



Rem: Revista Escola de Minas

ISSN: 0370-4467

editor@rem.com.br

Escola de Minas

Brasil

Pereira, Carlos Alberto; Belisário Zorzal, Caroline; Carvalho Coelho, Lucas; Santos Oliveira, Michelly dos

Depressores para dolomita na flotação de willemita

Rem: Revista Escola de Minas, vol. 64, núm. 1, enero-marzo, 2011, pp. 105-109

Escola de Minas

Ouro Preto, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56418762014>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Depressores para dolomita na flotação de willemita

*Depressants for dolomites in willemite flotation*

### Carlos Alberto Pereira

Dr. em Tecnologia Mineral,  
Professor Efetivo do Departamento  
de Engenharia de Minas da UFOP  
[pereira@demin.ufop.br](mailto:pereira@demin.ufop.br)

### Caroline Belisário Zorza

Graduanda da Engenharia de Minas  
do Departamento de Engenharia  
de Minas da UFOP  
[carolinezorza@gmail.com](mailto:carolinezorza@gmail.com)

### Lucas Carvalho Coelho

Mestrando do Curso de Engenharia  
Mineral da UFOP, Engenheiro de Minas  
da Fundação Gorceix  
[lcarvalhocelh@yahoo.com.br](mailto:lcarvalhocelh@yahoo.com.br)

### Michelly dos Santos Oliveira

Dra. em Tecnologia Mineral,  
Professora do Curso de Mineração  
do IFMG - Campus Ouro Preto  
[o.michelly@ifmg.edu.br](mailto:o.michelly@ifmg.edu.br)

### Resumo

Essa investigação avaliou o efeito de depressores para dolomita na flotação de zinco, a fim de aumentar tanto a recuperação quanto a seletividade. Os reagentes estudados foram: uma emulsão de amina (Clariant Flotigan 2835-2L), óleo diesel e MIBIC, nas proporções 1,0; 0,16 e 0,4 como coletor e espumante; solução de sulfeto de sódio e barrilha como agente ativador e modificador de pH, respectivamente; silicato de sódio como agente dispersante e como depressores: silicato de sódio, dextrina, dicromato de potássio, tanino, amido e carboximetilcelulose (CMC). As etapas de dispersão, sulfetização e flotação de willemita foram investigadas. Esse trabalho foi desenvolvido em escala de laboratório e apresentou, entre outros resultados, um bom desempenho da carboximetilcelulose e amido como depressores da ganga dolomítica na flotação do minério de zinco willemítico.

**Palavras-chave:** Flotação de willemita, depressores, dolomita.

### Abstract

*This research addressed the effects of depressants on willemite flotation, in order to increase both zinc recovery and selectivity. The reagents were: an amine emulsion (Clariant Flotigan 2835-2L), diesel oil and MIBIC in the proportions of 1.0, 0.16 and 0.4 as the collector and frother; a sodium sulfide and sodium carbonate solution as the activator and pH modifier, respectively; sodium silicate as the dispersant agent; and as the depressant: sodium silicate, dextrin, potassium dichromate, tannin starch and carboxymethylcellulose (CMC). The steps of dispersion, sulfidization and willemite flotation were investigated. This work was conducted on laboratory scale and showed, among other findings, that a good performance could be obtained using carboxymethylcellulose and starch as a dolomitic gangue depressant in the flotation of willemite zinc ore.*

**Keywords:** Willemite flotation, depressants, dolomite.

### 1. Introdução

Os principais minerais de zinco encontrados em depósitos brasileiros são willemita, esfalerita e hemimorfita. As reservas, em sua maioria, são de minerais de zinco oxidados, compostos de silicatos e carbonatos, friáveis, com alta porcentagem de finos e lamas, o que dificulta sua concentração.

