

INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA NA FLOTAÇÃO DE QUARTZO COM AMINA

Viviane da Silva Pinheiro

Tecnóloga em Materiais e Mestranda em Engenharia de Minas na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Bolsista DTI 3 - CNPq – Projeto Estruturante C&T Mineral do RN, IFRN. viviane_vsp@yahoo.com.br

Carlos Adolpho Magalhães Baltar

Engenheiro de Minas, M.Sc. e D.Sc. Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Professor da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).
camb@ufpe.br

José Yvan Pereira Leite

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).
Laboratório de Processamento Mineral e Resíduos - IFRN
Coordenador do Projeto Estruturante C&T Mineral do RN/FAPARN/FINEP/CNPq
leite@cefetrn.br

RESUMO

O trabalho teve por objetivo estudar o efeito de cátions presentes na água utilizada no processo de flotação de quartzo. O estudo compara os resultados obtidos na flotação de quartzo antes e depois do tratamento de uma água contendo altos teores de cálcio e magnésio. Os testes de microflotação foram feitos em tubo de Hallimond, utilizando-se uma amostra de quartzo de elevada pureza e uma dodecilamina comercial como coletor. Estudou-se a influência da variação de pH e da concentração do coletor. O tratamento da água foi feito por precipitação e, em seguida, flotação por ar dissolvido para a remoção dos precipitados. Os precipitados foram coletados para análise química (FRX) e mineralógica (DRX). A flotação é mais intensa em torno do pH 8, região onde há uma predominância da espécie catiônica do coletor (RNH_3^+) e uma ampla disponibilidade de sítios negativos na superfície do quartzo. Nos testes realizados com baixa concentração de coletor a recuperação ficou em torno de 14% com a água dura e 84% com a água tratada. A diferença se explica pela dificuldade do coletor em adsorver-se na presença de outros cátions. Os resultados com uma concentração mais elevada do coletor mostraram uma menor influência dos outros cátions, a recuperação foi de 89% e 96%, respectivamente, para a água dura e a água tratada.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade de água; flotação; quartzo; tubo de Hallimond.

INFLUENCE OF WATER QUALITY IN QUARTZ FLOTATION WITH AMINE

ABSTRAC

This present work was aimed to study the effect of cations in process water used to quartz flotation. This study compares the results on quartz flotation before and after a water treatment containing high level of calcium and magnesium in solution. The microflotation study was in a Hallimond tube, a quartz with a high level purity were used and a commercial dodecilamina as a collector. The influences of pH and collector

concentration were studied. The water was treated by precipitation, and then, by dissolved air flotation system to remove precipitate. The precipitates were collected to chemical analyses (FRX) and X-ray analyses (DRX). The flotation is stronger around pH 8, where cationic species of collector (RNH_3^+) is predominant and a great possibility of negative sites on quartz surface. The tests were done with a low concentration of collector and the recovery was 14% with hardness water and 84% treated water. The difference is explained by the collector challenge adsorb in carriage of other cations. Results with a high collector concentration showed smaller influence of other cations, the recovery was 89% and 96%, respectively, to hardness water and treated water.

KEY WORDS: Water quality; flotation; quartz; Hallimond tube.

INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA NA FLOTAÇÃO DE QUARTZO COM AMINA

INTRODUÇÃO

O município de Currais Novos está localizado na região Seridó do Estado do Rio Grande do Norte a 172 Km da capital Natal, tem área territorial de 864 Km² e uma população estimada de 43.535 habitantes segundo dados do IBGE (2010). O Município apresenta indústrias minerais que são abastecidas por águas subterrâneas que nem sempre apresenta uma boa qualidade.

A presença de mármore na constituição de rochas da região associada aos depósitos de scheelita, e, devido à precipitação pluviométrica, a água percola provocando a solubilização de sais (principalmente cálcio) e comprometendo a qualidade dos aquíferos. A resolução do Conama (Conselho Nacional de Meio Ambiente) n° 357/2004 classifica águas do território brasileiro de acordo com a salinidade. Salinidade inferior ou igual a 0,5‰ é denominada “água doce”, salinidade entre 0,5 e 30‰ é salobra e superior a 30‰ é chamada de salina (REBOUÇAS, 2006). Nesse contexto, a água subterrânea do Seridó norterio-grandense é classificada como salobra.

