

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE BOLHAS (DTB) DE UM SISTEMA TRIFÁSICO DA CÉLULA DE FLOTAÇÃO MAGOTTEAUX

ANALYSIS OF BUBBLE SIZE DISTRIBUTION (BSD) OF A THREE-PHASE SYSTEM IN A MAGOTTEAUX FLOAT CELL

Estevão Gomes da Cruz Barreto

Aluno de Graduação da Engenharia Química, 8º período,
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Período PIBIC/CETEM: outubro de 2016 a julho de 2018,
estevaogcbarreto@gmail.com

Renata Nigri de Almeida

Orientadora, Engenheira Química, rnigri@cetem.gov.br

Hudson Jean Bianquini Couto

Orientador, Engenheiro Químico, D.Sc., hcouto@cetem.gov.br

Resumo

A distribuição do tamanho de bolhas (DTB) é uma variável extremamente importante nos processos de flotação, podendo ser afetada por outras variáveis do processo. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar como a porcentagem de sólidos e a concentração dos espumantes Flotanol D14 e Montanol 800 podem influenciar a DTB. As imagens das bolhas foram obtidas utilizando o equipamento *Anglo Platinum Bubble Sizer* (APBS), sendo posteriormente analisadas através do *software ImageJ*. Os resultados obtidos demonstram que a presença de minério teve influência sobre o tamanho de bolhas, sendo esta influência distinta para cada espumante analisado.

Palavras chave: tamanho de bolhas, sistema trifásico, flotação.

Abstract

The bubble size distribution (BSD) is an extremely important variable in the floatation process and can be controlled by others process variables. Therefore, the aim of the present paper is to evaluate how the percentage of solids and the concentration of the frothers Flotanol D14 and Montanol 800 can influence the BSD. The images of the bubbles were obtained using the equipment *Anglo Platinum Bubble Sizer* (APBS), so that they could be later analyzed by the software *ImageJ*. The results showed that the mineral presence had influence on the bubble size, being this influence different for each frother analyzed.

Keywords: bubble size, three-phase system, flotation.

1. INTRODUÇÃO

A recuperação de minerais finos é, ainda hoje, um dos grandes desafios enfrentados pelas indústrias ligadas ao processamento de minério, pois uma parte significativa destas partículas, que possuem valor econômico agregado, acaba sendo rejeitada durante os processos de flotação convencionais (Rubio *et al.*, 2002, Sivamohan, 1990). A distribuição do tamanho de bolhas (DTB) é uma das variáveis do processo que está diretamente ligada a esta perda indesejada, devido a sua influência sobre a coleta e transporte das partículas no meio (Alquino *et al.* 2010).

Alguns estudos demonstram que a DTB pode ser influenciada por diferentes variáveis, como: o tipo e concentração de espumante, e pela porcentagem de sólidos presente durante a flotação. Um aumento na concentração de espumante acarreta em uma diminuição do tamanho de bolhas, diminuindo assim os efeitos de coalescência; porém esta tendência só é observada até certa concentração, denominada concentração crítica de coalescência (CCC), a partir da qual o diâmetro médio de bolhas passa a ser constante (Cho e Laskowski, 2002; Grau *et al.*, 2005). Em sistemas trifásicos, nos quais há a presença de minério, foi constatado haver um aumento no tamanho de bolhas, produzido com o aumento da porcentagem de sólidos no meio (Tucker *et al.*, 1994; Vazirizadeh *et al.*, 2016).

Desta forma, é possível perceber o quão importante é, para o processo de flotação, um maior entendimento sobre como a DTB, em um sistema trifásico, pode ser influenciada pela presença de minério e pelo tipo de espumantes no meio.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo avaliar como a porcentagem de sólidos e a concentração dos espumantes Flotanol D14 e Montanol 800 podem influenciar a DTB durante a flotação.

3. METODOLOGIA

3.1. Minério

Foi utilizado um minério sulfetado com cerca de 1,8 % de Pb e 1,0 % de Zn, composto principalmente por galena e esfarelita. Todos os ensaios foram realizados com granulometria de moagem primária com P_{80} em 125 μm . Durante os ensaios da primeira etapa, a porcentagem de sólidos foi mantida constante, em 10 %. Na segunda etapa, a porcentagem de sólidos variou entre 0-40 %, mantendo constante a concentração de espumante em 20 mg/L. Na última etapa a porcentagem de sólidos foi mantida em 10 %, a concentração de espumante em 20 mg/L e as faixas granulométricas do minério foram variadas.

