

AVALIAÇÃO DA RECUPERAÇÃO DE ÁGUA A PARTIR DA FILTRAGEM DO REJEITO DE MINÉRIO DE NÍQUEL*

Tatiana Salviano Gadelha¹
Sílvia Cristina Alves França²

Resumo

Rejeitos de mineração descartados na forma de polpa possuem, geralmente, grande quantidade de água e reutilizá-la no processo, por meio de operações de desaguamento mais eficientes é de grande importância para a implementação de projetos de menor impacto ambiental. O presente trabalho visa estudar as operações envolvidas no desaguamento de um rejeito de níquel, com o objetivo de principalmente a maximizar a recuperação de água de processo. Para tanto, foram avaliados: a influência da concentração de sólidos, uso e dosagem de floculante, pressão no filtro, o processo de filtração com e sem prensagem e a influência destas variáveis na umidade da torta e na recuperação de água. Os resultados mostraram que quanto maior a dosagem de floculante menor é a recuperação de água na filtração; por outro lado, quanto maiores a concentração de sólidos e a pressão, maior a recuperação de água. Verificou-se a importância do uso da prensagem para maximizar a recuperação da água contida no sedimento, sendo possível comprovar que o rejeito de níquel floculado e filtrado com ΔP de 6 bar com o uso de prensagem promoveu a recuperação de até 77% de água.

Palavras-chave: Rejeitos Minerais; Floculação; Filtração; Reuso de água de processo.

WATER RECOVERY ASSESSMENT FROM FILTRATION OF NICKEL ORE TAILINGS

Abstract

Water is a rare resource and mineral tailings disposed as slurry have large amounts of water. Thus, reuse of water it in the process through more efficient dewatering operations has a great importance for the implementation of lower impact to the environment projects. This work aims to study the operations involved in dewatering of a nickel ore tailings, mainly aiming maximizing process water recovery. Thus, it was evaluated: the influence of solids concentration, flocculant dosage, filtration pressure, the use of squeeze in the filtration process and the influence of these variables on the cake moisture and water recovery. The results showed that the higher dose of flocculant, water recovery is lower. Was observed the importance of using mechanical pressure to maximize the water recovery contained in the sediment, It is possible to prove that the nickel ore tailing flocculated and filtered with $\Delta P = 6$ bar using mechanical pressure (pressing) promoted the recovery to 77% of water.

Keywords: Mineral tailings; Flocculation; Filtration; Water reuse.

¹ Engenheira Química, Msc, Bolsista PCI, Coordenação de Processos Minerais, CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

² Engenheira Química, Dsc. Tecnologista Sênior, Coordenação de Processos Minerais, CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso escasso para as plantas de processamento de minério em muitas partes do mundo. O alto custo da água e, em alguns casos, sua indisponibilidade, aumentam os custos de beneficiamento do minério, podendo chegar a inviabilizar o seu aproveitamento.

Rejeitos descartados na forma de polpa possuem grandes quantidades de água. Assim, reutilizar a água de processo por meio de operações de desaguamento mais eficientes é de grande importância para a implementação de projetos de menor impacto ao meio ambiente.

No Brasil, os rejeitos de beneficiamento são normalmente dispostos em forma de polpa, em barragens. Entretanto, no mundo há uma forte tendência para o adensamento de rejeitos uma vez que a disposição de polpas de alta densidade, pastas minerais ou tortas apresenta vantagens consideráveis e representa alternativas às práticas convencionais (Guimarães, 2011).

A agregação de partículas finas é uma saída utilizada na separação destas em meio líquido, uma vez que a sedimentação de sólidos finos em suspensão requer muito tempo, exigindo a utilização de grandes áreas para construção de barragens. Esta situação também é ampliada pela formação de redes de partículas estáveis (géis). Tais estruturas aprisionam um volume significativo de água que não está disponível para reuso. Nesse contexto, se faz indispensável o uso de reagentes, como coagulantes ou polímeros floculantes, que permitem a adesão de uma partícula diretamente à outra, dando origem à estrutura do floco. A quantidade e o tipo de polímero floculante utilizado é função das características físico-químicas de superfície das partículas, bem como do seu tamanho, que reflete diretamente na área superficial. Além das características dos floculantes, os aspectos físicos do rejeito, como distribuição granulométrica, morfologia das partículas e mineralogia têm influência nas interações entre o material particulado e a água, durante os processos de agregação (Oliveira *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2014).