Estudos realizados por Pinheiro e Leite (2009) mostraram que a água salobra de Currais Novos tem elevados teores de cálcio e magnésio, indicando tratar-se de água com elevada dureza. A composição química da água pode ter efeitos significativos na indústria mineral, em especial em processos de flotação. As espécies iônicas presentes na solução aquosa podem alterar a ação dos reagentes de forma a dificultar o controle do processo. Baltar (2008) mostra algumas situações que podem favorecer ou prejudicar a adsorção do coletor:

- (a) Espécies catiônicas competem com a amina pelos sítios negativos da superfície mineral resultando em uma redução na densidade de adsorção do coletor.
- (b) Quando os íons alcalinos terrosos são presentes na água, provoca a precipitação de coletores carboxílicos, com consequência no consumo de reagente ou na densidade de adsorção do coletor na superfície mineral.
- (c) Algumas espécies catiônicas presentes na água podem provocar uma ativação indesejável, da ganga, em sistemas que utilizam coletores carboxílicos.
- (d) A presença de alguns cátions pode provocar uma agregação, não seletiva, das partículas finas do minério.

Scott e Smith (1993) estudaram o efeito de íons de Ca^{2+} na flotação de quartzo e magnetita com amina. Eles evidenciaram que os íons de Ca^{2+} são espécies que competem com as aminas pelos sítios aniônicos da superfície mineral. Dessa maneira, estudos de remoção de dureza da água são importantes para o desenvolvimento da indústria mineral da região.

O presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito de cátions presentes na água subterrânea do município de Currais Novos, na mina de sheelita da Brejuí, no processo de flotação de quartzo e está inserido no projeto Fortalecimento da Estrutura de Apoio à Pesquisa para Arranjo Produtivo Local Mineral do Rio Grande do Norte, financiado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia e pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Norte através da FINEP-CNPq. Esse projeto tem objetivo de possibilitar alternativas tecnológicas para o desenvolvimento da atividade mineral.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais e reagentes

O pH das soluções foi corrigido com hidróxido de sódio (NaOH) e ácido clorídrico (HCl) em pHmetro digital da Digimed modelo DM-22. Para a medição da condutividade foi usado o condutivímetro Orion. Para as análises químicas de dureza foram usados o Ácido Etileno Diamino Tetracético (EDTA), os corantes indicadores foram a murexida e o negro de eriocromo T. Para correção de pH foi usado o hidróxido de sódio e solução tampão pH 10. Todos os reagentes usados são de natureza analítica. Na análise química do produto flotado (na FAD) foi usada a fluorescência de raios-x da SHIMADZU, modelo EDX-720. Para a caracterização mineralógica foi usado o difratômetro de raios-x da SHIMADZU, modelo XRD-7000.

A amostra de quartzo proveniente da Província da Borborema do Seridó foi cominuída a uma granulometria inferior a 149 μm (100 mesh) em moinho planetário. Nos testes de microflotação, em tubo de Hallimond, utilizou-se uma dodecilamina comercial, como agente coletor, nas seguintes concentrações: 50, 100, 150, 200 e 250 g/t.

Métodos

O estudo compara os resultados obtidos na flotação de quartzo antes e depois do tratamento de uma água contendo altos teores de cálcio e magnésio. Estudou-se a influência da variação de pH e da concentração do coletor. O tratamento da água foi feito por precipitação e, em seguida, flotação por ar dissolvido para a remoção dos precipitados. Determinou-se a composição química da água tratada que foi armazenada para os testes de flotação de quartzo. Os precipitados foram coletados para análise química (EDX) e mineralógica (DRX).

Estudos de Flotação por ar dissolvido (FAD): os testes de flotação foram realizados em escala de bancada em um sistema de flotação por ar dissolvido (FAD), conforme pode ser visto na Figura 1, constituído de um vaso de saturação de ar em água (saturador com capacidade de 3L) e uma célula de flotação (capacidade de 2L), conectados por uma válvula agulha para despressurização.