O concentrador de Vazante - MG trata minérios de zinco do tipo oxidado (os principais minerais-minério são

willemita, hemimorfita e smithsonita e os principais minerais de ganga são a dolomita, o quartzo e a hematita). O processo de beneficiamento consiste nas operações de britagem, moagem e flotação. A preparação desse material para a flotação envolve as etapas de dispersão dos sólidos, sulfetização, adição do coletor e dos agentes espumantes. A importância dos depósitos de minérios oxidados de zinco de Vazante chamou a atenção de pesquisadores bra-

sileiros nas décadas de 70, 80 e primeira metade de 90. Muitos trabalhos, como os Salum et al. (1992), Borges (1993), Viana (1981), Viana e Peres (1982), Baltar (1980) e Galéry (1985), confirmaram a relevância da sulfetização e da dispersão.

Atualmente, na flotação do minério willemítico de Vazante, são usados os seguintes reagentes: sulfeto de sódio 1400g/t (produto do petróleo ativador), metilisobutilcarbinol (MIBIC) 50g/t (álcool, espumante), silicato de sódio 300g/t (dispersante) e dodecilamina 250g/t (coletor). Depressores não são empregados, porém a aplicação deles poderia melhorar a seletividade da flotação, já que esse minério de zinco se encontra associado a óxidos de ferro e carbonato de cálcio e magnésio, indesejáveis ao produto.

Segundo Salum et al. (1992), a depressão da ganga é requerida devido

à resposta similar dos minerais de zinco e aqueles de ganga na flotação catiônica. Ensaios de microflotação em amostras de calcita, apatita e dolomita "puras" foram executados por Luvizotto e Lima (2003), sendo testados vários reagentes para a depressão dos minerais calcita e dolomita, tais como amido de milho, silicato de sódio, fosfato de sódio e tartarato de sódio e potássio. O amido de milho mostrou-se o mais eficiente. Vale lembrar que o amido de milho também contribui na depressão de óxidos de ferro na flotação de minério de ferro e fosfato (Guimarães et al., 2005). Zheng e Smith (1997), na flotação de apatita, e Pereira (2004), na flotação de calamina não deslamada, demonstraram o bom desempenho da CMC na depressão de dolomita. Na flotação de calamina, Pereira e Peres (2005) estudaram a ação dos depressores amido de milho, carbo-

ximetilcelulose (CMC), silicato de sódio e dicromato de potássio para a depressão de dolomita e concluíram que CMC e silicato de sódio foram mais efetivos.

O presente trabalho tem como objetivo investigar o processo de flotação do minério oxidado de zinco da unidade da Votorantim Metais em Vazante, testando diversos reagentes depressores para os minerais de ganga, principalmente a dolomita. Grande parte da tecnologia desenvolvida para o beneficiamento de minérios de zinco é voltada para os minérios sulfetados. Por isso se faz necessário buscar melhorias no desempenho da concentração de minérios oxidados, almejando incrementar a recuperação metalúrgica do zinco e diminuir o consumo de reagentes, principalmente ácido sulfúrico, na metallurgia, em razão da presença do Ca e Mg no concentrado do minério.

## 2. Materiais e métodos

As amostras de willemita estudadas são provenientes da alimentação da flotação do concentrador da Votorantim Metais de Vazante e foram coletadas e enviadas pela própria empresa. Os trabalhos de laboratório foram realizados nas instalações do Departamento de Engenharia de Minas da UFOP.

A composição química das amostras, obtida por espectrometria de fluorescência de raios X e realizada pelo Laboratório

da Unidade de Vazante da Votorantim, está descrita na Tabela 1 e a distribuição granulométrica é apresentada na Figura 1. A análise granulométrica foi realizada pelo método do peneiramento combinado, com o desbaste em uma peneira de 400 mesh (38 $\mu\text{m}$ ). Por meio da Figura 1, pode-se determinar o  $d_{50}$  do minério em 110 $\mu\text{m}$ .