No processo de espessamento, forma-se um sedimento saturado em água e, na maioria das vezes, é necessário expelir essa água em excesso para maior redução de volume e aumento da resistência mecânica do sedimento, satisfazendo as especificações regulatórias para deposição segura do rejeito (Wang *et al.*, 2014). Uma operação unitária adicional utilizada no desaguamento de polpas minerais é a filtração com formação de torta, em que o produto sólido resultante - a torta - com elevada concentração de sólidos, pode então ser transportada ou descartada mais facilmente (Qi *et al.*, 2011) e o filtrado, reutilizado como água de processo.

Os filtros mais comumente utilizados na indústria são os que funcionam por pressão ou vácuo. A filtração sob pressão é caracterizada pela aplicação de uma pressão positiva na polpa, sendo uma das principais vantagens dessa operação a produção de tortas com menor teor de umidade, em comparação com outras tecnologias de filtração (Nery, 2013).

As etapas de formação da torta em uma operação de filtração sob pressão são apresentadas na Figura 1: em $t = 0$ a polpa entra em contato com filtro e é submetida a uma determinada queda de pressão ΔP . Em t_1 inicia-se o escoamento da água através do meio filtrante, dando início a etapa de formação da torta. Quando $t = t_1$ a película de água na superfície da torta desaparece e a água está presente apenas nos espaços vazios entre as partículas agregadas. A filtração continua até o tempo t_2 , que é a etapa de desaguamento, onde há a máxima compactação das partículas e remoção de água, que está relacionada à redução da umidade da torta.

Quando não há mais água entre os poros das partículas, ocorre a descarga de ar através dos poros.

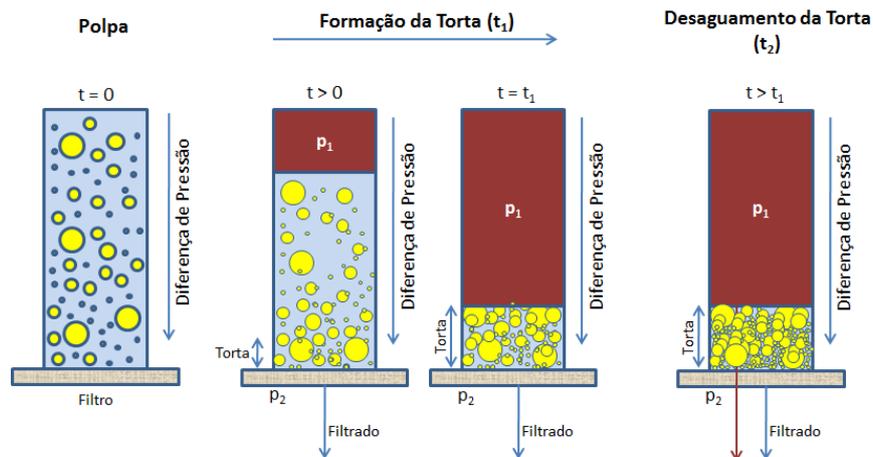


Figura 1: Etapas de formação da torta de filtração (Gadelha e França, 2015).

A presença de floculantes afeta o desempenho da filtração. Quanto maior a cadeia polimérica do floculante, maior será a quantidade de água aprisionada no interior do floco formado, dificultando o máximo desaguamento na filtração. Por isso, usualmente são utilizados polímeros floculantes de baixo peso molecular, que formam flocos relativamente pequenos, e com pouca água retida. Caso haja necessidade de utilizar floculantes de alto peso molecular, é necessário cisalhar o sedimento antes da filtração, a fim de quebrar os flocos para a liberação da água retida no interior da sua estrutura (Oliveira, 2004).