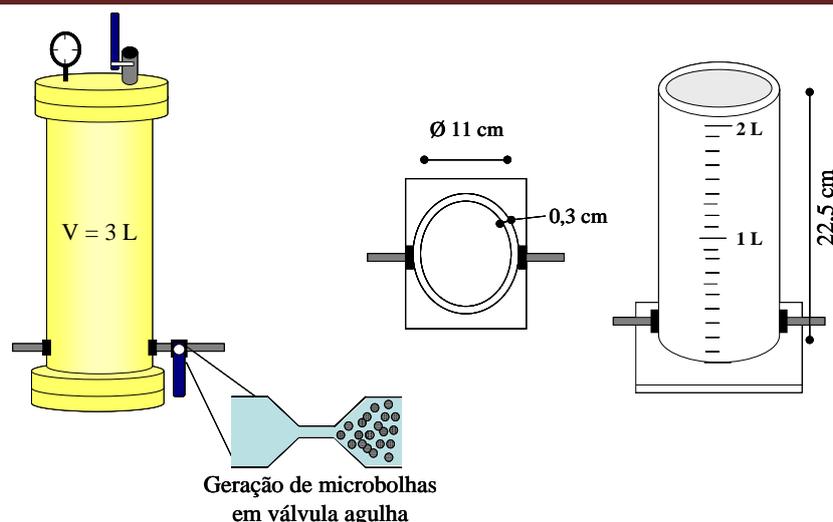


Figura 1 - Unidade de flotação por ar dissolvido (FAD) em bancada. Detalhe da geração de microbolhas em válvula agulha.

Os testes na FAD foram feitos em variações de quatro níveis de pH: 9, 10, 11 e 11,5. O processo foi realizado com pressão de saturação de 294.199,5 – 392.266 Pa (3 - 4 Kgf/cm²), por aproximadamente 15 minutos. Em seguida foram adicionados 20% de taxa de reciclo na célula finalizando o processo com 3 minutos de flotação.

Estudos de microflotação em tubo de Hallimond: nos testes de microflotação em tubo de Hallimond foram utilizados dois tipos de água: água natural e água tratada. A água natural é aquela coletada no poço da mina Brejuí, enquanto que a água tratada foi obtida pelo processo P-FAD (precipitação e flotação por ar dissolvido). O objetivo é comparar a recuperação de quartzo para esses dois tipos de água nas mesmas condições de pH e concentração de amina.



Figura 2 - Tubo de Hallimond. Estudos de microflotação com água dura e água tratada via FAD.

Na realização dos ensaios, primeiro foi pesado 1 grama de quartzo puro, previamente cominuído, com granulometria entre 149 e 74 μm (100 e 200 mesh). Depois eram preparadas as soluções de dodecilamina e feita a correção do pH na água a ser utilizada. Em seguida foram adicionadas a água, a amostra e o coletor, nessa ordem, para condicionamento de 1 minuto sob agitação com agitador magnético e barra magnética com velocidade suficiente para manter as partículas em suspensão. Após o tempo de condicionamento foi introduzido ar numa vazão de 40 ml/min e realizada a flotação durante 1 minuto. O processo foi finalizado com a coleta de amostra do flotado.

Todos os experimentos foram realizados no Laboratório de Processamento Mineral do Instituto Federal do Rio Grande do Norte.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da caracterização da água da mina Brejuí são mostrados na Tabela 1. É possível identificar níveis elevados de cálcio, magnésio, dureza total e bicarbonatos o que caracteriza a água da região. Os altos teores desses sais são provavelmente explicados pela formação calcítica que ocorrem na região.

Tabela 1: Análise química da água.

Análises	Resultados
Dureza total, $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$	362,5
Ca^{+2} , $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$	112,5
Mg^{+2} , $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$	250
pH	8,47
Condutividade, $\mu\text{S.cm}^{-1}$	2620
Cloreto, $\text{mg.L}^{-1} \text{Cl}^{-1}$	734,8
Carbonatos, $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$	21,7
Bicarbonatos, $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$	235,2
Alcalinidade Total, $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$	256,9

Na Figura 3 são mostrados os resultados obtidos pela precipitação e flotação por ar dissolvido para abrandamento da água. A dureza da água inicialmente foi 362,5 $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$ em pH natural (próximo de 8) e foi reduzida para 17,5 $\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$ em pH 11,5 após o tratamento, significando uma remoção aproximadamente de 90% de dureza total. A figura apresenta o efeito da redução da dureza em consequência da variação de pH.

