



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO

Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto

Departamento de Engenharia de Minas

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral – PPGEM

---

## ***ESTUDO DE REAGENTES NA FLOTAÇÃO DE MINÉRIO DE ZINCO***

Autor: **TIAGO ALVARENGA VITORINO DA SILVA**

Orientador: **Prof. Dr. CARLOS ALBERTO PEREIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Minas.

Área de concentração: **Tratamento de Minérios**

Ouro Preto, dezembro de 2006

S586e Silva, Tiago Alvarenga Vitorino da.  
Estudo de reagentes na flotação de minério de zinco [manuscrito] / Tiago Alvarenga Vitorino da Silva – 2009.

ix, 109 f.: il.; grafs.; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Pereira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Minas. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mineral.

Área de concentração: Tratamento de minérios.

1. Minérios - Teses. 2. Zinco - Teses. 3. Flotação - Teses. I. Universidade Federal de Ouro Preto. II. Título.

CDU: 622.765.061

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que contribuíram para realização deste trabalho, em especial a:

- Ao professor Carlos Alberto Pereira pela orientação, amizade e compreensão.
- Ao Carlos Magno por todo o apoio.
- A Marly, Marcel e Alex pelo apoio e dedicação na realização dos ensaios.
- À Votorantim Metais pela concessão das amostras, análise dos resultados e apoio.
- Ao Departamento de Engenharia de Minas da UFOP por ter disponibilizado o laboratório e equipamentos necessários aos ensaios.
- Aos familiares e amigos pelos incentivos.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO II – OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO III – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Histórico e Aplicação do Zinco.....	4
3.2 Produção de Zinco no Brasil.....	4
3.3 Flotação de Minérios Oxidados de Zinco.....	6
3.4 Minérios Oxidados de Zinco de Vazante.....	8
3.5 Solubilidade dos minerais em água.....	12
3.6 Dupla Camada Elétrica e Potencial Zeta.....	15
3.7 Variáveis físicas do Processo de Flotação.....	17
3.7.1 Tempo de Flotação, Aeração e Agitação das células.....	17
3.7.2 Efeito da Temperatura.....	18
3.7.3 Efeito da Qualidade da água.....	20
3.7.4 Influência da Presença de Lamas.....	23
3.8 Etapas do Processo de Flotação.....	23
3.8.1 Dispersão.....	24
3.8.2 Ativação, Efeito da Oxidação e Sulfetização.....	27
3.8.2.1 Técnicas de sulfetização.....	32
3.8.3 Depressão.....	34
3.9 Agentes Coletores.....	36
3.9.1 Coletores Catiônicos.....	36
3.9.2 Agentes Quelantes na Flotação de Minérios Oxidados de Zinco.....	37
3.9.3 Emulsão.....	39
3.10 Agentes Espumantes.....	41
3.11 Separação Magnética.....	42
CAPÍTULO IV – METODOLOGIA.....	44
4.1 Planejamento fatorial dos experimentos.....	44

4.2 Ensaio de flotação do minério de willemita .....	46
CAPÍTULO V – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	48
5.1 Planejamento fatorial dos experimentos .....	48
5.2 Ensaio com depressores de dolomita .....	50
5.3 Estudo de Emulsões.....	53
5.3.1 Comparação dos coletores amina e emulsão .....	53
5.3.2 Estudo de aminas emulsificadas com óleos naturais .....	54
5.4 Aplicação de amidaminas .....	55
CONCLUSÕES .....	58
RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS .....	59
SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
APÊNDICES .....	69

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Consumo mundial per capita de zinco metálico (Jolly, 1997). .....	2
Figura 3.1: Recuperação da hemimorfita e willemita como uma função do pH (concentração de amina = $1 \times 10^{-5}$ M) (Salum, 1982). .....	11
Figura 3.2: Recuperação da willemita como função do pH na presença de NaOH e Na <sub>2</sub> S.9H <sub>2</sub> O (concentração de amina $1 \times 10^{-5}$ M) (Salum, 1982). .....	12
Figura 3.3 Dissolução de (a) smithsonita e (b) willemita em diferentes valores de pH em função do tempo (Bustamante e Shergold, 1983).....	14
Figura 3.4: Dissolução de smithsonita sulfetizada em diferentes valores de pH em função do tempo (valor final de pH depois de 10 dias) (Bustamante e Shergold, 1983). .....	14
Figura 3.5: Mobilidade eletroforética de hemimorfita, smithsonita e willemita como função do pH: (a) sem sulfetização; (b) com sulfetização (Bustamante e Shergold, 1983). .....	16
Figura 3.6: Mobilidade eletroforética da hemimorfita de Vazante na presença de 0,26g/L de silicato, dispersol, hexametáfosfato, sem reagente e como eletrólito suporte NaCl a 3 molar – equipamento Micromeritics (Pereira, 2004). .....	17
Figura 3.7: Influência da aeração na recuperação de zinco (Baltar e Villas Boas, 1980). .....	18
Figura 3.8: Gráfico da temperatura em função das variáveis teor zinco no concentrado, recuperação metalúrgica e recuperação em massa (Moreira et alii, 2005). .....	20
Figura 3.9: Efeito da concentração do reagente dispersante na flotação de calamina (Pereira, 2004). .....	25
Figura 3.10: Curvas de dispersão de willemita e dolomita com os dispersantes cataflot, hexametáfosfato e silicato de sódio como uma função do pH (Galery et alii, 1985). ....	27
Figura 3.11: Ionização de soluções de sulfeto de sódio (Crozier, 1992). .....	30
Figura 3.12: Valores de potencial de sulfetização (Es), pH e concentração de oxigênio durante sulfetização com potencial controlado em três estágios, seguido pela flotação de minerais oxidados de chumbo e zinco (Jones and Woodcock, 1979). .....	33
Figura 3.13: Avaliação de depressores na concentração de 40/t para flotação de minério com calamina deslamado (Pereira, 2004). .....	36
Figura 3.14: Estrutura molecular de coletores aminotiofenóis usados para testes de flotação (Barbaro e Piga, 1998).....	39

Figura 4.1: Fotos da célula de flotação CIMAG .....	47
Figura 5.1: Resultados de flotação da willemita, comparando a performance dos depressores cal e CMC.....	52
Figura 5.2: Comparação de amina emulsificada com a amina não emulsificada.....	53
Figura 5.3: Emulsão de amina com óleos naturais e MIBIC na proporção de 1:0,16:0,4. .....	55
Figura 5.4: Resultados da aplicação de amidaminas na flotação do minério de zinco, comparando-as com amina emulsificada com óleo diesel e amina não emulsificada. ....	57

**LISTA DE TABELAS**

Tabela III.1: Testes de flotação com minério oxidado de zinco de vazante, variando a temperatura da polpa (Baltar e Villas Boas, 1980).....	19
Tabela III.2: Resultados de flotação (estágio rougher) com o uso de águas de diferentes composições iônicas (Caproni et alii, 1979) .....	21
Tabela III.3: Escala de dureza da água .....	22
Tabela III.4: Composição de águas primárias disponíveis na mina de San Giovanni (1951–1959) .....	22
Tabela III.5: Resultados obtidos com diferentes tipos de água (Baltar e Villas Boas, 1980) .....	22
Tabela III.6: Resultados de flotação do minério de calamina, variando a proporção de barrilha (Pereira, 2004). .....	32
Tabela III.7: Efeito da separação do material magnético do minério com calamina sobre a flotação (Pereira, 2004) .....	42
Tabela IV.1: Variáveis e níveis escolhidos para planejamento fatorial.....	44
Tabela IV.2: Experimentos do Planejamento Fatorial.....	46
Tabela V.1: Resultados do planejamento fatorial através do algoritmo de Yates.....	48
Tabela V.2: Descrição dos reagentes utilizados nos testes de flotação com a depressor cal.....	52
Tabela V.3: Descrição dos reagentes utilizados nos testes de flotação com os coletores amina e emulsão .....	53
Tabela V.4: Descrição dos reagentes utilizados nos testes de flotação com os coletores amidamina, amina emulsificada e não emulsificada .....	56



## RESUMO

Após a segunda guerra mundial houve um aumento considerável na produção e consumo de zinco. Assim, intensificou-se o desenvolvimento tecnológico para a concentração do minério de zinco, principalmente, nos países europeus. Atualmente a produção de zinco se dá a partir de minérios sulfetados e com a exaustão dos minérios silicatos nos países europeus reduziram-se significativamente os estudos de desenvolvimento tecnológico para esse minério.

O mercado interno está consumindo mais zinco a cada ano que passa e a Votorantim Metais, única empresa no Brasil produtora de zinco, está buscando aumentar sua produção para suportar esta demanda. Esta investigação visou contribuir com esse aumento, através da aplicação de novos sistemas de reagentes na flotação, em etapas de depressão de gangas, dispersão, sulfetização e flotação do zinco.

No primeiro sistema de reagentes testados investigou-se a ação dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão de amina/óleo diesel/MIBIC, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, usando ferramentas estatísticas do planejamento fatorial que permitiram avaliar a interação entre esses reagentes. Os resultados obtidos mostraram que a amina emulsificada apresentou excelentes resultados quando se interagiu com o silicato de sódio ou hexametáfosfato de sódio, permitindo flotar esse minério a uma concentração de sulfeto de sódio muito mais baixa.

Nos testes com depressores de dolomita a cal apresentou bons resultados de recuperação mesmo quando não se utilizou o dispersante. Dos óleos vegetais estudados se destacaram a mamona e o coco de babaçu, porém os resultados de recuperação foram inferiores ao óleo diesel. Das duas amidaminas testadas, ambas atingiram resultados piores que a amina.

## ABSTRACT

After the Second World War there was a considerable increase in the zinc production and consumption. Therefore, the technological development for the concentration of zinc ore was intensified, mainly, in the European countries. At present the zinc production comes from sulfide ores and as the European reserves of silicate ores are exhausted, the technological development for this type of ore had been significantly reduced.

Zinc consumption in the domestic market increases every year and Votorantim Metais, only company producing zinc in Brazil, plans to raise its production to support this increasing demand. This study intends to contribute for this expansion through the application of new reagent systems in flotation, at the stages of gangue depression, dispersion, sulfidization and zinc flotation.

In the first reagent system tested were investigated the performance of the sodium sulfide, amine emulsion/diesel oil/MIBIC, sodium silicate and sodium hexametaphosphate, applying statistical tools from the factorial planning that allows to evaluate the reagents interactions. The results obtained reveal that the amine emulsion showed excellent results when interacted with the sodium silicate or the sodium hexametaphosphate, enabling to float the ore in a lower concentration of sodium sulfide.

In the tests with the dolomite depressors the lime presented good recovery results even when was not used the dispersants. The relevant vegetal oils studied are the “mamona” and “babaçu coconut”, however the results of recuperation were lower to the diesel oil. And both amidamines tested reached worst results than the amine.

## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

Os depósitos de zinco estão dispersos por todo o mundo, sendo muito comum encontrá-los associados ao ferro. Esses depósitos situam-se no Canadá (Columbia Britânica), EUA (Utah, Colorado e Idaho), Peru (Mina Cerro de Pasco) e Austrália (Broken Hill) e tem a marmatita como mineral minério. Outro mineral de zinco, igualmente importante, é a esfalerita (ZnS), sendo os maiores produtores de concentrados de zinco a partir deste mineral minério, Canadá (Ontário e Quebec), os EUA (Missouri), o Peru (Andes Centrais) e o Japão. A willemita e a calamina, são minerais silicatados de zinco, que também contribuem com a produção do metal, sendo o Brasil o maior produtor.

A produção mundial de zinco chegou a 10,1 milhões de toneladas em 2005, sendo os maiores produtores mundiais de concentrado de zinco a China, a Austrália, o Canadá e o Peru. No Brasil a Votorantim Metais - Zinco produziu 171 mil toneladas de zinco contido no ano de 2005, sendo líder mundial na produção de zinco a partir de minério silicatado. A unidade de Vazante contribui com 134 mil toneladas, mostrando um crescimento de quase 17% ao ano a partir de 2000 (Neves, 2006).

Com o fim da segunda guerra mundial houve um aumento considerável no consumo de zinco, levando ao desenvolvimento de novas técnicas para o aproveitamento desse metal a partir do minério oxidado, destacando-se o início de operação da planta de flotação de calamina nas minas de San Giovanni e Buggeru (Itália, 1950). A figura 1.1 mostra a evolução do consumo per capita de zinco metálico no mundo, no período de 1800 a 2000 (Jolly, 1997). Em 2005 o consumo per capita de zinco metálico chegou a 1,6Kg, mostrando um crescimento médio de 5,8% ao ano a partir de 2000.

O mercado interno brasileiro consome atualmente mais de 220 mil toneladas de zinco de alta pureza. Considerando que esse mercado cresce de maneira espontânea a taxas de 5% ao ano e que pode haver saltos significativos nos próximos anos e ainda que o Brasil consome cerca de 1Kg *per capita* de zinco enquanto países como Estados Unidos e Japão ostentam cerca de 7Kg *per capita*, torna-se imprescindível o desenvolvimento de novas técnicas e/ou processos para aumentar a produção do metal. Parte desse aumento poderá ser obtida através do aumento na recuperação de zinco.