Durante a filtração, a vazão de filtrado depende da diferença de pressão, da resistência do meio filtrante e da torta. A taxa de fluxo volumétrico do filtrado pode ser descrita pela Equação 1:

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu\alpha w}{2\Delta P A^2} V + \frac{\mu R_m}{\Delta P A} \quad (1)$$

Onde, **V** é o volume do filtrado (m³), **t** é o tempo de filtração (s), **A** é a área do filtro (m²), **ΔP** é a queda de pressão (Pa), **μ** é a viscosidade do filtrado (Pa.s), **α** é a resistência específica da torta (m/kg), **w** é a concentração de sólidos (kg/m³) e **R_m** é a resistência ao meio filtrante.

A resistência específica à filtração mede a filtrabilidade da suspensão tal como determinado pelas características da polpa. Quando as partículas finas são floculadas para formar flocos maiores (agregados) a filtrabilidade é significativamente melhorada (Xu, 2008).

Assim, o objetivo deste trabalho é estudar as operações envolvidas no desaguamento de um rejeito de níquel, visando à produção de concentrados minerais com alto teor de sólidos e recuperação de água de processo. Para tanto, pretende-se: i) averiguar a influência da dosagem do floculante R na filtração do rejeito de níquel; ii) avaliar o processo de filtração com e sem prensagem e a sua influência na umidade da torta e na recuperação de água; iii) estudar a filtração do sedimento formado, relacionando a influência da concentração de sólidos, dosagem do floculante e pressão no filtro na umidade final da torta; iv) determinar a recuperação de água nas condições operacionais avaliadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Amostragem

Foi utilizado um rejeito do beneficiamento de minério sulfetado de níquel. Foram separados 40 quilos de amostra, que foi seca em estufa visando facilitar a desagregação do material e remoção da umidade. Em seguida, a amostra foi desagregada em peneira com abertura de 149 μm e disposta em pilha alongada, sendo quarteada em alíquotas de 100 gramas para os ensaios de laboratório.

2.2. Ensaio de Sedimentação

Neste estudo a polpa foi floculada pelo polímero comercial R (aniônico), utilizado na forma de solução polimérica a 0,5g/L, nas dosagens de 50 e 200 g/t.

Os testes de sedimentação foram realizados em equipamento *jar test*, com polpas previamente preparadas adicionadas ao equipamento. Após um tempo de agitação de 3 minutos a 300 rpm, o floculante foi adicionado à polpa em pH natural, de 6,8. Em seguida, a polpa foi condicionada por 1 minuto a 300 rpm e 2 minutos a 150 rpm, totalizando 3 minutos de agitação, para permitir o contato entre as partículas e o reagente e, conseqüentemente, o crescimento dos flocos. Após este período, foi cessada a agitação e a polpa foi mantida em repouso para sedimentação durante 1 hora.

2.3. Filtragem

Após a sedimentação, o líquido sobrenadante foi sifonado, concentrando o sedimento (50, 60 e 70%) que em seguida foi submetido a cisalhamento em *jar test* por 1 minuto a 300 rpm, objetivando liberar a água aprisionada na estrutura dos flocos antes da filtração.

O diagrama de blocos da Figura 2 mostra a metodologia utilizada no trabalho.

