	0,33

Foram preparadas 6 amostras (denominadas de amostra 0 a amostra 5) que foram testadas com o equipamento de folha cerâmica e com o funil de *Buchner*. Na tabela 3 podemos ver as características das amostras.

**Tabela 3.** Composição das amostras formadas para os testes de filtração

Amostra	Percentual de sólidos	Percentual de rejeito	Percentual de lama
0	55	100	0
1	55	95	5
2	55	90	10
3	55	85	15
4	55	75	25
5	55	65	35

## 2.2 Testes com Funil de *Buchner*

Todos os testes utilizando o equipamento funil de *Buchner* foram realizados com tecido de filtração de polipropileno com duplo filamento, modelo MARO S90. Este tecido possui permeabilidade de 36m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>min. O pH foi mantido neutro com uso de CO<sub>2</sub>, o tempo de secagem foi fixado em 60 segundos e o volume de polpa alimentado foi de 300 ml. Todos os parâmetros utilizados, bem como os resultados dos testes, podem ser visualizados na tabela 4.

**Tabela 4.** Parâmetros utilizados e resultados dos testes de filtração com funil de *Buchner*

Amostra	pH	Tempo de formação da torta (s)	Espessura da torta (mm)	Tempo total de ciclo (s)	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Umidade (%)	Capacidade de filtração (kg/m <sup>2</sup> h)
0	6,6	13	16,4	73	307	265	13,68	1306,85
1	6,73	19	16,8	79	324	281,05	13,26	1280,73
2	6,62	27	15,4	87	306	263,32	13,95	1089,60
3	6,61	29	14,2	89	289	249,4	13,70	1008,81
4	6,62	40	14,8	100	313	268,94	14,08	968,18
5	6,61	57	13,6	117	298	254,69	14,53	783,66

Na figura 2 é observado o impacto do acréscimo do percentual de lama na umidade e capacidade de filtração.

A capacidade obtida variou de 1306,85Kg/m<sup>2</sup>h a 783,66 kg/m<sup>2</sup>h em função do acréscimo de lamas. O valor máximo está próximo do encontrado por Guimarães [2] para outros rejeitos (em torno de 1500 kg/m<sup>2</sup>h). Podemos observar que houve um decréscimo de 40% na capacidade de filtragem com a adição de 35% de lamas. Com relação à umidade, o acréscimo de lamas acarretou em uma tendência de aumento na umidade residual da torta.

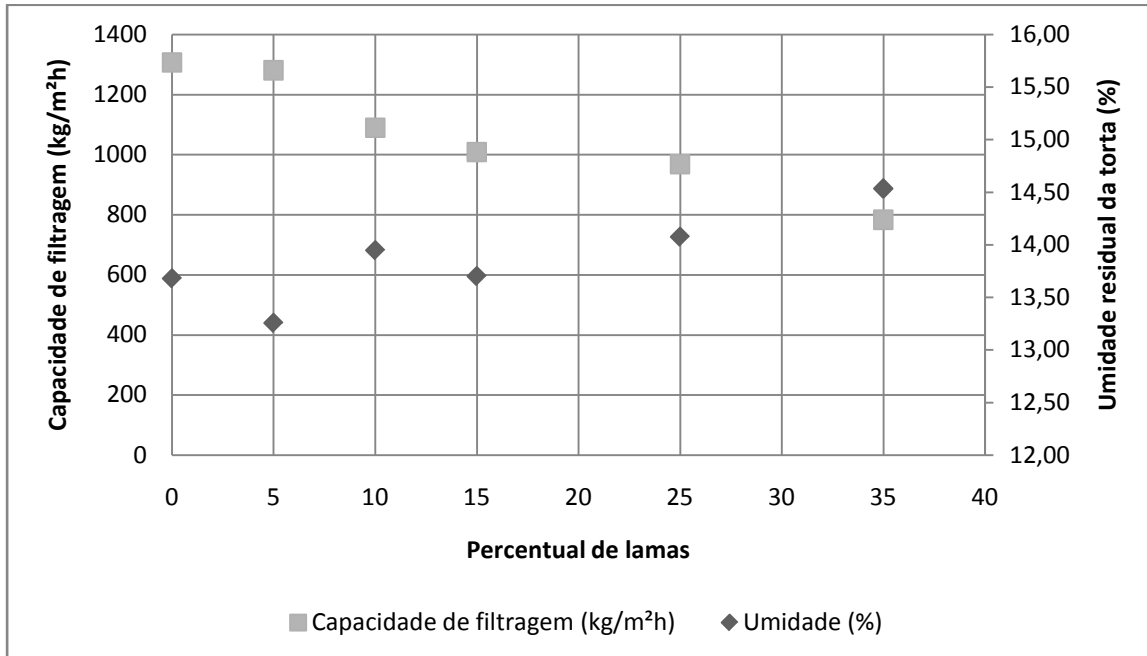


Figura 2. Gráfico Capacidade x Umidade dos testes com funil de *Buchner* para cada amostra