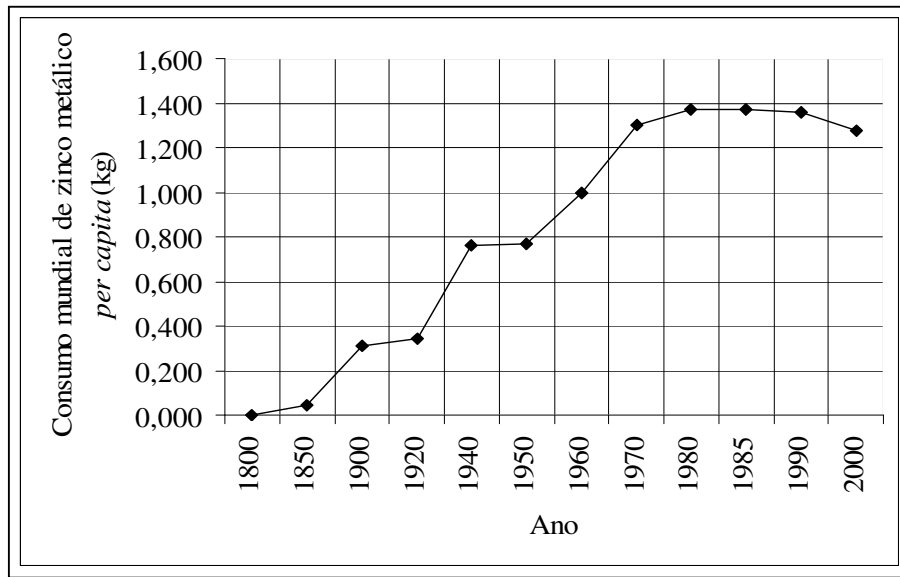


Figura 1.1: Consumo mundial per capita de zinco metálico (Jolly, 1997).

Assim, este projeto de pesquisa visou melhorar a recuperação da willemita, no processo de concentração na unidade da Votorantim Metais em Vazante, através da aplicação de novos sistemas de reagentes e otimização do processo de flotação. Os trabalhos de pesquisa compreenderam estudos, em escala de laboratório, das etapas de dispersão, sulfetização e flotação de willemita.

Na flotação estudou-se o emprego de novos coletores catiônicos, emulsões de óleos neutros e a utilização de reagentes depressores dos óxidos de cálcio, magnésio e ferro.

## CAPÍTULO II – OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi buscar aumentar a seletividade e recuperação da flotação de willemita, através do estudo dos sistemas de reagentes, com o apoio sistematizado de ferramentas estatísticas. Os seguintes aspectos principais foram abordados:

- i. avaliar o efeito das emulsões de óleos vegetais e diesel;
- ii. avaliar o efeito de depressores para redução de CaO e MgO no concentrado;
- iii. avaliar o efeito de dispersantes e novos coletores como amidamina.

## CAPÍTULO III – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Histórico e Aplicação do Zinco

O zinco foi usado pelos romanos e chineses como componente do latão, há cerca de 2000 anos, antes de ser isolado, porém, já há 400 a.C., Aristóteles mencionou uma liga de zinco “Mossinoecian”, obtida a partir de material das margens do Mar Negro e há 110 a.C. foi encontrada uma ânfora grega em Caria, contendo 20,7% de Zn. O termo "Zink" foi usado pela primeira vez por Löhneyes, em 1697. Segundo Jolly (1997), no século XVIII foi construída uma fundição de zinco em Bristol, na Inglaterra, sendo patenteado em 1758, o processo de obtenção de zinco a partir de blenda e sulfeto de zinco, que é à base do atual processo de destilação para obter o elemento. Existe também o processo eletrolítico de obtenção de zinco, que foi introduzido em 1916 nos EUA.

O zinco metálico é usado na produção de ligas ou na galvanização (eletrodeposição de uma fina película de zinco sobre as peças a proteger) de estruturas de aço. O zinco pode também ser um aditivo de certas borrachas e tintas. Uma das ligas mais importantes de zinco é o bronze (zinco + cobre). O zinco pode ainda ser utilizado como eletrodo nas pilhas secas.

Os principais compostos de zinco são os óxidos (ZnO), utilizados nas indústrias cerâmicas e das borrachas e ainda no fabrico de tintas. O sulfato de zinco (ZnSO<sub>4</sub>) tem aplicação na indústria têxtil e no enriquecimento de solos pobres em zinco. O cloreto de zinco é usado para preservar madeiras, bem como desodorizante em diversos fluidos. Este composto pode também ser usado em pilhas secas e tintas.

O zinco desempenha um papel vital no desenvolvimento animal. Uma dieta rica em zinco diminui o risco de hemorragias e melhora a cicatrização das feridas. Na agricultura, o zinco, é usado como suplemento nutritivo para promover o crescimento das plantas.

### 3.2 Produção de Zinco no Brasil

A Votorantim Metais, fundada em 1956, iniciou sua produção em 1969, com 5 mil t/ano de zinco metálico. Atualmente, explora as duas minas de zinco do país, a mina de

Vazante (minério oxidado) e a de Morro Agudo (minério sulfetado), ambas situadas no estado de Minas Gerais.

Levando-se em conta que o zinco é obtido principalmente a partir de minério sulfetado, sendo os depósitos de sulfetos mais comuns, tem-se que toda a tecnologia mundial de extração do zinco é voltada para eles. Assim, foi necessário o desenvolvimento de um processo nacional para o beneficiamento desse minério, composto principalmente dos minerais silicatados de zinco, calamina e willemita. A Cia. Ingá utilizou o processo desenvolvido pelo químico Hugo Radino, criador do processo hidrometalúrgico para a calamina (Barone, 1973). Atualmente, a Votorantim Metais opera duas linhas: uma de ustulação de sulfeto de zinco; e outra hidrometalúrgica, que opera com o silicato de zinco, sendo esta tecnologia desenvolvida pela própria empresa.

A mina de Vazante, com reserva medida de 2 milhões de toneladas de zinco contido iniciou sua produção em meados da década de 60 e é a maior jazida de minério de zinco do Brasil. A Votorantim Metais explora os minérios de willemita e de calamina em 2 minas, uma subterrânea e a outra a céu aberto, respectivamente. Os minérios de willemita e calamina são extraídos e tratados em plantas de concentração por meio do processo de britagem, moagem e flotação, resultando em um concentrado silicatado que alimenta a planta hidrometalúrgica, (Reis, 2001). Sendo que o processo de flotação envolve etapas de dispersão dos sólidos, sulfetização e adição do coletor e dos agentes espumantes (Rey et alii, 1962).

A Mina de Morro Agudo, em Paracatu, dispõe de reservas equivalentes a 600 mil toneladas e destina sua produção de sulfeto de zinco para a unidade metalúrgica. Morro Agudo também produz concentrado de chumbo e calcário agrícola.

A unidade metalúrgica de Três Marias, em operação desde 1969, recebe os dois concentrados silicatado e sulfetado, além de um concentrado sulfetado importado do Peru. A unidade metalúrgica produz zinco metálico em lingotes, ligas metálicas, óxido de zinco, ácido sulfúrico e matérias-primas para a indústria de micro-nutrientes (Reis, 2001).

### 3.3 Flotação de Minérios Oxidados de Zinco

No passado, os minerais de zinco eram processados por concentração gravítica, meio denso e forno Waelz. Com a diminuição do conteúdo de zinco e aumento da quantidade de finos no minério, além do alto custo operacional do forno Waelz, tornou-se inviável a utilização desses processos. Diversos pesquisadores desenvolveram estudos envolvendo o melhor caminho para concentrar os minerais de zinco. Dentre os vários estudos realizados com minérios oxidados de zinco, a flotação provou ser o processo mais eficiente.

Os processos gravíticos usados para concentrar minérios oxidados de zinco apresentam recuperações e seletividade baixa. Além disso, não são adequados para tratar minérios oxidados de Zn baixo teores e requerem uma deslamagem rigorosa. A flotação é o processo mais indicado para tratar esse tipo de minério, pois é economicamente viável e possibilita o descarte de uma quantidade de massa menor na deslamagem. A concentração de minérios de zinco de baixo teor por flotação permite melhor aproveitamento e um aumento das reservas desses minérios (Borges e Peres, 1993).

Várias linhas de flotação de minérios oxidados de zinco foram pesquisadas por diversos autores, tais como:

- i. flotação com coletores aniônicos;
- ii. mercaptans (6 a 7 carbonos), xantatos de cadeias mais longas, ácidos graxos e ditiocarbamatos;
- iii. flotação da ganga ou de alguns minerais componentes da ganga com coletores diversos;
- iv. flotação catiônica com sulfetização prévia.

Segundo a maioria dos pesquisadores, a flotação catiônica com sulfetização prévia, usando como coletor amina primária, alquilamina, é a opção mais adequada para concentrar minérios oxidados de zinco. Os reagentes utilizados no início foram xantatos mais poderosos e mercaptans, mais tarde aminas graxas. A sulfetização com  $\text{Na}_2\text{S}$  foi considerada necessária. Estas condições tornaram possíveis a flotação de carbonatos e silicatos de zinco (Rey et alii, 1954). Gaudin e Harris (1954) observaram a adsorção de hexil mercaptan na willemita e zincita em água ou em ar, mas foi mostrado por ser ausente no quartzo. Testes de flotação qualitativa em um tubo de Hallimond provaram



que a flotação dos minerais de zinco ocorreu até mesmo quando a quantidade de mercaptan foi equivalente a menos que a monocamada.

Estudos de flotação realizados com minério carbonatado de zinco usando etilxantato de potássio como coletor e sulfidril e íons de cobre como ativadores apontaram a possibilidade de flotar os grãos finos de  $\text{ZnCO}_3$ . Tal enriquecimento requer moagem dos grãos minerais abaixo de  $75\mu\text{m}$ , e uso de consideráveis concentrações de íons ativadores ( $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{HS}^-$ ) e coletor ( $\text{EtX}^-$ ). Além disso, a espessura da camada de  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{HS}^-$  na superfície do mineral alcança o valor de cobertura da monocamada de 40 para obter uma boa flotação (Janusz et alii, 1983).

Rey e Raffinot (1953) mostraram que mercaptans e xantatos com 6 ou mais átomos de carbono na molécula tem um efeito de coleta nos minerais de zinco. Eles concluíram que outros radicais tiveram um efeito similar quando eles foram combinados com ação sulfetizante. Este é o caso de aminas primárias e ditiocarbamatos. Em testes de flotação com minérios de San Giovanni e Buggeru com um acetato de amina primária, prévia deslamagem e sulfetização foram obtidos teores de zinco de 43,38 e 40,9% e recuperações de 80,5 e 82,5 %, respectivamente.

Segundo Billi (1957), na flotação com minério oxidado de zinco de Gorno, usando uma deslamagem inicial e condicionamento da polpa aquecida a  $50^\circ\text{C}$  com sulfeto de sódio e silicato de sódio em pH 11, seguido por flotação a 45% de sólidos com amil xantato de potássio e sulfato de cobre, conseguia-se obter uma recuperação de 76,4%.

Ciccu et alii (1979) alcançaram resultados de 40 % de zinco no concentrado e recuperação de 71,6% com um minério oxidado de zinco de baixo teor (Sardenia), utilizando 100g/t de silicato de sódio, 2500g/t de  $\text{Na}_2\text{S}$  e 120g/t de dodecilamina.

Rey et alii (1954), testaram mais de 50 diferentes tipos de aminas catiônicas. A conclusão foi que sais de amônio quaternário, aminas secundárias e terciárias não têm poder de coleta. Resultados satisfatórios foram obtidos apenas com aminas primárias. Entre estas, as aminas alifáticas foram excelentes, ao passo que as aminas aromáticas tais como anilina, toluidina, xilidina e benxidina não mostraram poder de coleta.

O maior problema relacionado a flotação de minério silicatado de zinco brasileiro é o fenômeno de “slime-coating”, ou seja, recobrimento das partículas maiores pelos finos

ou lamas, causado pela grande presença de lamas dolomíticas na polpa de minério. Esses finos alteram as características de superfície das partículas, além disso, sua grande superfície específica aumenta a reatividade, causando uma elevação considerável no consumo de reagentes (Galery et alii, 1985). Malghan (1986), também chama a atenção para o efeito deletério da presença de lamas, salientando que as mesmas aumentam o consumo de sulfeto de sódio.

Rey et alii (1954) citam que a flotação pode ser realizada na presença de lamas se estas são condicionadas e neutralizadas de forma correta. Isto deve ser feito pelo uso de carbonato de sódio e silicato de sódio, polifosfatos (calgon), e alguns colóides protetores orgânicos, tais como, amido e carboximetilcelulose. Em alguns casos as lamas são tão nocivas que é melhor deslamar o minério antes de flotar. Formanek (1967) opus cit Rey (1979) testou grandes séries de compostos de aminas graxas que diferenciavam no número de átomos de nitrogênio na estrutura e, em certos casos, contendo oxigênio ou enxofre na molécula. Do ponto de vista prático, resultados significativos foram que tioaminas (enxofre) podem ser usadas em valores de pH 8 – 8,5 (economia de sulfeto de sódio) e que amido-aminas (oxigênio) são muito menos sensíveis às lamas que as aminas graxas normais (Rey, 1979).