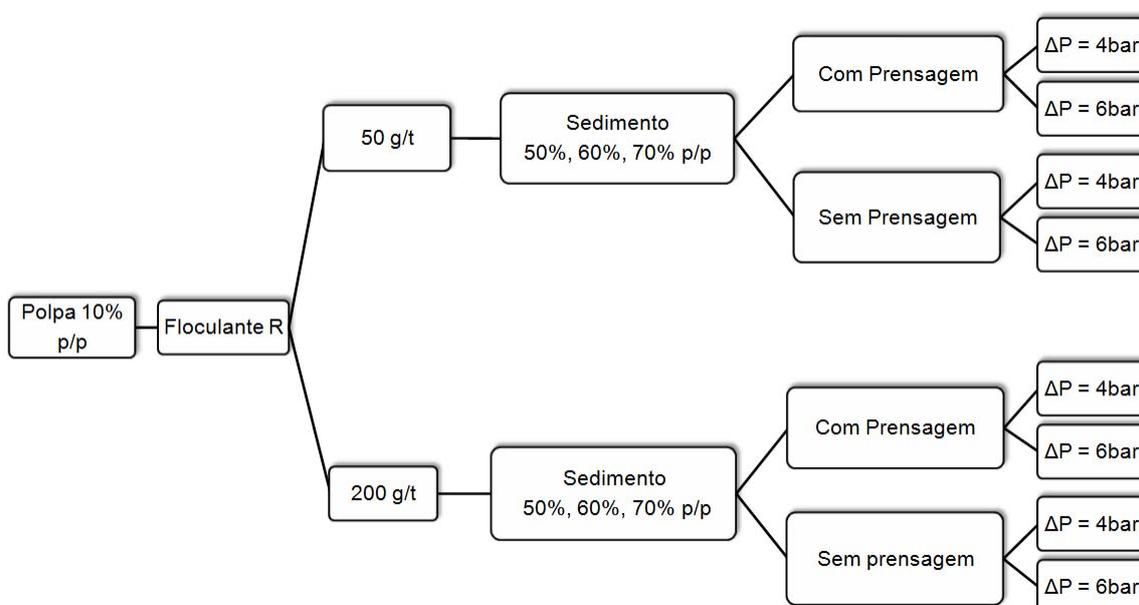


Figura 2: Metodologia utilizada no processo de filtração da polpa floculada e espessada.

Os ensaios de filtração foram realizados no equipamento Filtratest™ (Bokela), com área de filtração de 19,63 cm². Foi utilizado um tecido filtrante de polipropileno com fios de multifilamentos, com permeabilidade ao ar de 1,5-5 m³/min/m²; adotou-se o tempo de desaguamento da torta de 120 segundos para todos os testes. Foram comparados os processos de filtração sob pressão com e sem prensagem. O desempenho dos polímeros foi avaliado com base na umidade final da torta de filtração.

A Figura 3 mostra os dispositivos onde é formada a torta e o que promove a prensagem.



Figura 3: Dispositivo de prensagem da torta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de umidade da torta de filtração nas condições descritas anteriormente são exibidos na Figura 3.

A presença de floculante na polpa espessada afeta significativamente a filtrabilidade do sedimento. É sabido que a dosagem de floculante impacta o processo de floculação e as propriedades dos flocos formados, uma vez que normalmente uma “dosagem ótima”, que é a quantidade ideal de polímero que os sólidos necessitam para flocular. Quando é adicionado floculante em excesso, o polímero não é completamente absorvido. Flocos de tamanho grande são formados, com grande quantidade de água aprisionada dentro dos flocos, resultando em menor taxa de sedimentação e densidade de sedimentos. Por conseguinte, a dosagem de polímero pode ter um efeito considerável sobre variáveis da operação de filtração, como a resistência de filtração e a umidade da torta (Xu, 2008).

Avaliando o efeito da dosagem do polímero R na variável umidade, é possível notar na Figura 3 (a), (b), (c) e (d) que, para a dosagem de 50 g/t (4 e 6 bar; sem prensagem), a umidade final da torta é menor que a observada para 200 g/t.

Apesar do prévio cisalhamento do sedimento, que visou a quebra dos flocos para liberar água de sua estrutura, foi possível verificar que o tempo de agitação não foi suficiente para aproximar os resultados obtidos com 50 g/t de floculante aos obtidos com a dosagem de 200 g/t, na pressão de 4 bar. Para a pressão de 6 bar, essa diferença foi menor, uma vez que o aumento da pressão possibilitou maior

compressão da torta, promovendo maior expulsão de água da estrutura do floco, aumentando eficiência do desaguamento.

Entretanto, esta tendência não foi observada na filtragem com prensagem, uma vez que esta variável promove a maximização da remoção de água da estrutura do floco, minimizando o efeito da dosagem de floculante e da concentração de sólidos na umidade da torta.