## 2.2 Teste folha cerâmico

O teste folha com placa cerâmica é usado para uma primeira análise, para checar se a tecnologia cerâmica pode ser aplicada para o desaguamento do material. O teste consiste em mergulhar a placa cerâmica em polpa suspensa durante tempo de formação pré-determinado. Após esta etapa retira-se a placa da polpa e inicia-se a secagem. Raspa-se a torta da placa e mede-se sua espessura e massa úmida. Por fim o vácuo é interrompido e inicia-se a etapa de “*backwash*” que consiste no fluxo de água por dentro da placa cerâmica. Esta etapa permite a limpeza da placa, melhorando sua eficiência. Depois de seca em estufa, a massa seca da torta é usada para determinar a umidade residual e a capacidade de filtragem do equipamento [3].

Neste trabalho os tempos de formação da torta e secagem foram fixados em 10 segundos e 16 segundos respectivamente. Além disso, foi considerado um tempo de *backwash* de 4 segundos, resultando em um tempo total de ciclo de 30 segundos. A área da placa cerâmica utilizada nos testes é de 0,0135 m<sup>2</sup>.

A etapa de formação da torta depende da velocidade de rotação do disco e do nível da polpa na bacia. Na realização deste trabalho o tempo foi fixado considerando uma velocidade do disco de 2 rpm o nível máximo da bacia do filtro. A placa cerâmica utilizada foi do tipo cinza, com permeabilidade (para placa nova) de 6000

l/m<sup>2</sup>h. Os resultados e parâmetros utilizados nos estes podem ser observados na tabela 5 [4].

**Tabela 5.** Parâmetros utilizados e resultados dos testes folha cerâmico

Amostra	pH	Permeabilidade da placa (l/m <sup>2</sup> h)	Espessura da torta (mm)	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Umidade (%)	Capacidade de filtração (kg/m <sup>2</sup> h)
0	6,6	5000	10	221	192	13,12	1706,67
1	6,63	3977,8	6	143	126,89	11,27	1127,91
2	6,69	5111,11	6	126	112,64	10,60	1001,24
3	6,6	4000	5	113	102	9,73	906,67
4	6,61	5100	5	109	99,2	8,99	881,78
5	6,65	4000	5	99	90,29	8,80	802,58

Na figura 3 observa-se o efeito da adição de lamas na capacidade de filtração e na umidade da torta. A capacidade diminuiu 52,97% com a adição de lamas, impacto maior do que o observado nos testes com funil de *Buchner*. Porém os resultados de umidade foram menores que os obtidos no teste anterior, o que já era esperado devido a tecnologia utilizada. As amostras 1 e 2, com 5% e 10% de lamas respectivamente, justificam a realização de testes em escala piloto devido ao resultado de capacidade de filtração obtidos. Nos testes em escala piloto é possível observar a queda de permeabilidade na placa cerâmica, gerando resultados mais seguros para o dimensionamento do filtro industrial.