Os depressores testados foram silicato de sódio (300g/t), dextrina (1200g/t), dicromato de potássio (40g/t), tanino

(100g/t), amido (1000g/t) e carboximetilcelulose (100g/t). As concentrações foram predeterminadas a partir de revisão bibliográfica e testes preliminares. Foi testada, também, uma mistura de silicato de sódio e poliacrilato (300g/t). Foi empregado, como agente ativador e modificador de pH, o sulfeto de sódio a uma dosagem de 700g/t, sendo que a solução foi preparada a uma concentração de 4,9% (50% do sulfeto quimicamente ativo). Assim, o

Amostra	Zn%	Fé%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO%	MgO%	SiO <sub>2</sub> %	Pb%	S%
A1	17.20	6.42	1.14	14.03	10.55	11.94	0.55	0.03
A2	17.31	6.42	1.13	14.28	11.03	12.27	0.56	0.03
A3	16.46	6.24	1.10	13.31	9.29	11.01	0.53	0.03
A4	17.20	6.36	1.14	14.20	10.96	12.10	0.55	0.03
A5	16.98	6.38	1.17	13.84	10.46	11.84	0.55	0.03
A6	17.36	6.53	1.17	14.25	11.28	12.71	0.55	0.03
<b>Teor médio</b>	<b>17.09</b>	<b>6.39</b>	<b>1.14</b>	<b>13.99</b>	<b>10.60</b>	<b>11.98</b>	<b>0.55</b>	<b>0.03</b>

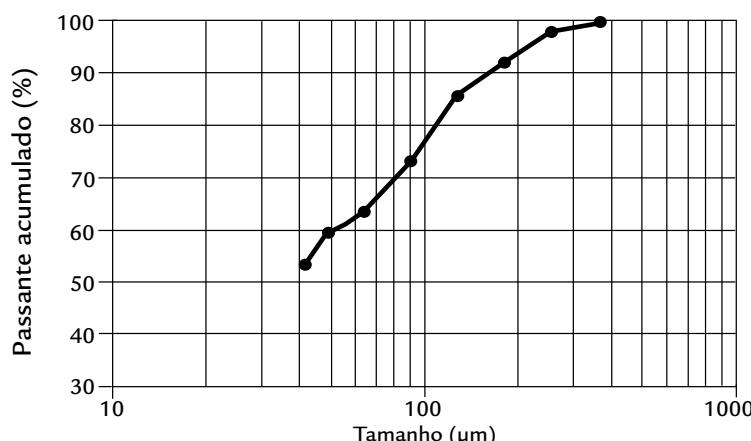


Tabela 1  
Análise química das amostras de willemita.

Figura 1  
Análise granulométrica do minério willemítico.

pH se manteve numa faixa de 10,5 a 12. Como agente coletor e espumante, foi utilizada uma emulsão de amina, óleo diesel e MIBIC, nas proporções mássicas 1,0; 0,16 e 0,4, respectivamente, com uma dosagem de 125g/t. Segundo Pereira (2004), a emulsão de amina/diesel/MIBIC, nessa proporção, foi efetiva, sendo que, à medida que se aumenta a concentração da emulsão, perde-se em seletividade. Ele concluiu, também, que a concentração ótima situa-se entre 500 e 700g/t.

Os ensaios de flotação foram realizados em célula mecânica CFB-100-EEPNA da CDC, do laboratório de

tratamento de minérios do Departamento de Engenharia de Minas da UFOP, sendo que as amostras eram de 1000g e que os condicionamentos nesses ensaios foram realizados com aproximadamente 30% de sólidos e com 1000 rpm, conforme o seguinte procedimento:

I. Adição de depressor, condicionamento por 2 minutos e determinação do pH.

II. Adição de sulfeto de sódio, condicionamento por 3 minutos e determinação do pH.

III. Adição da emulsão e condicionamento por 2 minutos.

IV. Flotação por 2 minutos com coleta de afundado e flotado.

V. Repetição da seqüência por mais duas vezes com nova adição de emulsão e sulfeto sódio, só que, desta vez, com a metade da concentração inicial desses obtendo-se três concentrados.

Foi realizado um peneiramento a úmido seguido de análise granuloquímica com os três concentrados e rejeito do teste, no qual utilizou-se tanino como depressor. Desse modo, foi possível saber em qual faixa granulométrica a willemita estava sendo perdida e, também, em qual faixa estava sendo recuperada mais dolomita.