3.2. Reagentes

Foram utilizados dois agentes espumantes distintos, ambos fabricados pela *Clariant*, sendo estes: o Flotanol D14, um polipropileno glicol metiléter; e o Montanol 800, uma mistura de álcool alifático, éteres e ésteres. Foram utilizadas concentrações destes reagentes entre 2,5-50 mg/L.

3.3 Célula de Flotação

Para a condução dos ensaios foi utilizadas uma célula de flotação Magotteaux, modelo FM001, equipada com uma cuba de acrílico com volume igual 1,5 L. No painel de controle deste equipamento é possível controlar a rotação mecânica, a vazão de ar e a pressão, variáveis estas que foram mantidas constantes durante todos os ensaios, sendo seus respectivos valores iguais a 800 rpm, 3 L/min e 10 psi.

3.4 Obtenção e Análise de Imagens

Para a captura de imagens das bolhas foi utilizado o equipamento *Anglo Platinum Bubble Sizer* (APBS), fabricado pela *Stone Three* (África do Sul), com o auxílio de uma câmera digital Canon, modelo PowerShot S95. Três imagens de cada um dos ensaios foram escolhidas para serem analisadas e processadas por meio do *ImageJ*, software livre de análise de imagens. Maiores detalhes sobre os equipamentos utilizados e o processamento das imagens podem ser encontrados em Barreto *et al.*, 2017.

3.5 Tensão Superficial

Para realizar as medidas de tensão superficial de ambos os espumantes, foi utilizado um goniômetro, modelo OCA 15, da DATAPHYSICS, onde a tensão superficial é determinada através do método da gota pendente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1(a) pode-se observar a influência que os espumantes Flotanol D14 e Montanol 800 exercem, em diferentes concentrações, sobre o diâmetro médio de Sauter ($D_{3,2}$); sendo esta influência medida primeiramente em meio bifásico (água e ar) e, em seguida, em meio trifásico (água, ar e minério), com 10 % de sólidos. Já a Figura 1(b) apresenta a influência que a porcentagem de sólidos (%s) tem sobre o diâmetro médio de Sauter, quando os espumantes são mantidos na concentração constante de 20 mg/L, assegurando um valor superior as suas respectivas CCC's.

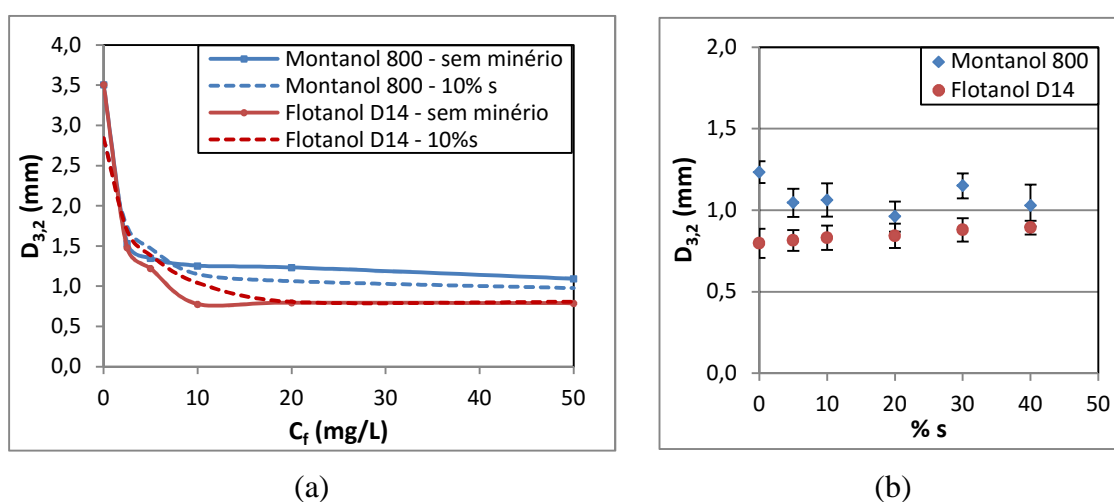


Figura 1: Diâmetro médio de Sauter (a) em função da concentração de dois espumantes, na presença e ausência de minério; (b) em função da porcentagem de sólidos, mantendo constante a concentração dos espumantes.