### **3.4 Minérios Oxidados de Zinco de Vazante**

No passado, o minério de zinco da Votorantim Metais era concentrado através de etapas de britagem, classificação e deslamagem. Pelo fato da baixa quantidade de zinco, o processo teve que ser melhorado usando Jigue, meio denso e um forno Waelz. O processo gravítico ainda deu baixas recuperações para estes tipos de minérios por causa da baixa seletividade. O alto custo operacional do forno Waelz tornou o processo inviável. Esses vários fatores levaram a necessidade de desenvolver novos processos, que fossem mais eficientes na concentração dos mesmos (Borges et alii, 1996).

Também no início de operação da planta de concentração do minério de zinco oxidado, a Masa utilizava processo gravítico, porém, além da queda do conteúdo de zinco, as variações na composição mineralógica e granulometria também dificultaram enormemente o processo gravítico, que passou a utilizar a concentração por flotação. No início das pesquisas com o minério oxidado de zinco da Vazante, Calamina da Masa, Peres e Coelho (1974) utilizaram concentração gravimétrica e flotação, com anterior

separação magnética dos óxidos de ferro. Eles alcançaram resultados satisfatórios (37,7 e 31,9% de Zn nas etapas de mesa vibratória e flotação, respectivamente), utilizando na flotação as seguintes etapas: silicato de sódio como dispersante (5 minutos de tempo de condicionamento); ativador (sulfeto de sódio) e depressor (cataflot P40 e giltex PC) (com 2 minutos de tempo de condicionamento); coletor amina (cataflot DS16) e espumante (óleo de pinho) em 2 minutos de tempo de condicionamento e flotação (tempo de 8 minutos).

Testes de flotação realizados com minérios carbonatados e silicatados de zinco contendo, aproximadamente 24 % de zinco, moído abaixo de 150 $\mu$ m e deslamado abaixo de 44 $\mu$ m. Esse minério era proveniente da região de Vazante, antiga Companhia Mercantil e Industrial Ingá. Conseguiu-se obter um concentrado com 42,5% Zn e uma recuperação de 91% Zn, utilizando: 880g/t de carbonato de sódio; 600g/t de silicato de sódio; 1000g/t de sulfeto de sódio; 46g/t de óleo de pinho e 46g/t de Flotigan PA (tipo de amina da Hoechst) (Constantino, 1975).

Segundo Billi e Quai opus cit Baltar e Villas Boas (1980), dentre os vários coletores testados para flotar minérios oxidados de zinco de Gorno (Itália), as aminas de origem vegetal, obtidas de ácidos graxos foram as que apresentaram os melhores resultados. Eles concluíram que a amina, a partir de gordura animal, devida à excessiva espuma formada não deveriam ser usadas. Dentre as várias aminas testadas de origem vegetal conseguiram-se excelentes resultados com a Armac C (Armour) e o Kokoamin KK (Liljeholmens), aminas derivadas de ácido graxo, obtido a partir de óleo de coco.

Baltar e Villas Boas (1980) experimentaram quatro diferentes linhas de flotação para o minério oxidado de zinco de Vazante. Primeiramente, testou-se uma flotação de xantato com sulfetização prévia, fazendo-se testes com sulfato de cobre como ativador e aquecimento da polpa. Na segunda linha flotaram a ganga com sulfonato de petróleo. Também analisaram a flotação inversa da dolomita com ácidos graxos e na última linha, flotação catiônica precedida de sulfetização, onde foram obtidos os melhores resultados. Nestes testes avaliaram-se 12 diferentes tipos de aminas comerciais, onde os resultados mostraram que a amina Hoe F 2792 apresentou-se a mais adequada para o minério em questão. Utilizando essa amina, sulfeto de sódio, modificador 23 e o calgon foram obtidos concentrados com teores acima de 40% de zinco no concentrado e recuperações em torno de 85%.

Em ensaios de flotabilidade de minerais de zinco com dodecilamina, na presença e ausência de sulfeto de sódio e do dispersante silicato de sódio, os resultados indicaram uma possível seletividade em torno de pH 10, máxima flotabilidade da willemita e mínima de dolomita. Já na presença dos dispersantes hexametáfosfato de sódio e cataflot os resultados sugerem o pH em torno de 11,5, como de maior seletividade (Galery, 1985). Salum (1982), testou a flotabilidade dos minerais willemita e hemimorfita, utilizando amina e, também encontrou a melhor performance de flotação em valor de pH 10 para ambos os minerais (ver figura 3.1). Notou-se ainda que a utilização da sulfetização prévia com sulfeto de sódio aumentou acentuadamente a recuperação da willemita em relação ao uso de hidróxido de sódio (figura 3.2).

Bustamante e Shergold (1983), em ensaios de flotação em tubo de Hallimond com mineral de willemita, na presença de dodecilamina e sulfetização prévia, também chegaram a um valor maior de adsorção e recuperação em torno de pH 10.

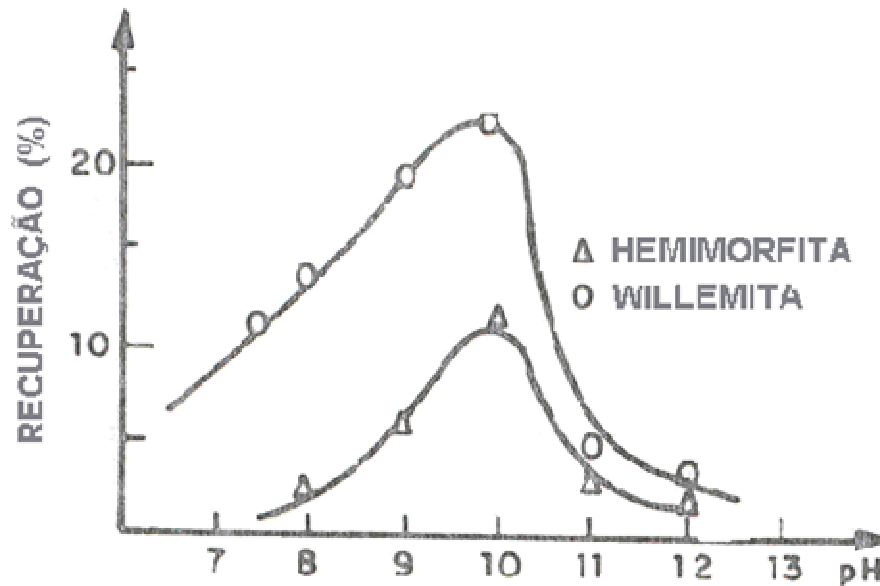


Figura 3.1: Recuperação da hemimorfita e willemita como uma função do pH (concentração de amina =  $1 \times 10^{-5}$  M) (Salum, 1982).

O uso da Genamim (amina de coco) na flotação de minério com calamina de Vazante em comparação com a dodecilamina mostrou a possibilidade de flotar em valores de pH menos alcalinos, proporcionando menor consumo de sulfeto de sódio e conseqüentemente menor impacto ambiental, apesar de sua menor eficiência em relação a dodecilamina (Pereira e Peres 2005).

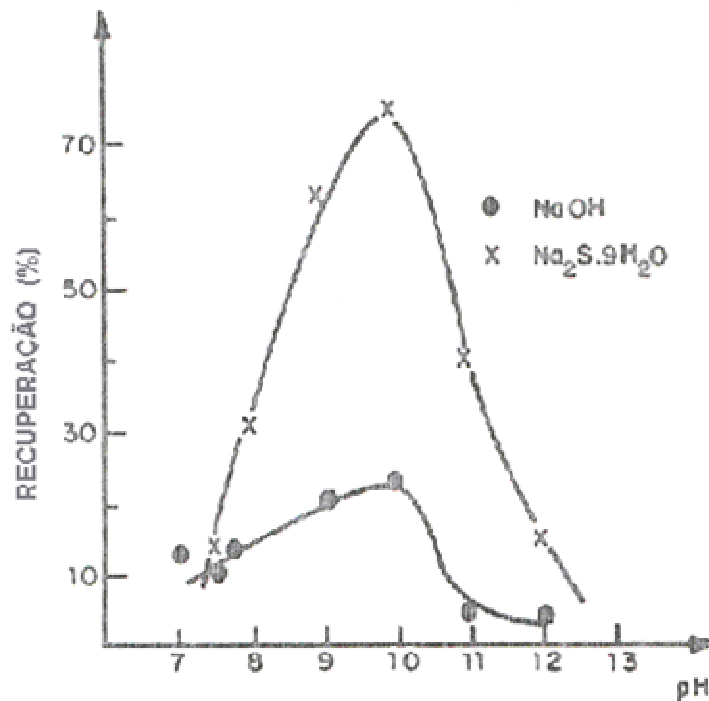


Figura 3.2: Recuperação da willemita como função do pH na presença de NaOH e Na<sub>2</sub>S.9H<sub>2</sub>O (concentração de amina  $1 \times 10^{-5}$  M) (Salum, 1982).

### 3.5 Solubilidade dos minerais em água

A reação entre a água e um mineral pode levar à solubilidade do mineral, formando moléculas e íons que usualmente estão presentes na fase líquida da polpa de flotação. Os íons que passam para a solução devem ser complexos e variados na sua composição. A reação direta das moléculas de água sobre os minerais na polpa pode romper o cristal e produzir íons hidratados, que formam uma solução molecular ou iônica. Os íons minerais (ou moléculas) que passam para a solução afetam fortemente o processo de flotação, pois podem entrar em reações com a superfície mineral e com os reagentes de flotação introduzidos na polpa (Glembotski et alii, 1972).

Quando um mineral dissolve-se na água, a energia da rede cristalina é absorvida pela solução, ao mesmo tempo em que a energia do íon hidratado é cedida. A diferença entre a energia absorvida e a energia cedida é o calor da dissolução do mineral na água. O mineral se dissolve na água se a energia de hidratação é maior que a energia da rede cristalina. A energia de hidratação do íon aumenta quando a valência do íon aumenta e

se reduz quando o raio iônico diminui. Sob estas condições a energia da rede cristalina também aumenta. Entretanto, a energia de hidratação aumenta muito mais lentamente que o aumento da energia do cristal e, por isso um aumento na valência é acompanhado por uma grande redução na solubilidade. Isto é a causa dos sulfetos e óxidos de metais bivalentes serem relativamente insolúveis em água, e muito menos solúveis que o composto de metal monovalente. Para a mesma valência, a solubilidade de um composto vai ser inversamente proporcional ao raio aniônico. (Glembotski et alii, 1972).

Bustamante e Shergold (1983) determinaram a solubilidade dos minerais oxidados de zinco a partir de 1g de amostra finamente moída, misturando-a em 100mL de água nos valores de pH requeridos. As amostras foram centrifugadas e o sobrenadante analisado para zinco por absorção atômica. Também foi avaliado o efeito do sulfeto de sódio na solubilidade dos minerais pela adição de  $1 \times 10^{-3}$ M de  $\text{Na}_2\text{S}$  em pH 10,5 por quatro horas. Os minerais oxidados de zinco se dissolveram lentamente nas soluções aquosas e foi obtido o equilíbrio das concentrações de zinco para os minerais smithsonita e willemita, como mostra a figura 3.3. O equilíbrio da solução foi estabelecido depois de um dia e os valores de pH obtidos para a solução foram: na presença de smithsonita pH 7,6; hemimorfita pH 8,7 e willemita pH 9,0. Esses minerais de zinco apresentaram solubilidade decrescente com o aumento do pH para valores acima do valor de pH de equilíbrio (concentração de zinco em solução estável). A sulfetização diminuiu a solubilidade da hemimorfita e da willemita (ver figura 3.4).

Salum et alii (1998) também evidenciaram a diminuição da solubilidade da willemita pela sulfetização com sulfeto de sódio, sendo provável que este efeito deve-se à “complexação” de cátions  $\text{Zn}^{2+}$  na superfície por íons  $\text{HS}^-$  na dissociação do sulfeto. A curva de dissociação do sulfeto de sódio indica a predominância de espécies de  $\text{HS}^-$  acima de pH 8.