### 3. Resultados e discussões

É importante ressaltar que as concentrações utilizadas de sulfeto e amina nos testes realizados em bancada, são, respectivamente, 700 e 125 g/t, ou seja, a metade da concentração utilizada no processo industrial de flotação, no qual a recuperação conseguida é em torno de 87%. A Figura 2 e a Tabela 2 mostraram que a não utilização do depressor (SD) na flotação direta de zinco levou a baixos teores, recuperação de zinco de 81,09% e

grande recuperação de ganga dolomítica para o concentrado. Dessa forma, a introdução de depressores de dolomita reduziu os teores de óxidos de cálcio e de magnésio no concentrado, prejudiciais ao processo hidrometalúrgico do zinco.

Entre os demais depressores testados, carboximetilcelulose e amido apresentaram recuperações de 84,14% e 85,68%, respectivamente, classificando-se entre os menores valores obtidos. Entretanto, em

relação a teor de Zn, no concentrado e seletividade, obtiveram-se os resultados mais expressivos, com uma menor quantidade de ganga (dolomita) no concentrado. Da mesma forma, Silva (2006), também em testes de depressão de dolomita em minério willemítico, evidenciou a seletividade da CMC. Esse depressor levou a uma menor distribuição de CaO no concentrado do que a cal, apesar de a última ter sido mais efetiva que a CMC.

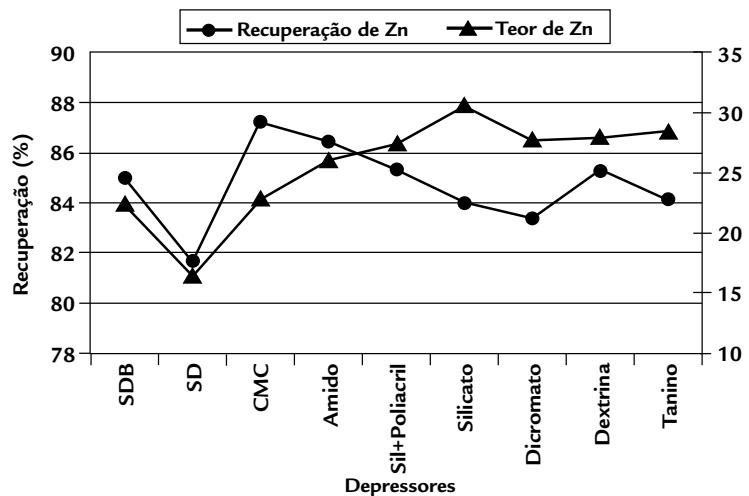


Figura 2  
Teste sem depressor (SD) e sem depressor com barrilha (SDB) e performance de CMC, amido, silicato+poliacrilato (sil+poliacril), silicato de sódio, dicromato de potássio, dextrina e tanino como depressores de ganga na flotação de willemita.

Depressores	Recuperação de Mg no concentrado (%)
SD	60.1
SDB	42.8
CMC	25.4
Tanino	43.5
Dicromato	67.2
Amido	33.3
Silicato	56.0
Silicato+poliacrilato	41.0
Dextrin	55.3

Tabela 2  
Recuperação de Mg (%) nos testes sem depressores (SD), sem depressores com barrilha (SDB) e com depressores.

Segundo a revisão da literatura feita por Baltar (1980), o dicromato foi identificado como um dos melhores depressores de ganga dolomítica, porém os testes realizados demonstraram que o dicromato de potássio apresentou uma ótima recuperação de zinco e baixos teores, com uma considerável distribuição de dolomita para o concentrado (67,2%), evidenciando sua baixa seletividade.