Observa-se na Figura 1(a) que os resultados obtidos para ambos os espumantes, na presença ou ausência de partículas sólidas, estão coerentes com trabalhos encontrados na literatura (Cho e Laskowski, 2002; Grau *et al.*, 2005), apresentando uma diminuição do tamanho das bolhas com o aumento da concentração de espumante, até a CCC, a partir da qual o aumento da concentração passa a não influenciar mais significativamente no tamanho das bolhas.

A Tabela 1 apresenta um resumo, mostrando para cada espumante o valor da CCC e do diâmetro médio de Sauter após a CCC, para os ensaios com e sem minério.

Tabela 1: Valores de CCC e $D_{3,2}$, após a CCC, para os dois espumantes, na presença e ausência de minério.

Espumante	Sem minério		Com minério: 10 %s	
	CCC (mg/L)	$D_{3,2}$ (mm)	CCC (mg/L)	$D_{3,2}$ (mm)
Montanol 800	8	1,19	15	1,02
Flotanol D14	10	0,79	20	0,81

É perceptível que o valor da CCC foi bastante influenciado pela adição de minério ao meio, apresentando valores mais altos na presença de partículas sólidas. Ainda segundo

a Figura 1(a), para valores de concentração anteriores as CCC's, o tamanho de bolhas sofreu um aumento nos sistemas trifásicos, em relação aos bifásicos, sendo coerente com o trabalho de Tucker *et al.*, 1994. Porém, como mostrado na Tabela 1, após as CCC's, cada espumante apresentou um comportamento distinto: para o Montanol 800, o tamanho de bolhas sofreu uma diminuição com a adição de minério; já para o Flotanol D14, o tamanho de bolhas após a CCC não sofreu uma influência considerável com a adição de partículas sólidas.

Pode-se também observar na Figura 1(b) que houve uma pequena variação, em relação ao tamanho de bolhas, com a variação da porcentagem de sólidos. Porém o comportamento de cada espumante foi distinto: o Flotanol D14 apresentou uma relação de aumento praticamente linear com o aumento da porcentagem de sólidos, resultado esperado de acordo com alguns trabalhos encontrados na literatura (Tucker *et al.*, 1994; Vazirizadeh *et al.*, 2016); já em relação ao Montanol 800, não foi possível perceber uma correlação clara entre o aumento da concentração de sólidos e o tamanho de bolhas.

A Figura 2(a) apresenta como o diâmetro médio de Sauter é afetado por diferentes faixas granulométricas, mantendo-se constante a porcentagem de sólidos (10 %) e a concentração de espumante (20 mg/L). Podemos observar que os valores de $D_{3,2}$ obtidos para o Montanol 800 foram superiores aos do Flotanol D14, reforçando a tendência que já vinha sendo observada nos outros ensaios; além disso, fica claro que faixas granulométricas distintas possuem pouca influência sobre o diâmetro de Sauter, havendo apenas um pequeno aumento nas faixas de maior granulometria.

Na Figura 2(b) são apresentados os valores de tensão superficial (γ), em função da concentração de ambos os espumantes (C_f).

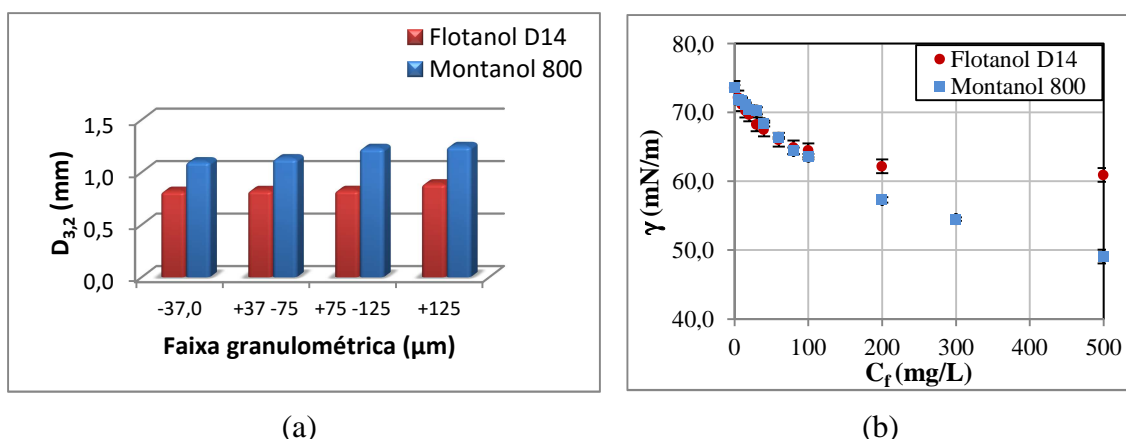


Figura 2: (a) Diâmetro médio de Sauter em função de diferentes faixas granulométricas. (b) Tensão superficial em função da concentração de espumante.