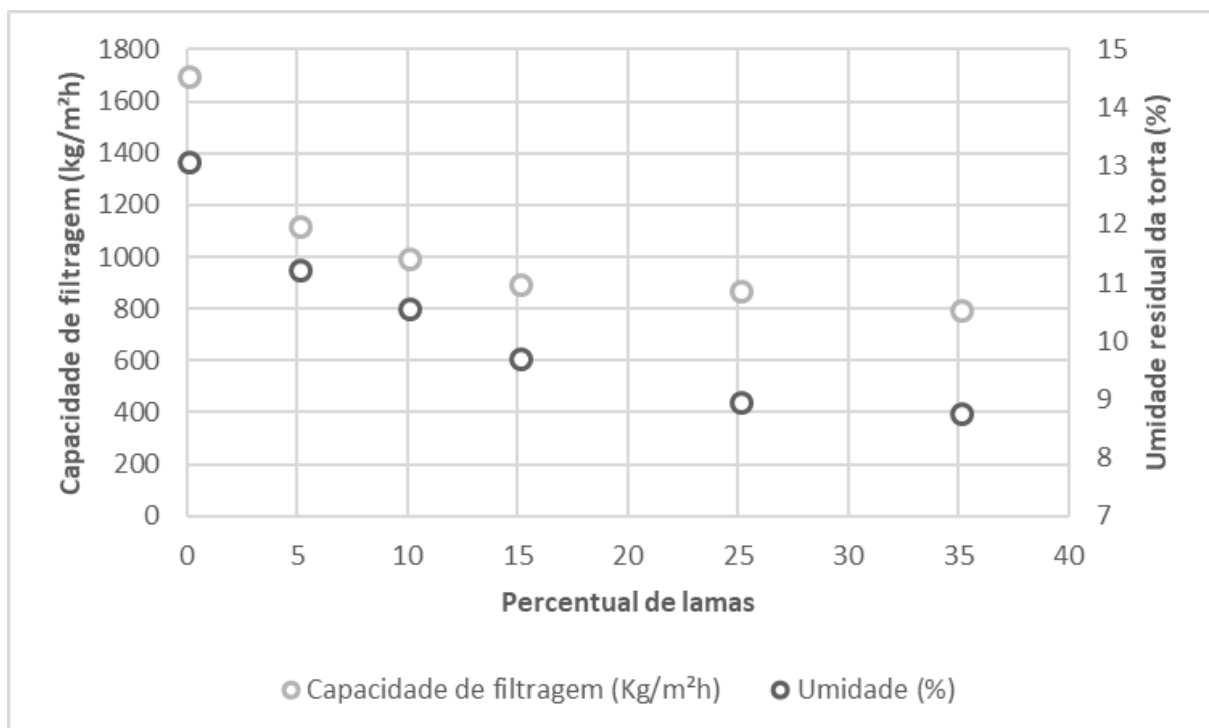


Figura 3. Gráfico Capacidade x Umidade dos testes folha cerâmico para cada amostra

## 2.2 Análise dos resultados

Os resultados dos testes demonstraram que a capacidade de filtragem tende a cair com o aumento do percentual de lamas. Já a umidade aumentou com o acréscimo de lamas nas amostras nos testes com funil de *buchner*, e diminuiu nos testes folha cerâmica. Quanto maior o percentual de lamas, menor foi a espessura da torta e maior foi sua umidade utilizando o funil de *Buchner*. A espessura mudou de 16,8mm para 13,6mm, considerando a variação da amostra 0 para 5, e a umidade aumentou de 13,36% para 14,53%. Geralmente para tortas mais finas espera-se uma menor umidade. A diminuição da permeabilidade da torta causada pelas partículas finas pode ser a responsável por esse aumento da umidade.

No geral, a umidade variou de 8,80% a 13,12% para os testes de filtro cerâmico, com a capacidade variando de 802,58Kg/m<sup>2</sup>h a 1706,67 Kg/m<sup>2</sup>h. Já para os testes com funil de *Buchner*, a umidade ficou entre 11,25% e 14,83%. Com relação a capacidade de filtragem os testes com tecnologia cerâmica apresentaram um aumento de 47% comparado com funil de *Buchner*, considerando a amostra 0.

Comparando com os resultados obtidos por Guimarães [5], que podem ser vistos na figura 5, verifica-se que os valores encontrados neste artigo estão próximos dos obtidos para outros rejeitos de minas do Quadrilátero Ferrífero.