Pereira (2004), a partir de testes com a calamina, observou que o poliacrilato de sódio, o qual atua aumentando e mantendo a carga negativa da dupla camada elétrica, acarretou um aumento na dispersão da lama, porém menos acentuada que a causada pelo hexametafosfato de sódio. Afirmou também que os polímeros acrilato de baixo peso molecular, quando utilizados como modificadores para minérios associados principalmente a ganga dolomítica, apresentam maior recuperação metálica, melhor seletividade, menor perda de finos e diminuição no

consumo de modificadores. Nos testes realizados com a willemita, a adição de poliacrilato ao silicato de sódio significou um ganho em teor de Zn, que aumentou em 2,5% em relação ao teste com silicato apenas. Em relação à recuperação, o valor caiu 1,48%, de 87,84% nos testes com silicato para 86,36% na presença de silicato+poliacrilato.

Nas Figuras 3 e 4, estão apresentadas, respectivamente, as análises granuloquímicas do concentrado e do rejeito da flotação realizada com o depressor tanino. Por meio da Figura 3, é possível ver, claramente, que os teores de MgO e CaO são inversamente proporcionais aos teores de Zn no concentrado, ou seja, sempre que há maior recuperação de willemita recupera-se menos dolomita. Desta forma, confirma-se mais uma vez a necessidade da depressão da ganga dolomítica. Os teores de MgO e CaO em granulometrias muito finas (abaixo de 38 $\mu\text{m}$ ) são muito altos, enquanto o de Zn é baixo. Observa-se que

a presença de dolomita cai com o aumento do tamanho das partículas, enquanto o Zn alcança seu teor máximo nas partículas de tamanho médio 128 $\mu\text{m}$ .

No rejeito (Figura 4), os teores de dolomita são elevados, mas, ainda assim, há uma grande perda de Zn (3,27%) da amostra total. As maiores perdas ocorrem no material abaixo de 38 $\mu\text{m}$  e acima de 295 $\mu\text{m}$ . Provavelmente, a perda nas partículas finas deve-se à falta de seletividade nessa faixa devido ao fenômeno de “slimes coating”, sendo as partículas maiores recobertas pelos finos ou lamas, causados pela presença de ganga dolomítica e ferruginosa na polpa. Já a perda nas partículas grossas, as quais representam apenas 2,7% do material, deve-se ao fato de a willemita não estar liberada nessa faixa. Devido à pequena quantidade de partículas maiores que 295 $\mu\text{m}$ , não foi possível fazer a análise completa dessa faixa, por isso tem-se só o teor de zinco dessa amostra.

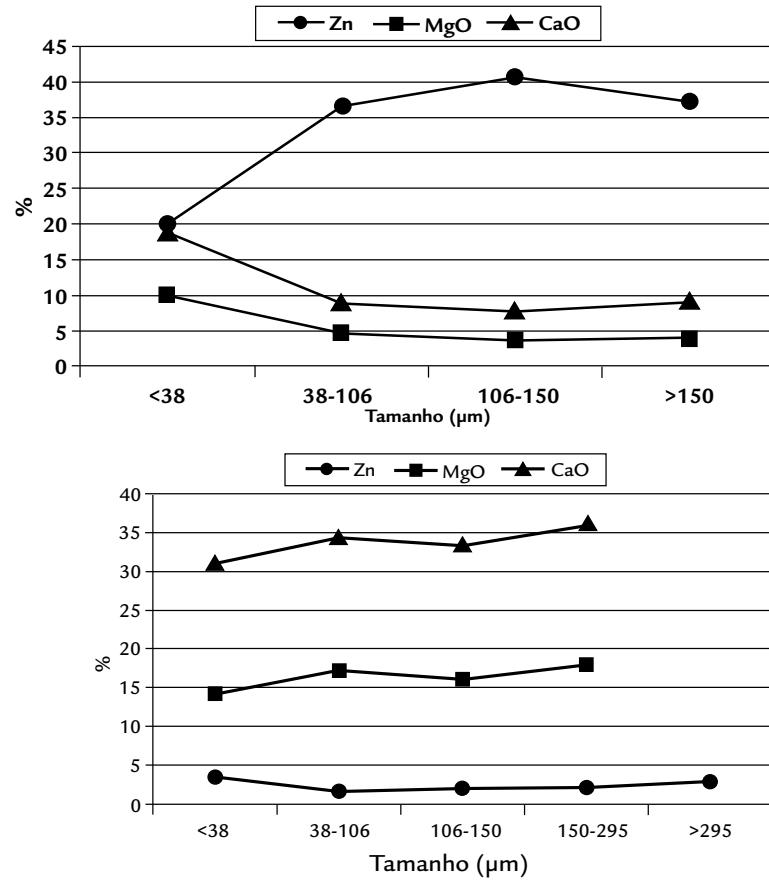


Figura 3  
Análise granuloquímica do concentrado da flotação com tanino.