Para a variação na concentração de sólidos, observou-se influência significativa apenas para filtragem com $\Delta P = 4$ bar, conforme apresentado na Figura 4.

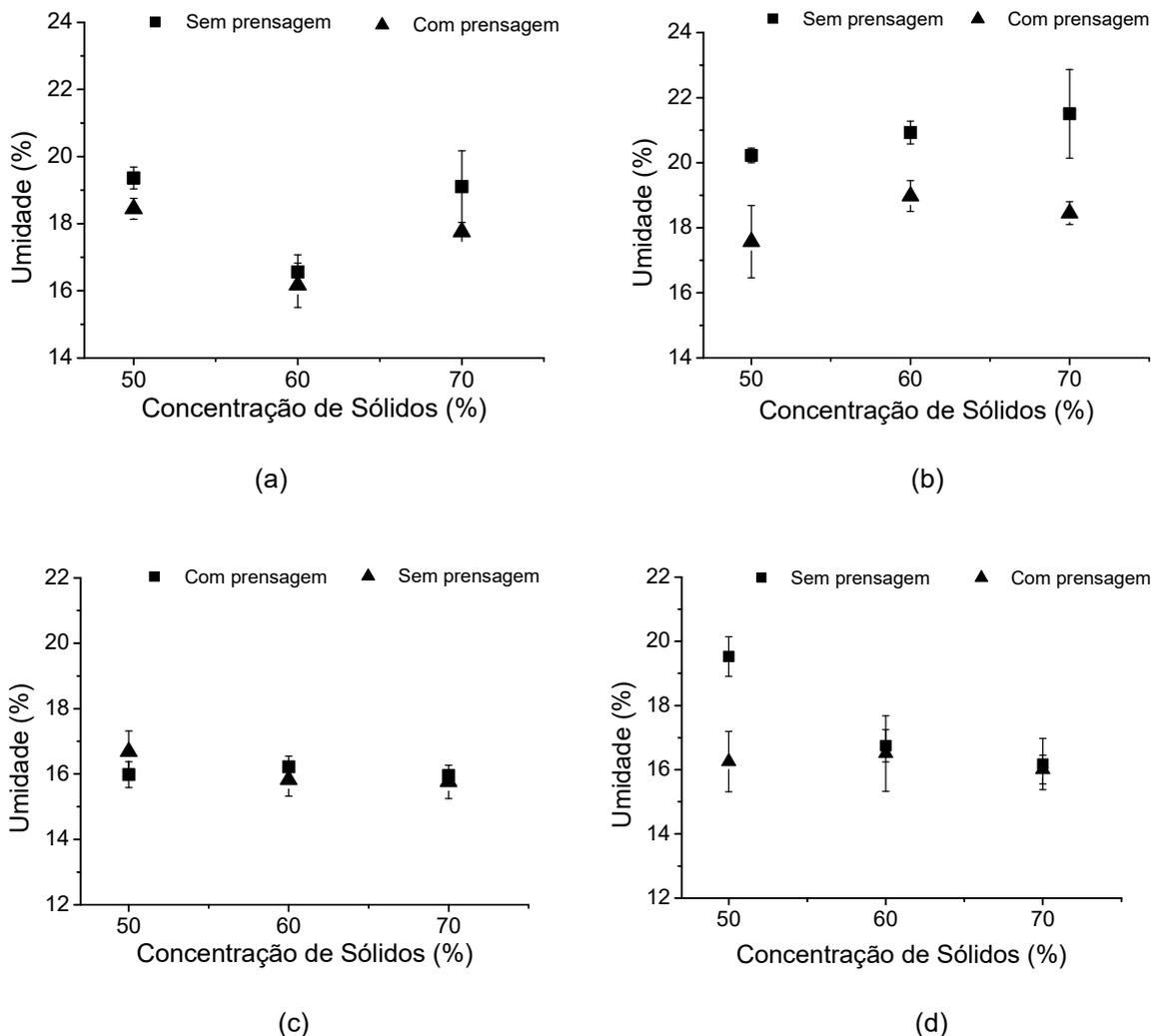


Figura 4: Umidade final da torta de acordo com a concentração de sólidos da polpa espessada: (a) $\Delta P = 4$ bar e dosagem de 50 g/t; (b) $\Delta P = 4$ bar e dosagem de 200 g/t; (c) $\Delta P = 6$ bar e dosagem de 50 g/t; (d) $\Delta P = 6$ bar e dosagem de 200 g/t.