Estudos mais detalhados do processo P-FAD têm sido investigados recentemente por Pinheiro et al (2010). A água obtida pelas condições ótimas apresentadas foi armazenada para estudos de flotação de quartzo em tubo de Hallimond.

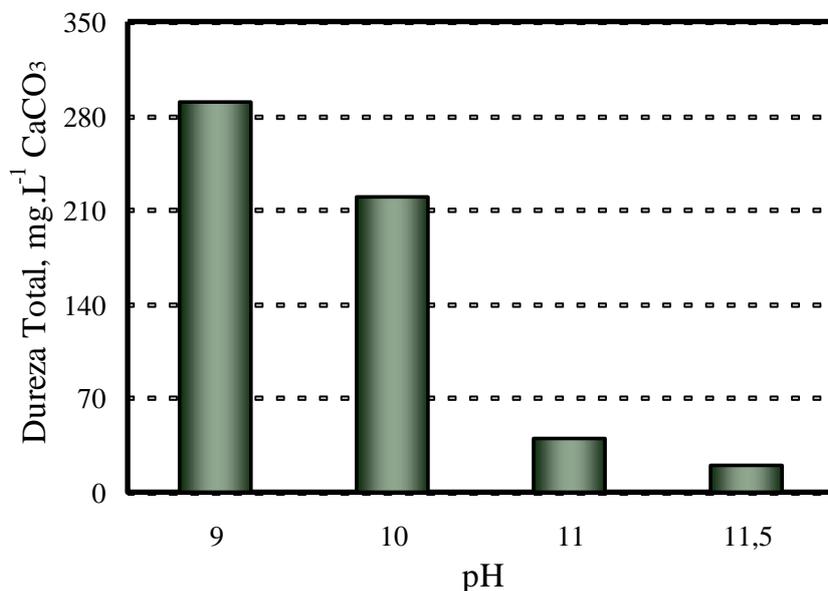


Figura 3 - Efeito do pH na remoção de íons cálcio e magnésio. Pressão de saturação = 294.199,5 Pa (3 Kgf.cm⁻²); tempo de flotação = 3 min.; taxa de reciclo = 20 %; Dureza água bruta = 362,5 mg.L⁻¹ CaCO₃.

O material flotado da FAD foi coletado para análise química em fluorescência de raios-x (FRX) e análise mineralógica em difração de raios-x (DRX). O resultado da análise química em fluorescência de raios-x é expresso em porcentagem (%) dos componentes e identificam com os principais elementos os óxidos de cálcio e magnésio na Tabela 2. Esses sais são mostrados na literatura como sendo os principais elementos responsáveis pela dureza da água, portando o método P-FAD foi eficiente para a remoção dos sais.

Tabela 2: Análise química de fluorescência de raios-x (FRX).

Componentes	Resultados (%)
CaO	47,558
MgO	8,073
SiO ₂	1,704
SO ₃	1,128
SrO	0,598
ZnO	0,267
MnO	0,164
CuO	0,129
K ₂ O	0,087
FeO ₃	0,081
Perda ao Fogo	40,200

A Figura 4 apresenta o resultado da análise mineralógica de difração de raios-x do precipitado flotado mostrando os principais picos do mineral identificado. O mineral predominante no precipitado é a calcita. Em estudo de qualidade de água feito por Mendonça (2008) também foi encontrado o mineral calcita na análise de DRX do precipitado.