Figura 4  
Análise granuloquímica do rejeito da flotação com tanino.

#### 4. Conclusões

Essa investigação mostrou que, entre os reagentes com efeitos depressores de ganga presente em minério willemítico, o amido e o silicato de sódio associado ao

poliacrilato de sódio e à carboximetilcelulose (CMC) apresentaram as maiores reduções de teores dos contaminantes, óxidos de cálcio e de magnésio, no con-

centrado. Com o uso de CMC e do amido, foram obtidos concentrados mais ricos, com os maiores teores de Zn, ou seja, esses depressores mostraram-se os mais

seletivos. Com o dicromato de potássio, observou-se uma boa recuperação de

zinco, entretanto com baixos teores e seletividade. A adição de poliacrilato ao

silicato de sódio significou um ganho em teor de Zn para o concentrado.

## 5. Referências bibliográficas

- BALTAR, C. A. M., VILLAS BOAS, R. C. Flotação de minério oxidado de zinco. *Série Técnica Mineral*, CETEM, 1980. 27 p.
- BORGES, A. A. M. *Influência do estado de dispersão na flotabilidade de minério oxidado de zinco*. UFMG: 1993. 189 p. (Dissertação de mestrado).
- GALÉRY, R. *Influência do estado de dispersão na flutuabilidade do sistema willemita/dolomita*. UFMG: 1985. (Dissertação de Mestrado).
- GUIMARÃES, R. C., ARAUJO, A. C., PERES, A. E. C. Reagents in igneous phosphate ore flotation. *Minerals Engineering*, v. 18, p. 199-204, 2005.
- LUVIZOTTO, G. R., LIMA, R. M. *Estudo da flotabilidade da apatita, calcita e dolomita visando a uma maior seletividade na flotação de fosfatos carbonatados*. UFOP: 2003. (Relatório Final PIP).
- PEREIRA, C. A. Estudo da dispersão e concentração da lama de minério oxidado de zinco. UFMG: 2004. 162p. (Tese de doutorado).
- PEREIRA, C. A., PERES A. E. C. Reagents in oxidised zinc ores flotation. *Minerals Engineering*, v. 18, p. 275 a 277, 2005.
- PERES, A. E. C., GALERY, R. *Investigação visando à redução do teor de dolomita no minério de zinco*. UFMG/FCO/CMM, 1981.
- SALUM, M. J. G., ARAUJO, A. C., PERES, A. E. C. The role of sodium sulphide in amino flotation of silicate zinc minerals. *Minerals Engineering*, v.5, p. 411-419, 1992.
- SILVA, T. A. V. *Estudo de reagentes na flotação de minério de zinco*. UFOP: 2006. 109p. (Dissertação de mestrado).
- VIANA, P. R. M. *Estudo da interação entre a dolomita e reagentes de flotação*. UFMG: 1981. (Dissertação de mestrado).
- VIANA, P. R. M., PERES, A. E. C. Estudo da flutuabilidade da dolomita. In: ENCONTRO DO HEMISFÉRIO SUL SOBRE TECNOLOGIA MINERAL, 1. *Anais...* Rio de Janeiro, p. 194-203, 1982.
- ZHENG, X., SMITH, R. W. Dolomite depressants in the flotation of the apatite and cellophane from dolomite. *Minerals Engineering*, v. 10, n. 5, p.537-545, 1997.

---

Artigo recebido em 17 de abril de 2010. Aprovado em 19 de julho de 2010.