Pode-se observar que, para valores de concentração menores que 100 mg/L, os dois espumantes apresentam valores de tensão superficial próximos; porém, após este valor, o Montanol 800 apresentou tensões superficiais menores que as do Flotanol D14. Como as concentrações de espumantes utilizadas neste trabalho variaram somente entre 2,5-50 mg/L, podemos perceber que o fato do Montanol 800 apresentar bolhas maiores que as do Flotanol D14 não está associado diretamente aos seus valores de tensão superficial, podendo estar mais relacionada às características químicas dos espumantes estudados, pois o Montanol 800 é formado por uma mistura de álcool alifático, éteres e ésteres, enquanto o Flotanol D14 se trata de um polipropileno glicol metiléter.

5. CONCLUSÕES

O aumento da concentração dos espumantes Flotanol D14 e Montanol 800, na presença ou ausência de minério, gerou diminuições significativas no diâmetro médio das bolhas, até suas respectivas CCC's serem alcançadas. Para concentrações de espumante anteriores as CCC's sem minério, os sistemas trifásicos apresentaram tamanhos de bolha maiores que os dos sistemas bifásicos (sem minério); porém, após as CCC's, cada espumante apresentou um comportamento distinto pela adição de minério. O Flotanol D14 apresentou uma relação de aumento, praticamente linear, do tamanho de bolhas em função do aumento da porcentagem de sólido; já o Montanol 800 não apresentou uma relação clara entre as duas variáveis. Observou-se também que, para ambos os espumantes, faixas granulométricas distintas possuem pouca influência sobre o diâmetro de Sauter. Para valores de concentração menores que 100 mg/L, ambos os espumantes apresentaram valores próximos de tensão superficial, demonstrando que, para concentrações menores, a tendência do Montanol 800, a apresentar bolhas de tamanhos maiores que as do Flotanol D14, está mais relacionada às características químicas dos reagentes.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica e ao CETEM pela infraestrutura. Ao Grupo de Fenômenos Interfaciais do Programa de Engenharia Química da COPPE pela ajuda nas análises de tensão superficial.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, J.A.; OLIVEIRA, M.L.M.; FERNANDES, M.D. Flotação em coluna. In: LUZ, A.B., SAMPAIO, J.A., FRANÇA, S.C.A. (Eds) Tratamento de Minérios. 5 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, 2010, p.515-556.

BARRETO, E.G.C.; ALMEIDA, R.N.; COUTO, H.J.B. Avaliação do tamanho de bolhas e hold up do ar da coluna de flotação de 3'' do CETEM. In: XXV Jornada de Iniciação Científica e I Jornada de Iniciação em Desenvolvimento e Inovação, 2017, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

CHO, Y.S.; LASKOWSKI, J.S. Effect of flotation frothers on bubble size and foam stability. **International Journal of Mineral Processing**, v.64, p.69-80, 2002.

GRAU, R.A.; LASKOWSKI, J.S. , HEISKANEN, K. Effect of frothers on bubble size. **International Journal of Mineral Processing**, v.76, p.225-233, 2005.

RUBIO, J.; SOUZA, M.L.; SMITH, R.W. Overview of flotation as a wastewater treatment technique. **Minerals Engineering**, v.15, p.139-155, 2002.

SIVAMOHAN, R. The problem of recovering very fine particles in mineral processing – a review. **International Journal of Mineral Processing**, v.28, p.247-288, 1990.

TUCKER, J.P.; DEGLON, D.A.; FRANZIDIS, J.P.; HARRIS, M.C.; O'CONNOR, C.T. An evaluation of a direct method of bubble size distribution measurement in a laboratory batch flotation cell. **Minerals Engineering**, v.7, p.667-680, 1994.

VAZIRIZADEH, A.; BOUCHARD, J.; CHEN, Y. Effect of particles on bubble size distribution and gas hold-up in column flotation. **International Journal of Mineral Processing**, v.57, p.163-173, 2016.