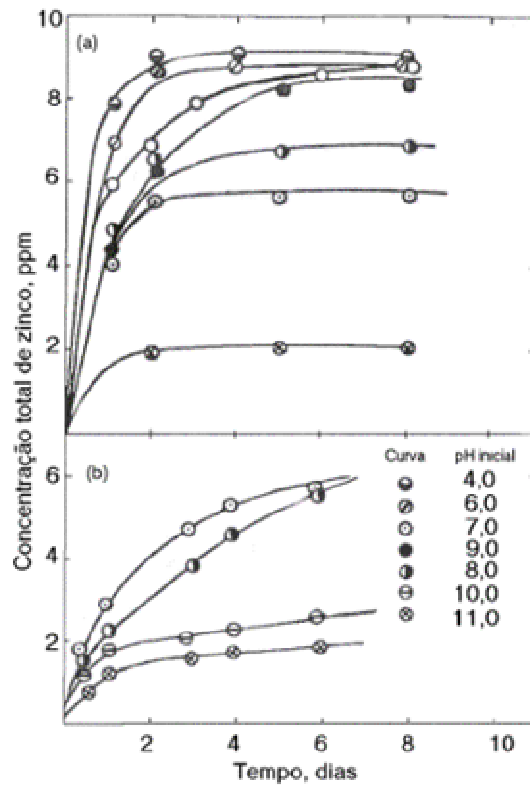


Figura 3.3 Dissolução de (a) smithsonita e (b) willemita em diferentes valores de pH em função do tempo (Bustamante e Shergold, 1983).

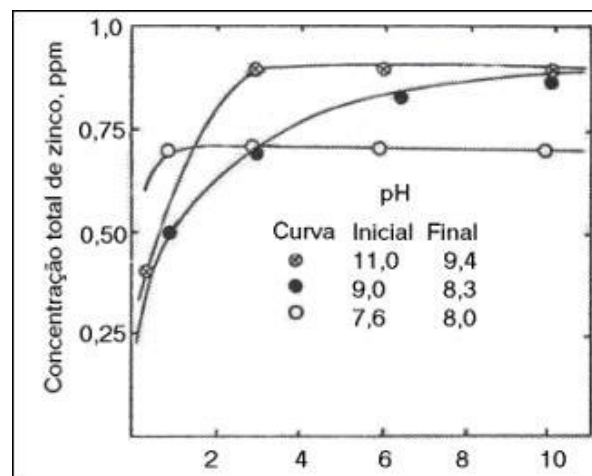


Figura 3.4: Dissolução de smithsonita sulfetizada em diferentes valores de pH em função do tempo (valor final de pH depois de 10 dias) (Bustamante e Shergold, 1983).



A solubilidade da willemita em água pode afetar o processo de flotação, pois seus íons poderão reagir com a superfície mineral e com os reagentes de flotação, conforme mencionado acima. Assim, o estudo de solubilidade da willemita feito por Bustamante e Shergold mostrou que o pH tem um papel importante na solubilidade do mineral e o sulfeto de sódio diminuiu significativamente a solubilidade dos minerais de zinco.

### **3.6 Dupla Camada Elétrica e Potencial Zeta**

A formação da dupla camada elétrica na interface entre o mineral silicatado e o meio aquoso é controlada pela quebra das ligações Si-O e M-O (onde M seria o Zn para a willemita e hemimorfita). Os íons  $H^+$  e  $OH^-$  funcionam como íons determinadores do potencial da superfície. Para a willemita, a quebra do cristal ocorre preferencialmente nas ligações Zn-O, sendo praticamente nula a probabilidade da quebra acontecer no tetraedro ( $SiO_4$ ). Este fato contribui para que a superfície seja bastante hidrofílica, e o ponto de carga zero (PZC) só ocorrer em pH relativamente alto (Baltar e Villas Boas, 1980).

Bustamante e Shergold (1983) em ensaios de medidas de mobilidade eletroforética, na célula Rank Brothers Mk II, estudaram a influência da variação do pH na presença de dodecilamina (com e sem sulfetização). Eles observaram que os minerais oxidados de zinco são negativamente carregados em valores de pH acima de 5, sendo que nessas condições a dodecilamina adsorve fortemente na superfície desses minerais. A mobilidade eletroforética da smithsonita foi independente do pH entre os valores 5 e 9, embora se tornou mais negativa em altos valores de pH, como mostra a figura 3.5. Resultados similares foram obtidos com willemita e hemimorfita, exceto em valores de pH mais altos onde o efeito da negatividade foi menos acentuado. A sulfetização teve efeito marcante na mobilidade eletroforética da smithsonita, a qual apresentou valores muito negativos para pH maior que 7. O mesmo aconteceu com hemimorfita e willemita em pH maior que 7. Aumentando a concentração do sulfeto de sódio acima de  $10^{-4}M$  a mobilidade eletroforética dos minerais não foi aumentada.

Assim, a flotação dos minerais de zinco com coletores catiônicos fica favorecida e o sulfeto de sódio mostra que além de diminuir a solubilidade dos minerais de zinco, também torna a carga desses minerais mais negativas, melhorando a adsorção do coletor na superfície dos minerais.

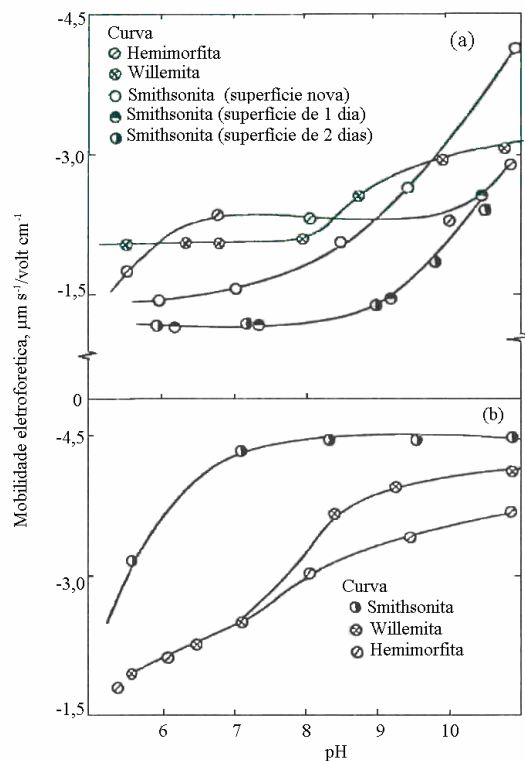


Figura 3.5: Mobilidade eletroforética de hemimorfita, smithsonita e willemita como função do pH: (a) sem sulfetização; (b) com sulfetização (Bustamante e Shergold, 1983).

Pereira (2004) mediu a mobilidade eletroforética da hemimorfita na presença de sulfeto de sódio e barrilha em dois equipamentos diferentes: Célula microeletroforética Rank Brothers II e no *Zeta Potential Analyzer* – modelo 1202 – da Micrometrics. No primeiro equipamento, notou-se um aumento negativo da mobilidade à medida que se elevou o valor de pH. Já no equipamento da Micrometrics observou-se que em região entre valores de pH 7 e 9 tem-se maior mobilidade eletroforética. A mobilidade eletroforética na presença dos dispersantes (ver figura 3.6) aumentou a carga da dupla camada e o hexametáfosfato de sódio proporcionou um maior aumento da mobilidade, justificando os resultados obtidos nos ensaios de dispersão, onde o hexametáfosfato de sódio foi o dispersante mais efetivo.

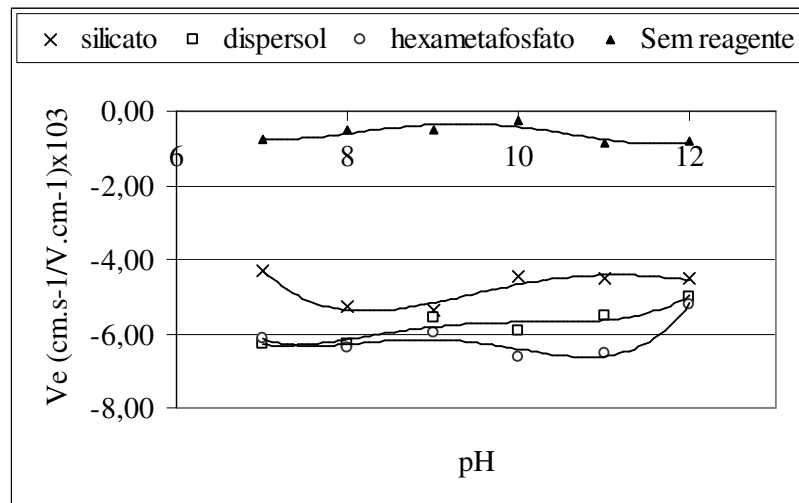


Figura 3.6: Mobilidade eletroforética da hemimorfita de Vazante na presença de 0,26g/L de silicato, dispersol, hexametáfosfato, sem reagente e como eletrólito suporte NaCl a 3 molar – equipamento Micromeritics (Pereira, 2004).

Atualmente, os reagentes dispersantes são utilizados na planta de concentração de Vazante, somente para a flotação de zinco com calamina, caracterizados pela presença excessiva de lamas. Contudo, vale a pena estudar a aplicação dos dispersantes, principalmente, do hexametáfosfato de sódio, que assim como o sulfeto de sódio, aumenta significativamente a carga negativa do mineral de zinco, favorecendo a adsorção do coletor.

### 3.7 Variáveis físicas do Processo de Flotação

A concentração de minerais por meio de flotação basicamente envolve a afinidade ou não de determinados constituintes minerais pelos reagentes químicos adicionados durante o processo. Porém, vale lembrar que um bom desempenho do processo só é alcançada quando se tem o total controle de outras variáveis que interferem no processo, principalmente se tratando de minerais oxidados de zinco que são caracterizados pela presença de lamas e uma grande diversidade de ganga.

#### 3.7.1 Tempo de Flotação, Aeração e Agitação das células

Baltar e Villas Boas (1980), em ensaios de flotação com minério oxidado de zinco (utilizando amina, sulfeto de sódio e dispersante), verificaram que o tempo ideal de

flotação de minério de zinco oxidado situou-se entre 2 e 3 minutos. O teor de zinco no concentrado praticamente não sofreu influência da vazão de entrada de ar, ao passo que uma recuperação mais alta foi obtida com uma vazão em torno de 7,2 L/min (figura 3.7). Houve uma queda considerável na recuperação de zinco a partir desse valor. Este fato provavelmente foi causado pela oxidação mais rápida das películas de sulfetos formados nas superfícies minerais.

O efeito da agitação na flotação do minério de zinco oxidado (calamina) não deslamado mostrou que a recuperação de CaO diminui com o aumento da agitação, aumentando a relação de enriquecimento. A faixa ótima situou-se entre 1200 a 1500rpm (Pereira, 2004).

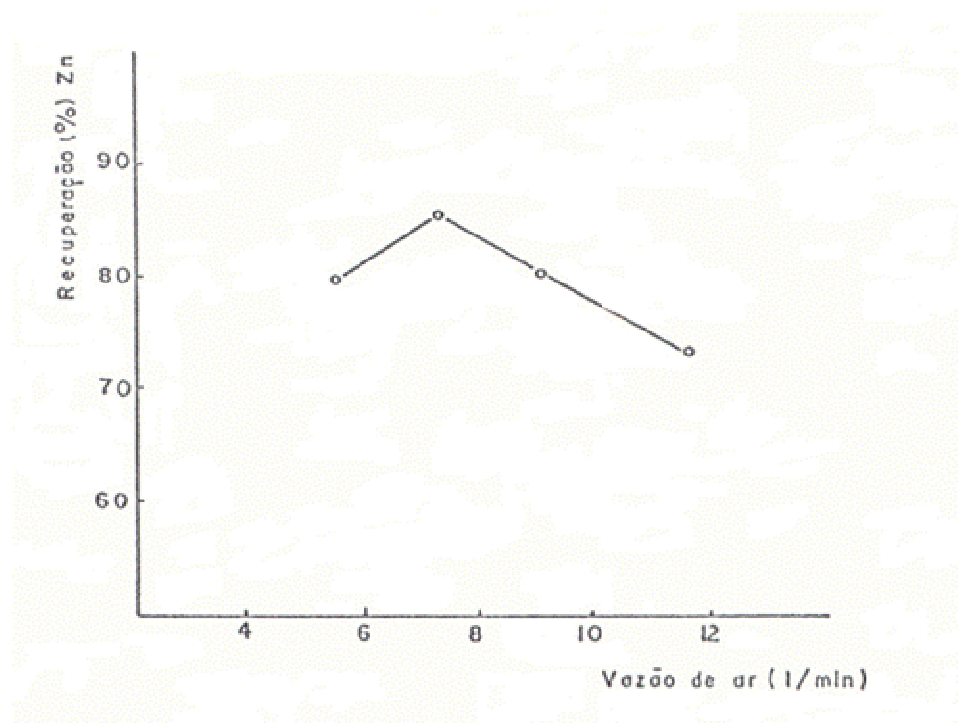


Figura 3.7: Influência da aeração na recuperação de zinco (Baltar e Villas Boas, 1980).

### 3.7.2 Efeito da Temperatura

A velocidade de todos os processos que acontece nas fases das interfaces aumenta com a elevação da temperatura da polpa. Na maioria dos casos, a elevação da temperatura intensifica a flotação, mas isto é quase sempre acompanhado pela redução na seletividade. Uma elevação na temperatura da polpa tem um efeito claramente benéfico

na flotação quando ácidos graxos ou sabões são utilizados. Quando xantatos são usados o efeito da temperatura é muito menos notável. Na Usina de Magma (USA) foi observado que um considerável aumento na temperatura da polpa em moinhos de bolas teve um efeito adverso, devido ao excesso de oxidação de bornita (Glembotski et alii, 1972).