A Figura 5 e Figura 6 exibem a recuperação de água no processo de filtração. Nos gráficos observa-se que para as dosagens avaliadas, há aumento na recuperação de água com o aumento da pressão no filtro. Também é possível constatar que quanto maior é a concentração de sólidos no sedimento, maior é a recuperação de água.

Comparando os gráficos das Figuras 5 e 6 nota-se que a redução da umidade é aumentada quando aplicada prensagem adicional na torta.

Em relação a dosagem do floculante R, é possível observar que o aumento na dosagem reduziu a recuperação da água contida no sedimento. Isso ocorre uma vez que flocos maiores (200 g/t) aprisionam mais água em sua estrutura; menciona-se, ainda, o aumento na viscosidade da polpa que também dificulta as operações de separação sólido-líquido, fazendo com que a máxima retirada de água seja possível apenas com o emprego de mais energia. Essa tendência foi observada principalmente para $\Delta P = 4$ bar, com e sem prensagem; para $\Delta P = 6$ bar, este efeito tende a ser minimizado.

Baixos valores de umidade do resíduo seco apontam para a possibilidade de disposição do rejeito sólido (torta) que pode satisfazer os órgãos reguladores. Este tipo de disposição é conhecido como empilhamento a seco. Neste caso, a disposição é considerada segura e o resíduo pode ser obtido com características que torna possível a disposição como material “não perigoso” (Nery, 2013).

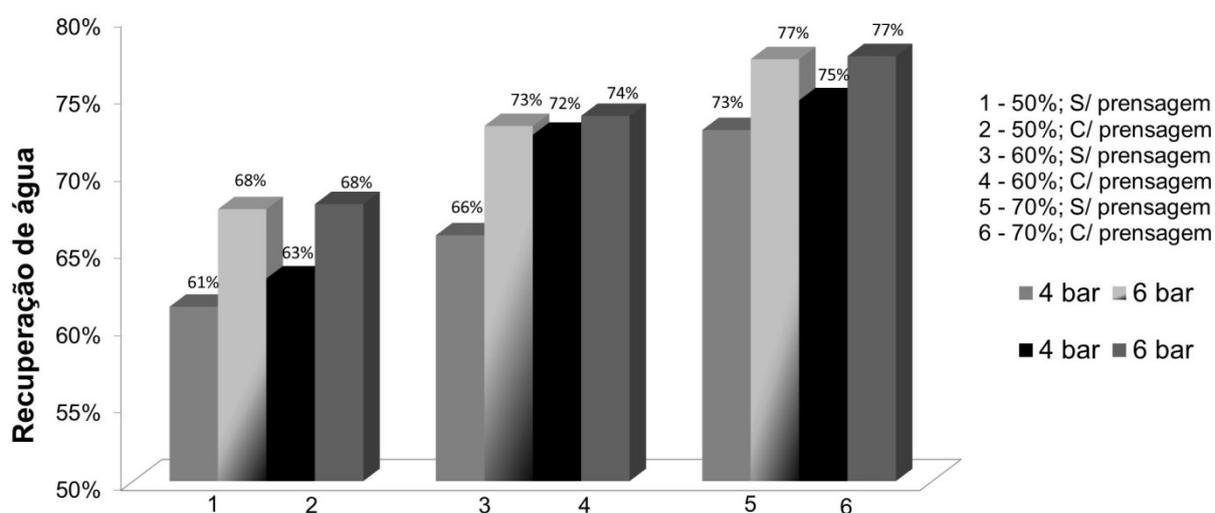


Figura 5: Recuperação de água na filtragem de sedimentos floculados na dosagem de 50 g/t.