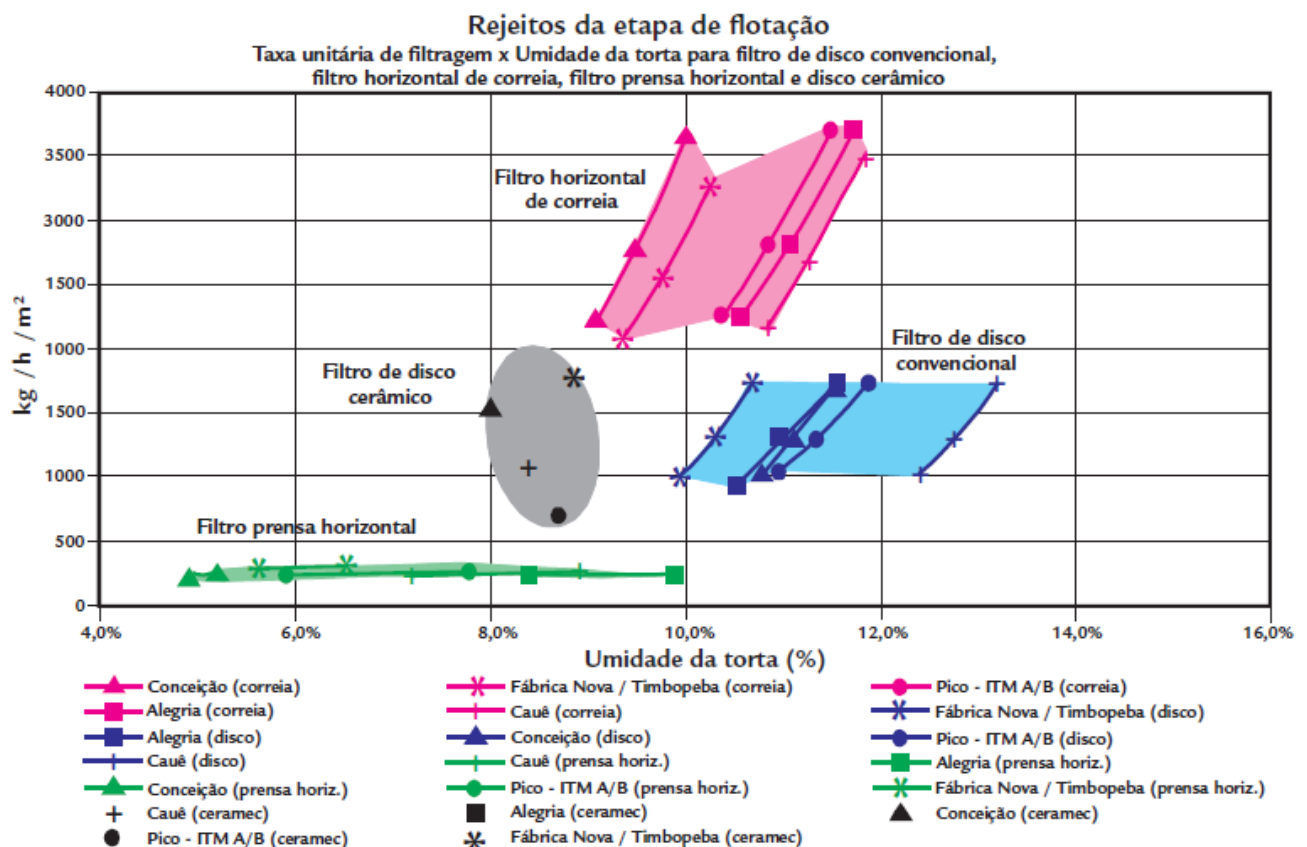


Figura 5. Taxa unitária de filtragem em função da umidade da torta de rejeitos de flotação, para filtro de disco convencional, filtro de disco cerâmico, filtro horizontal de correia e filtro-prensa horizontal [5]

### 3 CONCLUSÃO

Com este trabalho é possível observar a influência de lamas na filtração do rejeito da flotação. A mistura de lamas com rejeito arenoso pode ser uma solução sustentável para o maior fluxo de rejeitos de uma planta de beneficiamento. Os testes demonstraram que as composições avaliadas podem ser desaguadas por filtros de forma eficiente. Uma análise geotécnica e econômica deve ser feita para a definição de uma melhor proporção entre rejeito da flotação e lamas. Além disso, testes de sedimentação podem definir um melhor percentual de sólidos para a alimentação da filtração, aumentando assim sua capacidade.

Como complemento deste trabalho, é interessante o estudo do impacto da mineralogia na filtração deste material. Uma análise do impacto do aumento da recirculação de água na planta de beneficiamento poderia justificar economicamente, no médio-longo prazo, a implementação de uma planta de filtração.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a Outotec pela oportunidade do desenvolvimento do estudo.

#### REFERÊNCIAS

- 1 Schoenberger, E. Environmentally sustainable mining: The case of tailings storage facilities. *Resources Policy*. 2016;49:119-128.
- 2 Guimarães, N. C. Filtração de rejeitos de minério de ferro visando a sua disposição em pilhas. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.
- 3 Savolainen M, Huhtanen M, Häkkinen A, Ekberg B, Hindström R, Kallas J. Development of testing procedure for ceramic filters. *Minerals Engineering*. 2011;24:876-885.
- 4 Görres G, Hindström R. Some experiences with modern dewatering technologies in fine iron ore application. Perth WA, 20-22 August, 2007.
- 5 Guimarães NC, Valadão GES, Peres, AEC. Filtração de rejeitos de minério de ferro visando à sua disposição em pilhas. *Revista da Escola de Minas*. 2012;65(4):543-548.