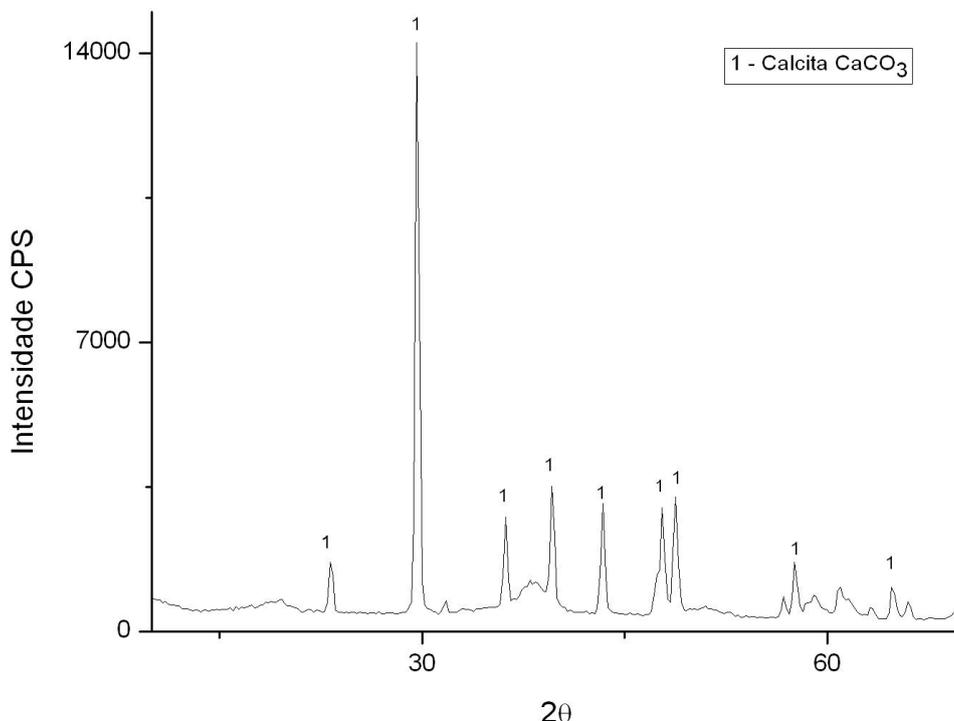


Figura 4 - Análise mineralógica de difração de raios-x (DRX).

A Figura 5 mostra o efeito do pH na flotação de quartzo com concentração fixa de 50g/t de dodecilamina. Os resultados da flotação são expressos em porcentagem de recuperação mássica de quartzo em função do pH em 5 níveis (2, 4, 6, 8 e 10).

A flotação é mais intensa em torno do pH 8, região onde há uma predominância da espécie catiônica do coletor (RNH_3^+) e uma ampla disponibilidade de sítios negativos na superfície do quartzo. Outras espécies catiônicas competem com o coletor pelos sítios disponíveis.

Nos testes realizados a recuperação ficou em torno de 14% com a água dura e 84% com a água tratada. A diferença se explica pela adsorção preferencial dos íons cálcio e magnésio disponíveis na água sem tratamento, reduzindo o contato com a superfície do quartzo. Uma alta recuperação só é possível com a eliminação dos cátions competidores, ou com a elevação da concentração do coletor.

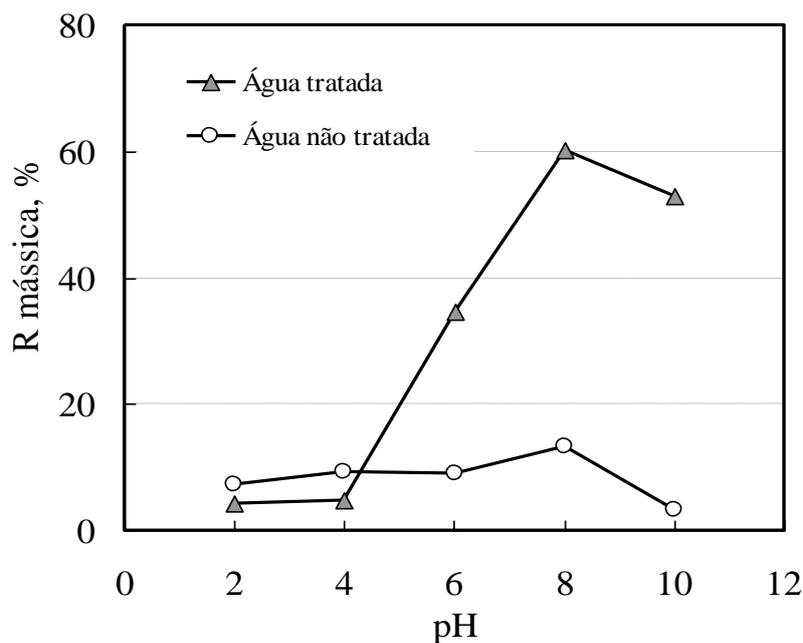


Figura 5 - Efeito do pH na flotação de quartzo com dodecilamina (50g/t).

A influência das espécies catiônicas presentes na água dura diminui com o aumento da concentração do coletor (Figura 6). No teste com 250 g/t de coletor, a recuperação foi de 89% e 96%, respectivamente, para a água dura e a água tratada.