Baltar e Villas Boas (1980) e Moreira et alii (2005) concluíram que o aumento da temperatura da polpa de flotação afeta fortemente os resultados da flotação do minério de zinco de Vazante, diminuindo o teor e a recuperação de zinco, comprovando sua influência negativa no processo quando se utilizam coletores que se adsorvem fisicamente na superfície dos minerais (Tabela III.1 e figura 3.8). O efeito benéfico da elevação da temperatura é evidente quando a adsorção do reagente na superfície mineral ocorre por reação química. Porém, quando os reagentes são fisicamente adsorvidos, uma elevação na temperatura provoca uma queda na flotabilidade dos minerais, como por exemplo, a flotação dos minerais oxidados de zinco utilizando aminas como coletor.

Tabela III.1: Testes de flotação com minério oxidado de zinco de vazante, variando a temperatura da polpa (Baltar e Villas Boas, 1980)

Temperatura (°C)	Alimentação Teor (% Zn)	Concentrado	
		Teor (% Zn)	Rec. (% Zn)
20	16,6	42,5	69,0
40	16,7	21,0	4,7
60	16,4	9,4	1,0

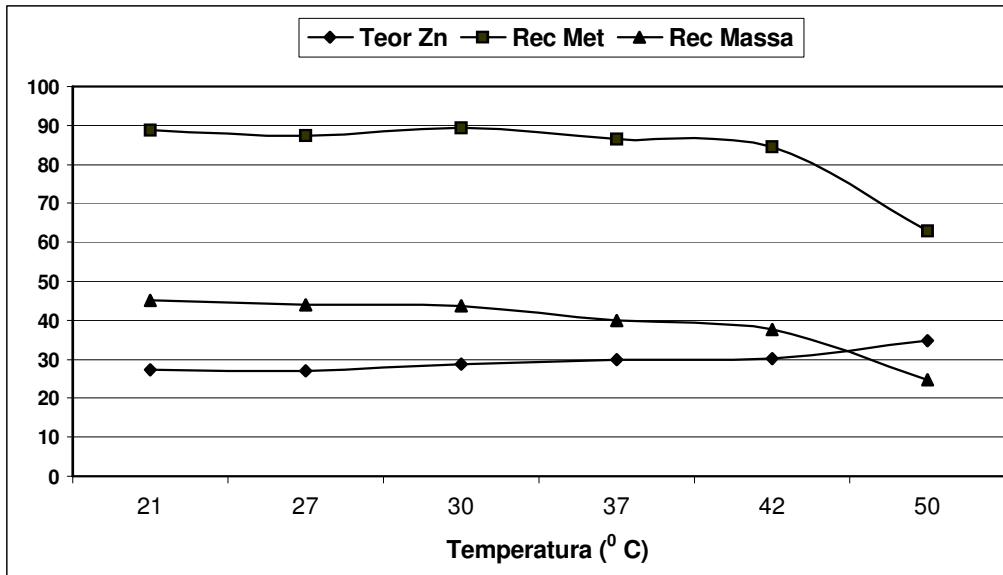


Figura 3.8: Gráfico da temperatura em função das variáveis teor zinco no concentrado, recuperação metalúrgica e recuperação em massa (Moreira et alii, 2005).

Os resultados obtidos por Moreira et alii (2005) chamam a atenção, pois acima de 30°C iniciou-se a queda de recuperação mássica e metálica, decrescendo acentuadamente para valores de temperatura maiores que 42°C. O clima da cidade de Vazante é caracterizado por altas temperaturas na estação de verão, atingindo temperaturas acima de 35°C nessa estação.

### 3.7.3 Efeito da Qualidade da água

Rey (1965) estudou a influência da presença de cátions na água na flotação de minérios oxidados de zinco e concluiu que esses cátions acentuavam o efeito prejudicial das lamas, onde uma melhora nos resultados só poderia ser possível com a adição de carboximetilcelulose, adição de uma emulsão de óleo combustível, emprego de uma amidoamina, em vez de uma amina ou adição de um xantato de cadeia longa.

Caproni et alii (1979) investigaram a influência da qualidade da água nos resultados de flotação de minério oxidado de zinco da Planta de San Giovanni (Sardenia). Resultados de flotação usando água de baixa dureza, proveniente da mina subterrânea foram comparados com a mesma água após diminuição da dureza (precipitação dos íons Ca e Mg), após deionização (resinas do tipo amberlita) e por último, usando água recuperada

do *overflow* do espessador do concentrado de calamina. Os melhores resultados foram obtidos com a água deionizada, o que demonstrou claramente a influência prejudicial dos íons de Ca e Mg, além de outros como  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^-$  na flotação de minerais oxidados de zinco, como mostra a tabela III.2. Os resultados ao longo de 16 anos de operação da planta de San Giovanni indicaram um aumento significativo no consumo de reagentes, além de uma considerável queda na recuperação de zinco. Esses resultados são acompanhados com uma queda na qualidade da água, ou seja, aumento da dureza da água ao longo dos anos. No período de 1950–1960, a composição da água tinha uma dureza de  $42^\circ \text{F}$  ( que unidade é esta?) ( $\text{Cl}^- = 2,73 \text{ g/L}$ ,  $\text{SO}_4^{2-} = 0,43 \text{ g/L}$ ). Na tabela III.3 se observa a escala de dureza referente à qualidade da água. Poucos anos depois (1972) os níveis de  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  subiram para 3,08 e 1,22g/L apresentando uma dureza total de  $160^\circ \text{F}$ , conseqüentemente, houve uma queda na recuperação de zinco e aumento no consumo de reagentes. A tabela III.4 mostra a composição e os tipos de água existentes na Mina de San Giovanni no período de 1951 a 1959. A água da mina Subterrânea de Vazante também é caracterizada por uma maior dureza, devido à presença de rochas cásticas na região de vazante.

A água contendo impurezas (água de torneira) na ordem de 19,5ppm de cátions pode ser usada em substituição a deionizada sem prejudicar os resultados (Baltar e Villas Boas, 1980). Ver os resultados na Tabela III.5.

Tabela III.2: Resultados de flotação (estágio rougher) com o uso de águas de diferentes composições iônicas (Caproni et alii, 1979)

Tipo de Água	Dureza (° F)	Teor dos Produtos (% Zn)		Recuperação (% Zn)
		Concentrado	Rejeito	
subterrânea de baixa dureza sem tratamento	42,5	34,2	4,89	59,1
íons precipitados	n.d.	26,4	2,61	80,3
Deionizada	-	34,0	2,35	82,0
Overflow do espessador	15	31,4	2,40	81,8

Tabela III.3: Escala de dureza da água

Classe dureza	° F	mmol/l de (Ca + Mg)	mg/l de Ca	Qualidade água
I	< 12,5	< 1,3	< 50	Branda
II	12,5 - 25	1,3 - 2,5	50 - 100	Semi-dura
III	25 - 37	2,5 - 3,8	100 - 150	Dura
IV	> 37	> 3,8	> 150	Muito Dura

Onde 1 ° F é igual a 10mg/l de CaCO<sub>3</sub>

Tabela III.4: Composição de águas primárias disponíveis na mina de San Giovanni (1951–1959)

Tipo de água	Íons (mg/L)					Dureza (° F)	pH
	Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>		
Mole	1,3	0,70	0,003	0,12	3,1	42,5	7,2
Dura	4,7	0,17	0,190	0,62	9,1	123	7,5

Tabela III.5: Resultados obtidos com diferentes tipos de água (Baltar e Villas Boas, 1980)

Tipo de água	Alimentação Teor (% Zn)	Concentrado	
		Teor (% Zn)	Rec. (% Zn)
torneira	16,7	39,5	87,2
deionizada	16,6	40,3	86,1
destilada	16,5	42,3	58,5

Na água industrial, os íons de cálcio e magnésio estão inevitavelmente presentes. A influência desses íons e seus produtos de hidrólise na coagulação de sistemas de minerais simples e binários são acentuadamente alcançados na presença de 47,2mg/L e 19,1mg/L de íons de cálcio e magnésio, respectivamente. A presença desses íons diminui o grau de dispersão dos minerais de quartzo, hematita e suas respectivas misturas, tornando-se mais acentuada sua ação na agregação dos minerais acima de pH 10 (Lu et alii, 1997).

A presença desses íons pode favorecer a flotação da willemita já que os minerais de quartzo e hematita estão presentes no minério de zinco com willemita de Vazante (a



depressão dos minerais de quartzo e hematita será facilitada). A adição de cal poderá aumentar a seletividade da flotação de zinco, devido à presença de íons de cálcio na polpa de flotação.

### **3.7.4 Influência da Presença de Lamas**

Partículas de lamas extremamente finas que estão presentes na polpa têm profundo e variado efeito na flotação. Os seguintes fenômenos são aparentes quando as lamas estão presentes na polpa (Glembotski et alii, 1972):

- i. contaminação do produto da espuma com pequenas frações de ganga;
- ii. aumento no consumo de reagente;
- iii. redução na velocidade de flotação;
- iv. formação do fenômeno de “slime coating”.

Glembotski et alii (1972) salientam que as partículas constituintes de lamas, devido ao seu pequeno volume, necessitam de uma enorme quantidade de bolhas para flotarem. Rey et alii (1954) considera de suma importância o problema de finos em flotação com aminas, onde o sucesso na flotação dependerá da:

- i. neutralização da lama através da adição de colóides minerais e orgânicos;
- ii. modificação da amina, utilizando uma base de amina com um agente emulsificante, uma amidamina (onde a presença do oxigênio reduz o poder de fixação das argilas) ou uma mistura de amina-xantato;
- iii. modificação da espuma, alterando a natureza da interface água-ar, pela adição de reagentes com pouca ou nenhuma solubilidade, como por exemplo, os hidrocarbonetos.

### **3.8 Etapas do Processo de Flotação**

Sabe-se que o sucesso na flotação dos minerais oxidados de zinco dependerá principalmente da neutralização das lamas existentes no minério e aumento da negatividade da superfície do zinco, através da ativação, para facilitar a adsorção do coletor catiônico. Há casos em que a deslamagem torna-se a única saída para impedir o efeito prejudicial das lamas no processo, levando a altas perdas do metal. Uma boa

dispersão dessas lamas pode ser o caminho para reduzir essas perdas. Muitas vezes, a grande variação dos minerais presentes no minério provoca o aumento de espécies químicas indesejáveis, tais como, óxidos de ferro, cálcio e magnésio. Esses óxidos podem diminuir a seletividade do processo de flotação e, conseqüentemente, levar a uma queda na recuperação de zinco. Assim, o uso de reagentes específicos para a depressão desses óxidos, bem como, a separação prévia dos óxidos de ferro por aplicação de um campo magnético poderá aumentar a seletividade na flotação.

### **3.8.1 Dispersão**

A dispersão é o processo de incorporação de partículas sólidas finamente subdivididas num meio líquido de maneira tal que se tenha como produto final uma distribuição uniforme de partículas sólidas no líquido. Quanto mais estável for a polpa (resistência à agregação e à sedimentação de partículas que compõe uma dispersão com o tempo), ou seja, quanto maior o grau de dispersão, o efeito nocivo das lamas sobre a flotação será minimizado e menor massa será descartada. Uma máxima dispersão da polpa implica em menor perda de massa e de metal na deslamagem e, conseqüentemente, em uma maior recuperação na flotação (Borges e Peres, 1993).

O problema básico na flotação de óxidos de zinco é o efeito nocivo das lamas e sais solúveis, principalmente, quando se utiliza na flotação amina como coletor. Assim, torna-se necessário uma deslamagem para minimizar seu impacto na flotação. Porém, muitas vezes, o teor de zinco na lama é similar ao teor da alimentação, levando a grandes perdas de zinco. A dispersão da polpa antes da flotação pode ser a saída para reduzir essas perdas.

O hexametáfosfato de sódio inibe o efeito adverso de lamas e sais solúveis na flotação de óxidos de zinco, assim como, o silicato de sódio que pode dispersar as lamas e efetivamente deprimir ganga de minerais silicatados, tais como o quartzo. A combinação de hexametáfosfato e silicato de sódio é muito efetiva para lamas (Shijie, 1984). A ação dispersante do silicato de sódio deve-se à negatividade do potencial zeta resultante e pelo efeito estabilizante das camadas hidratadas. A natureza hidrofílica das camadas causa depressão na flotação (Parsonage et alii, 1984).

Pereira et alii (2004) investigaram o efeito na dispersão de minério de zinco com calamina. Nestes estudos se utilizou ferramentas estatísticas para avaliar a ação dos reagentes dispersantes, sulfeto de sódio, ordem de adição dos reagentes e valor do pH. Os dispersantes avaliados foram calgon, hexametáfosfato de sódio, poliacrilato de sódio (dispersol) e carboximetilcelulose. Os resultados mostraram que a ordem de adição dos reagentes não foi significativa, ao passo que um aumento no valor do pH, na faixa estudada de 10,5 e 11,5, causou a diminuição do grau de dispersão. Dos dispersantes analisados, o hexametáfosfato foi o que apresentou maior grau de dispersão, com uma concentração ótima de 3000g/t.