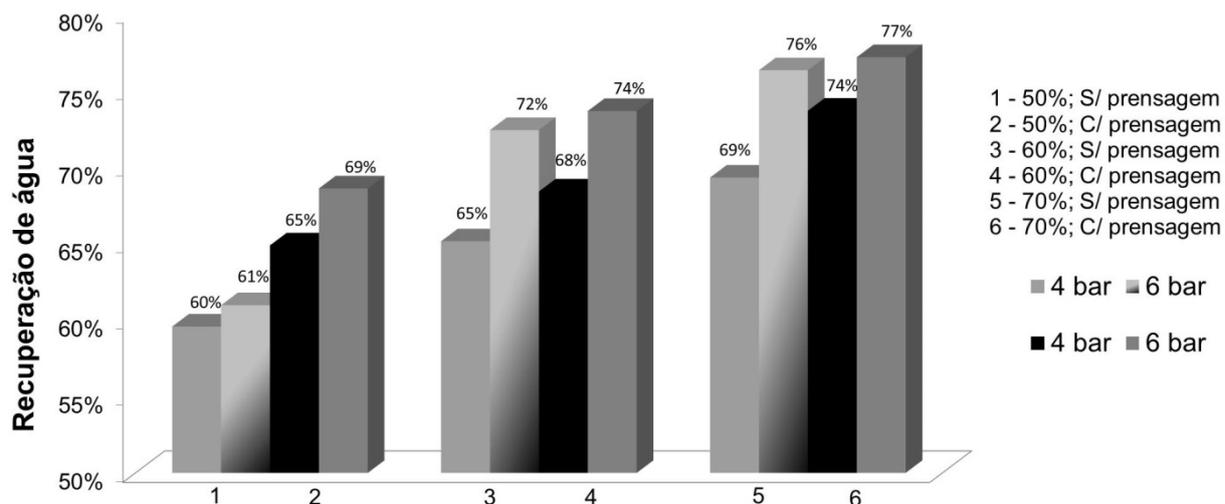


Figura 6: Recuperação de água na filtragem sedimentos floculados na dosagem de 200 g/t.

A Figura 7 mostra o ganho na recuperação de água conseguido com o uso de pressão mecânica na torta. É possível confirmar que para maior dosagem de

floculante a recuperação de água com a prensagem é mais expressiva. Também é possível observar que para a polpa floculada com floculante na dosagem de 50 g/t a diferença entre a recuperação de água com e sem prensagem é bem menor que a verificada quando usado o floculante na dosagem de 200 g/t. Este fato ocorre, pois os flocos formados por floculantes em baixa dosagem são menores e aprisionam menos água em sua estrutura. Então, possivelmente, o cisalhamento do sedimento antes da filtragem foi suficiente para liberar a água contida na estrutura do floco, e a pressão mecânica foi menos efetiva quando utilizada no desaguamento do sedimento floculado com polímero na dosagem de 200 g/t.