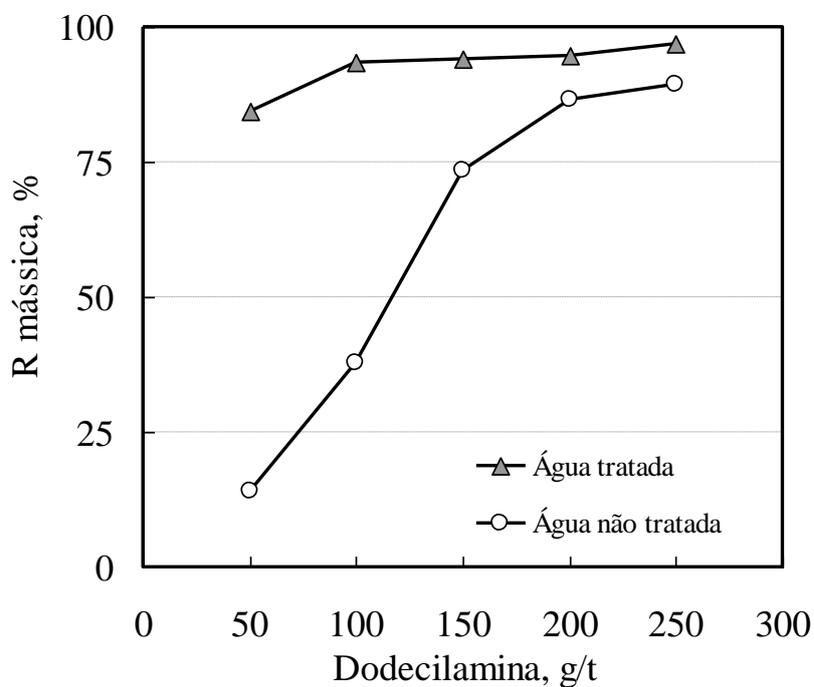


Figura 6 - Efeito da concentração de dodecilamina na flotação de quartzo. pH 8.

CONCLUSÃO

Os resultados discutidos nesse trabalho mostram que a qualidade da água usada na flotação de quartzo é fundamental para a eficiência de recuperação desse mineral. Diferenças de recuperação mássica entre 14 e 84 % de quartzo foram encontradas com água dura ($> 250 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$) e água leve ($< 20 \text{ mg.L}^{-1} \text{ CaCO}_3$), em testes com 50 g/t de coletor.

A influência das espécies catiônicas presentes na água dura é minimizada pelo aumento da concentração do coletor. Com 250 g/t de dodecilamina a diferença de recuperação obtida com as águas natural e tratada é menor (89% e 96%, respectivamente).

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos ao CNPq – FINEP, FAPERN (Projeto Fortalecimento da Estrutura de Apoio a Pesquisa para APL mineral do Rio Grande do Norte) pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS

1. IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>
Acesso em: 02 maio 2010.
2. REBOUÇAS, A. da C. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. Água doce no mundo e no Brasil**, 2006.
3. PINHEIRO, V.S., LEITE, J.Y.P. **Qualidade da água de proceso usada em mineração – estudo de caso da mina Brejuí**. IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica. Belém/PA, 2009, Anais...Belém: IV CONNEPI, 2009.
4. BALTAR, C. A. M. **Flotação no Tratamento de Minérios. Recife: Departamento de Engenharia de Minas/UFPE**, 2008.
5. SCOTT, J.L., SMITH, R.W. **Calcium ion effects in amine flotation of quartz and magnetite**. Minerals Engineering, v. 6, n. 12, p. 1245-1255, jun.1993.
6. PINHEIRO, V.S., BALTAR, C.A.M., LEITE, J.Y.P. **Aplicação de flotação por ar dissolvido para tratamento de águas com elevada dureza**. XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Foz do Iguaçu/PR, 2010, Anais...Foz do Iguaçu: XVIII COBEQ, 2010.
7. MENDONÇA, L. A. R.; SANTIAGO, M. O.; FRISCHKORN, H.; SASAKI, J. M. **Problemas de cálcio na água de abastecimento de Nova Olinda-CE**. Eng. Sanit. Ambient., v. 13, p. 296-305, 2008.