Pereira (2004) credita um melhor desempenho na flotação de minério de zinco com calamina (maior teor de zinco no concentrado e maior recuperação) ao uso de uma alta concentração de dispersante (figura 3.9). Caproni et alii (1979) também salientaram o uso de maiores concentrações de dispersante para o alcance de maiores recuperações na flotação.

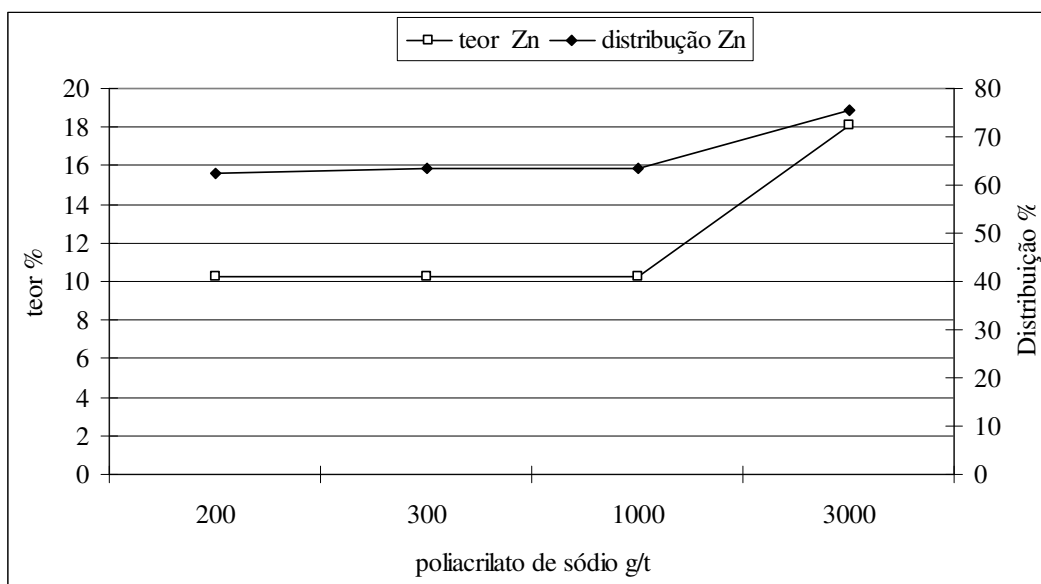


Figura 3.9: Efeito da concentração do reagente dispersante na flotação de calamina (Pereira, 2004).

Down e Turner (1970) realizaram ensaios de flotação com minério oxidado de zinco, usando sulfeto de sódio e emulsão de amina e óleo de pinho (Tynagh, Irlanda). Eles concluíram que o teor de zinco no concentrado aumentou com a adição de dispersante e

que o silicato de sódio foi efetivo, mas uma acentuada melhoria foi obtida quando se usou outro tipo de dispersante (Ekapersil S), que mudou completamente as características da espuma, proporcionando bolhas mais limpas.

Em ensaios de dispersão com lama de minério com calamina, utilizando planejamento estatístico, com os dispersantes calgon, hexametáfosfato de sódio, poliacrilato de sódio e carboximetilcelulose, verificou-se que o hexametáfosfato mostrou ser o mais eficiente, com destaque também para o poliacrilato. Notou-se que a faixa de pH ótima para a dispersão foi em torno de 10,5 (acima de 11,5 começou o efeito contrário de aglomeração) e que o aumento da concentração de sulfeto de sódio favorece a dispersão. Embora o hexametáfosfato tenha sido o melhor dispersante, o silicato de sódio foi o mais eficiente para a flotação, pois além do efeito dispersante também deprimiu a dolomita (Pereira, 2004).

A recuperação na flotação de minérios de zinco com willemita também pode ser fortemente afetada pela presença de lamas, como ocorre na flotação com minérios de calamina. A deslamagem aumenta a seletividade, mas conduz a altas perdas de zinco. A dispersão dessas lamas parece ser uma boa alternativa. Um polímero acrilato de baixo peso molecular combinado com sulfeto de sódio agiu tanto como dispersante da willemita quanto como depressor da dolomita. Um fator característico é que ele muda a flotabilidade máxima e a dispersão da willemita de pH 10 para 11,5 (Salum et alii, 1992).

O sulfeto de sódio, além de diminuir a solubilidade da willemita, aumenta o seu grau de dispersão (Salum et alii, 1980). Pereira (2004) encontrou resultado diferente para minério de calamina, pois o sulfeto não apresentou efeito significativo na dispersão.

A maior ação dispersante do sulfeto de sódio pode ocorrer devido a uma adsorção específica de íons de hidrossulfeto ( $\text{HS}^-$ ) na dupla camada elétrica da willemita. A ação conjunta de sulfeto de sódio e dispersantes melhorou sensivelmente a dispersão da willemita, sendo que o silicato de sódio foi o mais eficaz dispersante, com uma máxima dispersão em torno de pH 10 (figura 3.10). O hexametáfosfato de sódio e o cataflot P40, ambos dispersantes de minerais de zinco e depressores de ganga, deslocaram essa dispersão máxima para pH 11,5 (Galery et alii, 1985). No entanto o que chama mais a atenção da figura 3.8 é o feito de silicato de sódio, que dispersa muito bem para valores

de pH entre 9,0 e 10 e ao mesmo tempo é o que apresenta melhor depressão da dolomita, em torno de 3%.

O uso do silicato de sódio neste trabalho poderá melhorar a flotabilidade do minério em estudo, devido ao seu poder de dispersão da willemita e depressão da dolomita em torno de pH 10.

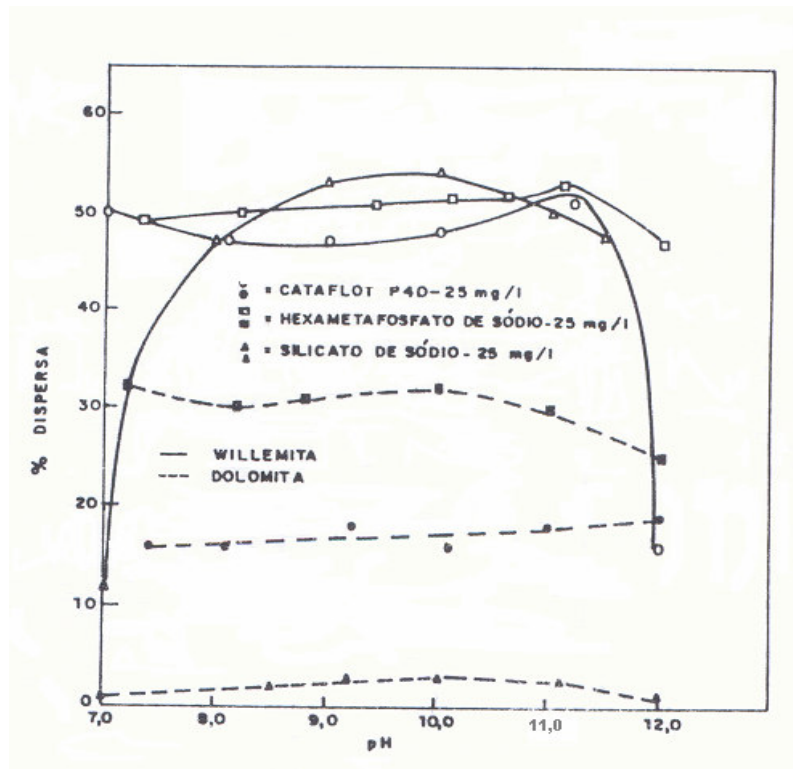


Figura 3.10: Curvas de dispersão de willemita e dolomita com os dispersantes cataflot, hexametáfosfato e silicato de sódio como uma função do pH (Galery et alii, 1985).

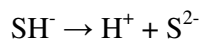
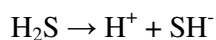
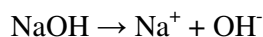
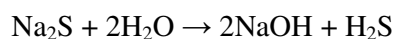
### 3.8.2 Ativação, Efeito da Oxidação e Sulfetização

O uso de ativadores melhora o processo de flotação de minérios oxidados de zinco. Quando o ativador não é usado, a adesão do filme do coletor sobre a superfície da partícula é muito fraca, e pode ser removida facilmente. O papel do ativador é fundamental para fixar o filme do coletor sobre a superfície da partícula (Borges e Maffei, 1997).

Os mecanismos propostos de ativação envolvem processos de: tornar as superfícies mais negativas, que favorece a adsorção eletrostática de aminas; diminuir a solubilidade, através da fixação de cátions de Zn nas superfícies; produzir espécies de ZnS nas superfícies, que aumenta a flotabilidade (Salum et alii, 1992).

Em sistemas aquosos, a oxidação do sulfeto de sódio é extremamente baixa. Nas polpas de flotação, onde o oxigênio está normalmente presente, ambos  $S^{2-}$  e  $HS^-$ , são oxidados rapidamente. A taxa de oxidação do sulfeto aumenta acentuadamente, como um resultado da ação catalítica de superfície mineral e ganga e espécies iônicas de metais pesados. A oxidação do sulfeto de sódio na presença de ganga silicosa é mais rápida que a das superfícies dos minerais sulfetados, porque a ganga é constituída de vários óxidos e pode conter cátions de diferentes valências. Em sistemas de flotação envolvendo agitação e aeração, a oxidação de sulfeto deve ocorrer a uma taxa muito mais rápida (Malghan, 1986).

É necessário analisar o comportamento do sulfeto de sódio em soluções aquosas para entender o efeito da ativação. O sulfeto de sódio é hidrolisado em água, desde que ele seja o sal de uma base forte e um ácido fraco:



Como as constantes de dissociação do  $SH^-$  e  $H_2S$  são extremamente baixas e a dissociação do  $NaOH$  alta, soluções aquosas de  $Na_2S$  sempre darão uma reação alcalina. A dissociação e hidrólise de  $Na_2S$  mostram que seu uso como um regulador leva à introdução de íons de  $OH^-$ ,  $SH^-$  e  $S^{2-}$  na polpa e estes íons vão então reagir com os minerais. Experimentos mostram que os íons de sulfeto e o hidrossulfeto têm a ação mais forte nos minerais. O resultado da sulfetização é a passagem dos íons de enxofre na rede cristalina do mineral oxidado, substituindo os íons de sulfato ou carbonato e transformando o mineral em um sulfeto. Se a concentração de sódio é suficiente, uma camada espessa de sulfeto é logo formada na superfície do mineral oxidado. Com altas concentrações de  $Na_2S$  o efeito ativador muda de repente e rapidamente para um efeito depressor (Glembotski et alii, 1972).

Marabini et alii (1984) estudaram a interação da smithsonita da mina de Buggeru (Itália) com o sulfeto de sódio, usando espectrofotometria infravermelha e espectroscopia foto-eletrônica de raios-X (XPS). A análise por XPS mostrou a presença de S na smithsonita sulfetizada, com desaparecimento total das espécies de  $ZnCO_3$  e completa formação de uma cobertura de ZnS. Observou-se um pequeno aumento de espécies de hidróxido e hidroxí-carbonato sob a camada externa de ZnS, ocorrendo principalmente adsorção do tipo química com a formação de uma monocamada (ou pouco mais) de ZnS. As concentrações das espécies de carbonato foram reduzidas e não foram detectadas para concentrações acima de 16g/L de sulfeto. Também se notou o efeito deletério das altas temperaturas sobre o processo. Após reação da smithsonita com água, as seguintes espécies foram observadas na superfície: carbonato, hidroxí-carbonato e água. O sulfeto de sódio reduz a presença de água e transforma a superfície do mineral em sulfeto. O aumento da concentração de sulfeto de sódio resultou no aumento da adsorção do coletor.

Baltar e Villas Boas (1980) estudaram a flotação de minério oxidado de zinco, onde o teor de zinco variou linearmente com a concentração de sulfeto de sódio, enquanto a recuperação de zinco variou linearmente com o coletor. Notou-se ainda que o tempo de condicionamento do sulfeto de sódio afetou fortemente os teores de zinco no concentrado e dependeu da velocidade de agitação da célula, sendo que o melhor tempo de condicionamento encontrado esteve entre 6 e 8 minutos para as agitações estudadas (900, 1000 e 1100rpm).

Rey et alii (1954), estudando a ação do sulfeto de sódio nos minérios oxidados de Pb, Cu e Zn, observaram que nos minerais de Pb e Cu, um excesso de  $Na_2S$  age como depressor e a flotação começa apenas quando esse excesso é consumido pelo minério. Por isso, há necessidade de determinado tempo de condicionamento. Já na flotação de zinco com aminas, um excesso de  $Na_2S$  não teve efeito depressor, pelo contrário, e o condicionamento não foi necessário. A dosagem excessiva de sulfeto de sódio pode afetar negativamente os resultados, no tratamento de minério oxidado de chumbo. Na Usina de Boquira foram feitos testes com o condicionamento prévio ou não do agente sulfetizante. A dosagem estagiada de sulfeto de sódio sem condicionamento prévio resultou na economia de cerca de 30% no consumo do reagente, além de um ganho de mais de sete pontos na recuperação (Cabo, 1985).