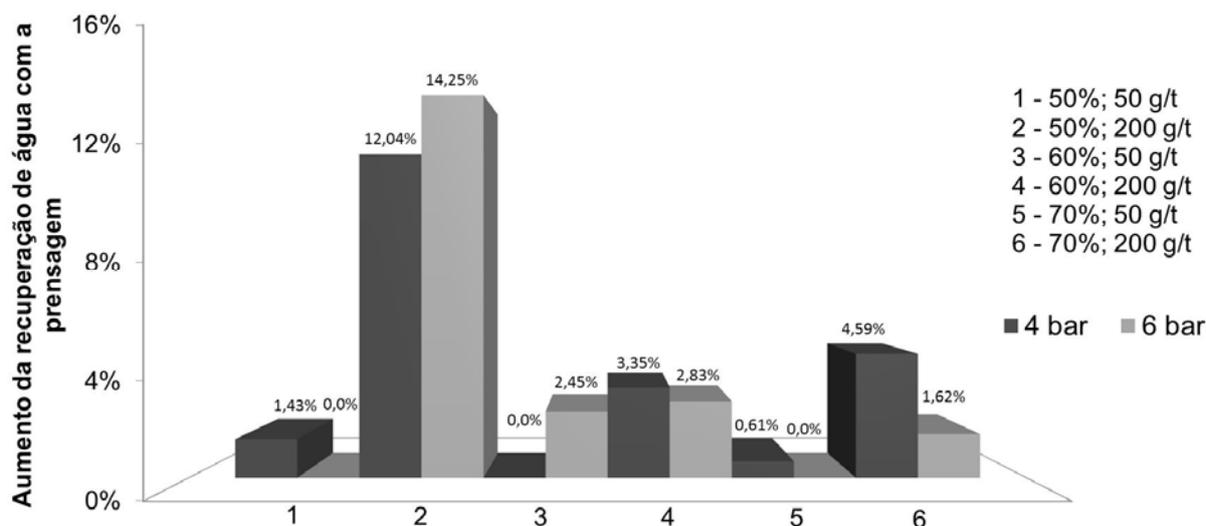


Figura 7: Recuperação de água com o uso de prensagem.

4 CONCLUSÃO

Neste estudo foi possível comprovar que, nas mesmas condições de cisalhamento do floco, quanto maior a dosagem de floculante menor é a recuperação de água, causada pela maior retenção de água na estrutura do floco. Os resultados também apontam aumento na recuperação de água com o aumento da pressão no filtro. Também é possível constatar que para maiores concentrações de sólidos no sedimento, maior é a recuperação de água.

Esta análise mostra a importância do uso da pressão mecânica para maximizar a recuperação da água contida no sedimento, principalmente quando a concentração de sólidos do sedimento que alimenta o filtro não puder ser muito elevada e/ou quando a dosagem de floculante utilizada no espessador for alta.

Por fim, foi possível comprovar que o rejeito de níquel floculado com 50 g/t do polímero R e filtrado a $\Delta P = 6$ bar, com o uso de prensagem, promoveu a recuperação de até 77% de água contida no sedimento espessado. Esses resultados apontam, ainda para a possibilidade de disposição do rejeito sólido (torta) de baixa umidade em pilhas, que é uma forma de disposição ambientalmente mais amigável.

Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa concedida através do Programa PCI/CETEM/MCTI.

REFERÊNCIAS

- 1 GUIMARÃES, N. C. Filtragem de rejeitos de minério de ferro visando a sua disposição em pilhas. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. Belo Horizonte, MG, Brasil.
- 2 GADELHA, T. S.; FRANÇA, S. C. A.. Polymer Assessment for Dewatering and Filtration of Nickel Ore Tailings. 4th International Seminar on Environmental Issues in Mining, 2015. Lima, Peru.
- 3 HOGG, R Flocculation and dewatering. In International Journal of Mineral Processing, 2000. Vol. 58, p. 223–236.
- 4 OLIVEIRA, M.L.M.; LUZ, J.A.M.; LACERDA, C.M.M. Espessamento e filtragem. Universidade Federal de Ouro Preto, 2004. Ouro Preto, Brasil, p. 4-42.
- 5 NERY, Kellen Dias. Caracterização geotécnica e avaliação da compactação de um resíduo da produção de alumina (lama vermelha) desaguado por filtro prensa Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2013. Belo Horizonte, MG, Brasil.
- 6 QI, Y., THAPA, Khagendra B., HOADLEY, Andrew F.A. Application of filtration aids for improving sludge dewatering properties –A review. Chemical Engineering Journal, 2011. Vol. 58, p.373 - 384.
- 7 WANG, C., HARBOTTLE, D., *et al.* Current state of fine mineral tailings treatment: A critical review on theory and practice. In Minerals Engineering, 2014. Vol. 58, p. 113–131.
- 8 XU, Yuming; DABROSA, Tadek; KAN, Jianmin. Filterability of oil sands tailings. Process Safety and Environment Protection, 2008. Vol. 86, p. 268 – 276.