Em sistemas aquosos, o pH é a variável de controle na oxidação do sulfeto de hidrogênio. Abaixo de pH 6, sulfeto de “hidrogênio molecular” são as espécies predominantes de enxofre reduzido. Em pH 7 as espécies de enxofre reduzidas em solução são igualmente divididas entre “sulfeto de hidrogênio molecular [H<sub>2</sub>S]” e as espécies de bissulfeto [HS<sup>-</sup>], que é a espécie predominante na faixa de pH variando de 8 a 11. Em pH maior que 12, a espécie de sulfeto [S<sup>2-</sup>] é a forma mais prevalente (Malghan, 1986) e (Crozier, 1992), como mostra a figura 3.11. A faixa de pH recomendável para a sulfetização é aquela em que se obtém a maior concentração de íons HS<sup>-</sup>, entre 9 e 10,5 aproximadamente (Balbino e Sobrinho, 1975).

Segundo Salum et alii (1992), em relação ao tempo de condicionamento necessário para adsorção nos reagentes na superfície do mineral, 2 minutos são suficientes para adsorção de amina, ao passo que são requeridos tempos mais longos no condicionamento da solução de sulfetização, com tempo ótimo de 4 e 2,5 minutos para os minerais hemimorfita e willemita, respectivamente. A cinética de adsorção de HS<sup>-</sup> tem sido mais lenta que aquelas de adsorção de amina. Este fato indica que na operação de planta de concentração o contato entre os minerais e a solução de Na<sub>2</sub>S deve ser feito em um estágio de pré-sulfetização. A utilização de sulfeto de sódio como um regulador de pH no estágio de flotação não é tão significativa quanto é o desse reagente na etapa de pré-sulfetização.

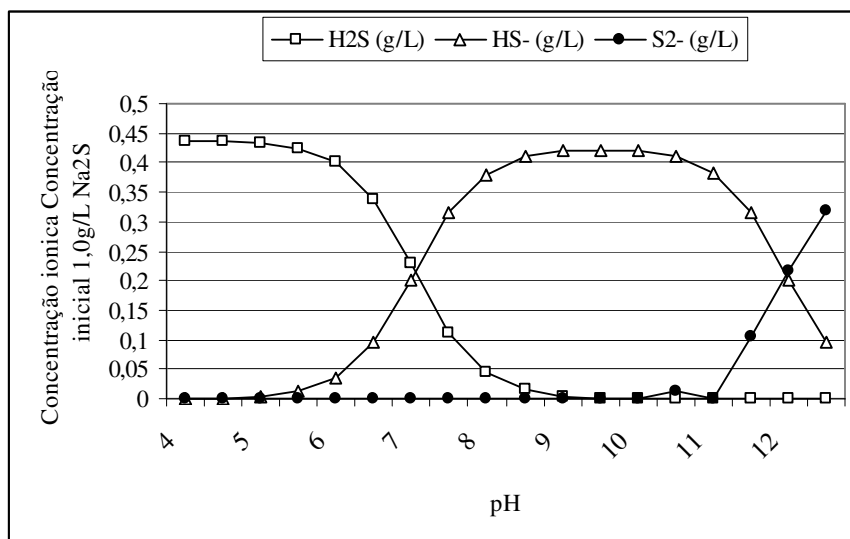


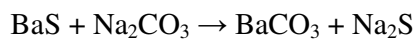
Figura 3.11: Ionização de soluções de sulfeto de sódio (Crozier, 1992).



Em estudos de flotabilidade da willemita na presença de amina como uma função da concentração de  $\text{Na}_2\text{S}$  na solução de pré-sulfetização, em valores de pH 9 e 10, os resultados mostraram que a recuperação aumenta com a elevação da concentração de sulfeto de sódio até um determinado limite de concentração, que depende do pH de flotação, permanecendo constante acima deste limite. A substituição parcial de  $\text{Na}_2\text{S}$  por outro regulador de pH diminui seu efeito ativante, apesar disso, para a mesma concentração de  $\text{Na}_2\text{S}$ , em valores de pH mais altos na sulfetização produzidos pela adição de  $\text{NaOH}$ , aumentou o nível de flotabilidade da willemita (Salum et alii, 1992).

Na etapa de sulfetização a preparação da solução (sulfeto de sódio + barrilha) pode afetar o processo de flotação. Os resultados mostraram que uma diluição de 32% de barrilha na solução melhorou significativamente o desempenho da flotação do minério com calamina sem deslamar (Pereira, 2004), como mostra a tabela III.6.

Rey et alii (1962) estudaram a substituição do sulfeto de sódio pelo sulfeto de bário, adicionado juntamente com a barrilha, na flotação de minerais oxidados de zinco. A reação do sulfeto de bário mais barrilha forma uma reação de carbonato de bário mais sulfeto de sódio, conforme abaixo:



Os resultados metalúrgicos foram excelentes e idênticos àqueles obtidos previamente com o uso de sulfeto de sódio para a sulfetização. Nos dois primeiros anos de operação da planta de San Giovanni também se usava sulfeto de bário mais barrilha como agente sulfetizante. No terceiro ano de operação passou a utilizar o sulfeto de sódio em substituição ao sulfeto de bário, e a recuperação só melhorou no quinto ano de produção da planta (Caproni et alii, 1979). Vale lembrar que as constantes mudanças na composição da água podem ter favorecido esse aumento de recuperação, já que os resultados pioraram na década de 70 com o aumento da dureza da água.

Tabela III.6: Resultados de flotação do minério de calamina, variando a proporção de barrilha (Pereira, 2004).

Preparação sulfeto	teor Zn	teor CaO	Distribuição Zn	distribuição CaO
Diluindo barrilha	15,6	8,41	65,3	47,6
Sem diluir barrilha	20	8,03	64,8	33

Os resultados de zinco são referentes ao concentrado e os dados de CaO se referem ao rejeito.

### 3.8.2.1 Técnicas de sulfetização

Jones e Woodcock (1979) investigaram duas técnicas de sulfetização em minérios oxidados de Pb e Zn. Na primeira técnica, a convencional, foi feita a adição de sulfeto de sódio em apenas uma etapa e a outra técnica a adição ocorreu em três etapas. O método convencional apresentou condições incontroladas de sulfetização. Já na adição estagiada, a sulfetização com potencial controlado, usando um eletrodo de íon-seletivo de sulfeto (ISE) para controlar a concentração residual de  $S^{2-}$ , medindo o potencial da polpa. Esse método resultou num bom controle e melhorou a metalurgia de flotação. A cada etapa de sulfetização seguiu-se uma etapa de flotação de 5 ou 10 minutos, com a presença de altos níveis de oxigênio. O valor ótimo de potencial foi encontrado em  $-600\text{mV}$  para um tempo de sulfetização na faixa de 1 a 5 minutos. Baixas recuperações foram obtidas em  $-700\text{mV}$  possivelmente por causa da alta concentração de  $S^{2-}$  durante a flotação.

Os ensaios de controle de potencial foram realizados em três estágios de sulfetização de 3 minutos em  $-600\text{mV}$ , cada estágio foi seguido por um período de flotação de 5 minutos como mostra a figura 3.12. Neste teste o potencial aumentou lentamente no primeiro minuto de sulfetização, por causa da alta taxa de consumo de sulfeto, devido à presença dos íons zinco e manganês em solução, posteriormente precipitados como sulfetos insolúveis. Os níveis de oxigênio caíram consideravelmente durante a sulfetização, aumentando até próximo à saturação na etapa de flotação. A comparação entre os dois procedimentos mostrou que a técnica de sulfetização com potencial controlado apresentou teor de concentrado e recuperação mais elevados, para os óxidos de chumbo, porém, houve um considerável aumento no consumo de  $\text{Na}_2\text{S}$  (Jones e Woodcock, 1979).

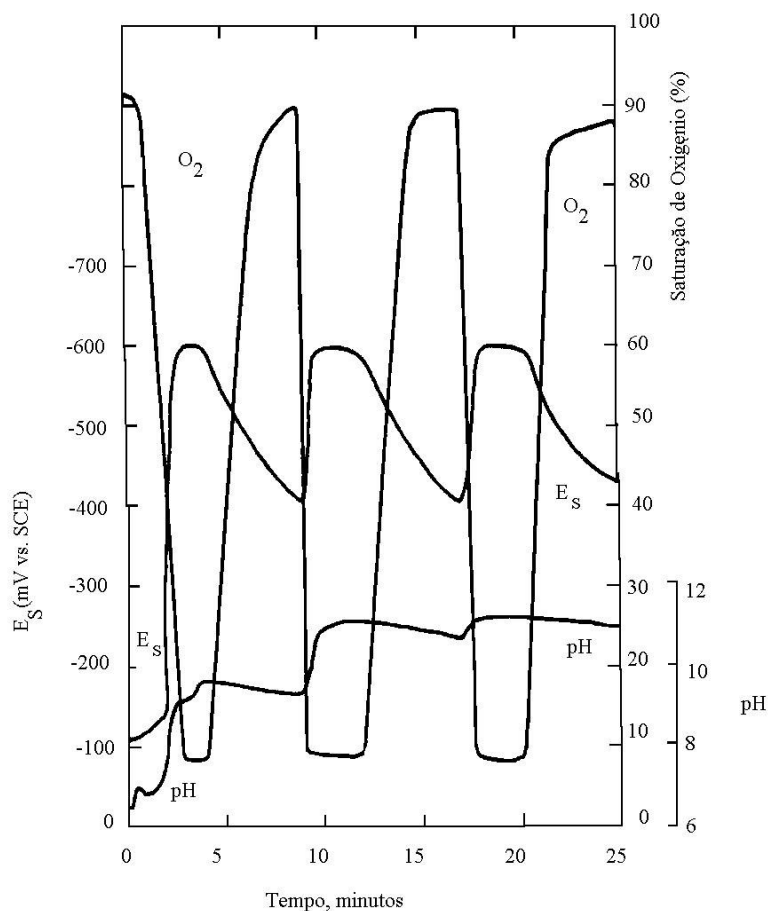


Figura 3.12: Valores de potencial de sulfetização ( $E_s$ ), pH e concentração de oxigênio durante sulfetização com potencial controlado em três estágios, seguido pela flotação de minerais oxidados de chumbo e zinco (Jones and Woodcock, 1979).

Malghan (1986) comparou as duas técnicas de sulfetização em um minério oxidado de cobre, e observou que o controle de potencial proporcionou uma maior recuperação de cobre, além de uma grande economia no consumo de sulfeto de sódio. Além disso, estudo realizado com minério de cobre mostra que há um aumento na recuperação, quando se aplica a adição estagiada de sulfeto (Castro et alii, 1976). Down e Turner (1970) também demonstraram que a adição estagiada de agente sulfetizante foi essencial para se obter boa recuperação no processo de flotação de minérios oxidados em Tynagh (Irlanda).

### 3.8.3 Depressão

A depressão da ganga é requerida devido à resposta similar do zinco e minerais de ganga na flotação catiônica (Salum et alii, 1992). O Estudo da ação dos depressores amido de milho, carboximetilcelulose (CMC), silicato de sódio e dicromato de potássio mostrou que CMC e silicato de sódio foram mais efetivos (Pereira e Peres, 2005).

Assim como o silicato de sódio que pode agir tanto como dispersante das lamas quanto depressor de ganga silicatada, o hexametáfosfato de sódio também pode atuar como dispersante e depressor. Seu poder depressor é principalmente devido a seus ânions serem adsorvidos na superfície do mineral, formando complexos hidrofílicos estáveis (Shijie, 1984). Crozier (1992) ainda ressalta o papel do silicato de sódio na coagulação de lamas e como regulador de pH em flotação de partículas finas. Ele também cita outros depressores de ganga de minérios oxidados de zinco (calcita e dolomita), tais como, quebracho e ácido tânico.

Os polímeros orgânicos são usados na flotação para uma ampla faixa de óxidos, silicatos e minerais industriais como dispersantes, depressores e floculantes. A interface polímero - água deve influenciar a adsorção do coletor nas superfícies minerais. A teoria mais recente do efeito depressor dos polímeros nos minerais sugere que a depressão é devido à adsorção do polímero na superfície mineral ou desorção do coletor. O mecanismo de adsorção do polímero na superfície mineral é explicado por: ligação de hidrogênio que é considerado como o mecanismo dominante; ligação coulômbica; interação química; e ligação hidrofóbica e efeito de solvatação. Carboximetilcelulose, gomas de celulose e poliacrilatos, assim como, alguns sulfonatos de lignina são largamente usados para depressão de silicatos ativos durante a flotação de minérios sulfetados de Cu-Zn, Cu-Pb-Zn e outros. Sulfonatos de lignina modificado são usados primeiramente para a depressão de minerais de calcita e portadores de magnésio (dolomita). Os sulfonatos adequados são aqueles com um peso molecular entre 15000 e 40000 (Bulatovic, 1999).

Zheng e Smith (1997) avaliaram diferentes substâncias químicas para a depressão de dolomita na flotação de apatita. Dentre os vários reagentes testados, o carboximetilcelulose foi o mais eficiente na depressão da dolomita. Também o ácido cítrico e sulfonatos de antil nãfitil foram considerados bons depressores para o mineral.

Resultados de testes de flotação com poliacrilatos de vários pesos moleculares mostraram que os polímeros acrilatos de baixo peso molecular são capazes de melhorar os resultados de flotação. Em comparação com silicato de sódio, esses polímeros oferecem vantagens de proporcionar recuperação mais alta do metal, melhor seletividade, em relação aos minerais dolomita e calcita, baixas perdas de lamas durante deslamagem e grande diminuição no consumo de modificadores, principalmente quando a amina é utilizada na flotação de óxidos de zinco devido à redução do poder de coleta nos minerais de ganga (Lierde, 1972).

Luvizotto e Lima (2003) testaram 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, em ensaios de microflotação de amostras de calcita, apatita e dolomita “puras”. O amido de milho foi o mais eficiente, para uma concentração de 75mg/L, as flotabilidades de calcita e dolomita não ultrapassaram 2,44 e 1,71%, respectivamente. Para os demais depressores, o percentual flotado ficou em torno de 30-40%. Vale também lembrar o papel do amido de milho na depressão de óxidos de ferro que, além dos minerais calcita e dolomita estarem presentes nos minérios oxidados de zinco de Vazante. Pereira (2004) comprovou o bom desempenho do amido de milho como depressor de ganga do minério de zinco com calamina não deslamado, quanto à recuperação (figura 3.13). O silicato de sódio e CMC também mostraram eficiência, obtendo maiores teores de zinco no concentrado.

Na flotação atual de zinco com willemita de Vazante não se utiliza depressores, porém, a aplicação desses reagentes poderá melhorar a seletividade da flotação, já que esse minério de zinco se encontra associado a óxidos de ferro, cálcio e magnésio, indesejáveis à flotação.

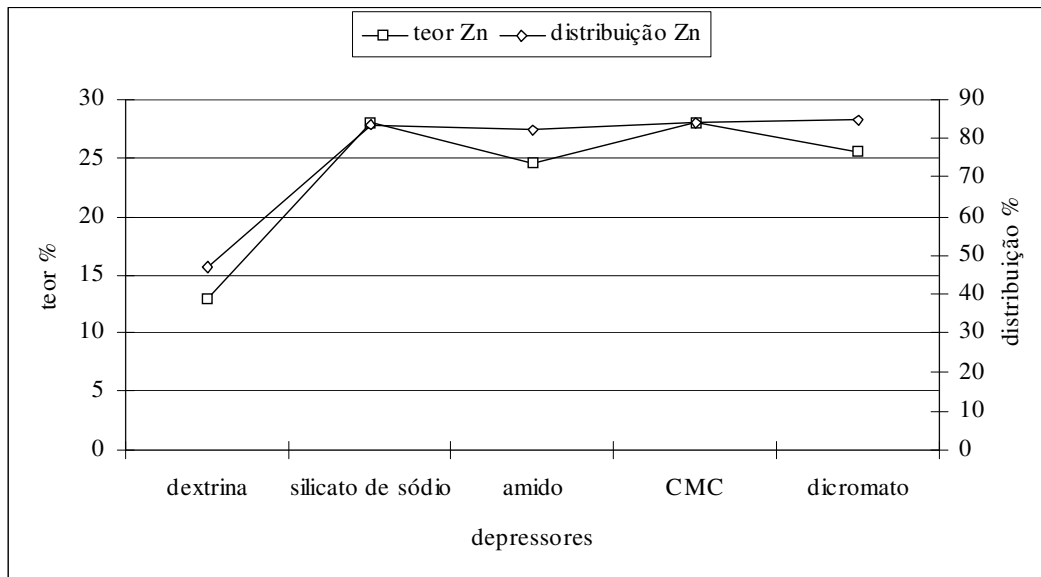


Figura 3.13: Avaliação de depressores na concentração de 40/t para flotação de minério com calamina deslamado (Pereira, 2004).

### 3.9 Agentes Coletores

No passado se utilizou processos gravíticos para concentrarem minerais de zinco, porém esses métodos apresentavam baixas recuperações de zinco. A flotação provou ser o método economicamente mais viável para tratar os minérios de zinco. Várias linhas de pesquisa utilizando flotação foram testadas com esses minérios e segundo a maioria dos pesquisadores a flotação catiônica é a opção mais adequada para a concentração do zinco.

#### 3.9.1 Coletores Catiônicos

A flotação de minerais oxidados de zinco a partir de coletores catiônicos ocorre por adsorção física. Este tipo de adsorção caracteriza-se por uma fraca energia de ligação da molécula adsorvida (3 a 4kcal/mol), por uma completa reversibilidade do processo e uma não seletividade da superfície adsorvente. Na adsorção física, o íon adsorvido e a rede cristalina do material adsorvente formam dois sistemas independentes. Neste tipo de adsorção, como a ligação é instável, uma simples redução da concentração do coletor na polpa de flotação desloca o equilíbrio do processo, provocando o fenômeno da desorção, ou seja, os íons do coletor deixam a superfície mineral e voltam à solução,

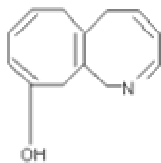
tirando a condição de flotabilidade do mineral. A adsorção física se processa de modo rápido, não havendo assim, necessidade de um condicionamento prolongado com a polpa de flotação. Na flotação de minerais oxidados, na maioria dos casos, os fenômenos de adsorção dos íons coletores na interface mineral-água, são controlados pela dupla camada elétrica. Na adsorção física, os íons adsorvem na camada externa, não havendo a formação de compostos na superfície. A quantidade de íons adsorvidos depende da carga elétrica superficial da partícula mineral (Baltar e Villas, 1980).

### **3.9.2 Agentes Quelantes na Flotação de Minérios Oxidados de Zinco**

Bustamante e Shergold (1983) estudaram a flotação de minerais de zinco na presença de agentes quelantes, ditizona, 8-hidroxiquinolina, 2-metil-8-hidroxiquinolina e LLX65N e conseguiram-se alcançar quase 100% de recuperação desses minerais em testes de flotabilidade em tubo de Hallimond, sem sulfetização prévia. Porém concluíram que esses agentes quelantes eram inviáveis para satisfatória flotação dos minerais de zinco a menos que novas rotas sejam encontradas para aumentar a estabilidade da camada de coletor e reduzir o consumo de reagente. Nem a sulfetização prévia nem o uso de uma emulsão de ditizona com querosene, melhorou significativamente os resultados.

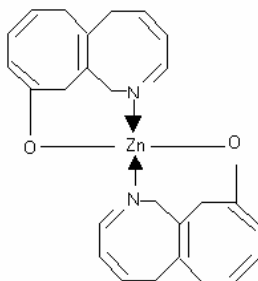
Trabalhos prévios de flotação têm estabelecido a possibilidade de recuperarem minerais de zinco com sistema de coleta formado por agentes quelantes e óleo combustível. Dentre os vários quelantes testados (zincon, ácido antranílico, ácido quinaldínico, piridina e oxina), a oxina (8-hidroxiquinolina) foi a mais eficiente para flotação de smithsonita, nos testes de flotabilidade. Nos testes de laboratório feitos com misturas sintéticas de smithsonita com ganga de sílica e calcário foram obtidos excelentes resultados, com soluções de oxina em acetona e emulsões aquosas de óleo combustível, atingindo recuperação de quase 100% com teor acima de 45% de zinco, para ambas as misturas, utilizando 0,3g/L de oxina e uma relação ótima oxina/óleo combustível de 4:1, em pH 7 (Rinelli e Marabini, 1973).

O agente quelante 8-hidroxiquinolina (oxina) apresenta a fórmula:



Esse agente reage com  $Zn^{++}$  para formar um composto insolúvel e altamente estável:

Quando a reação acontece em solução, a precipitação é completa entre os limites de pH 4,6 e 13,4.



Duas classes de reagentes contendo grupos funcionais quelatizantes selecionados para flotação de zinco e chumbo e uma cadeia alquil ou alcoxil ligados ao anel aromático foram sintetizados e testados em minerais oxidados de Pb-Zn. Estes reagentes são os do tipo mercaptobentiozole (MPT) e aminotiofenol (ATP). Eles mostraram serem eficazes para minerais oxidados de Pb-Zn sem nenhuma sulfetização preliminar (Marabini et alii, 1984).

Os coletores do tipo quelantes, MBT e ATP são caracterizados por apresentar uma estrutura mista aromática-alifática. A parte aromática contém os grupos funcionais específicos que são seletivos quanto aos minerais oxidados de zinco ou chumbo, enquanto a parte alifática consiste de uma cadeia de hidrocarboneto que torna a superfície hidrofóbica. O MBT é seletivo quanto aos minerais de chumbo e ATP é seletivo quanto aos de zinco. O reagente foi fabricado pela adição de radicais alcoxil, aumentando o número de átomos de carbono de 2 para 6. Então o grupo  $C_6H_5O$  (coletor 5) foi substituído pelo grupo  $C_6H_{13}$  (coletor 6), a fim de comparar a eficiência dos grupos alcoxil e alquil. Uma cadeia alifática é necessária para garantir a condição de



hidrofobicidade e, portanto o poder de coleta para o grupo quelante aromático (Bárbaro e Piga, 1998).

Em estudos de flotação com amostras de minério de zinco (4,5% de smithsonita e 1,1% de esfalerita), proveniente da mina de Buggeru (Sardenia), utilizando ATP de diferentes cadeias (figura 3.14), além de silicato de sódio, carboximetilcelulose e aeroflot 65, em pH 11,4, o melhor resultado foi obtido com a maior cadeia carbônica (5n-hexyl-2-aminotiofenol) (Bárbaro e Piga, 1998).

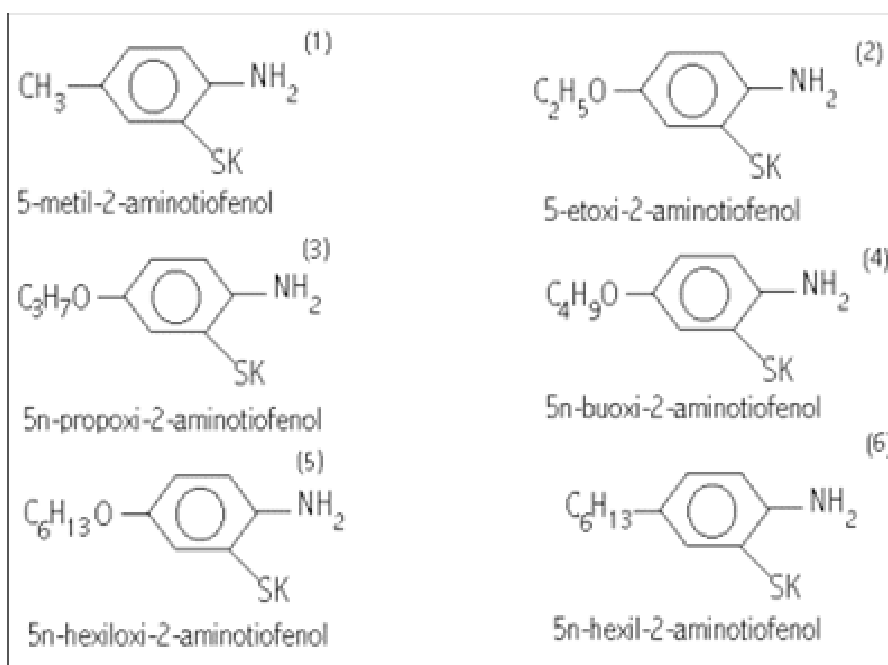


Figura 3.14: Estrutura molecular de coletores aminotiofenóis usados para testes de flotação (Barbaro e Piga, 1998).

### 3.9.3 Emulsão

Os óleos apolares tais como querosene e óleo combustível são usados na flotação para promover a rígida adesão das bolhas de ar à superfície mineral. O óleo é estável apenas por um curto período de tempo, enquanto que as emulsões de óleo + surfatante são estáveis por um longo tempo (Cebeli, 2002). A proporção de emulsificante mais favorável está compreendida entre 5 e 10% em peso de amina.

Ensaaios com emulsão de óleo diesel ou querosene, MIBIC (espumante) e amina possibilitaram flotar em valores de pH mais baixos, e assim sendo, não importa o valor de pH e sim a quantidade de sulfeto necessária para proporcionar a seletividade entre os diversos silicatos presentes. Os ensaios preliminares para a escolha entre o diesel e querosene identificaram o diesel como mais eficiente e o melhor resultado foi com amina/diesel/MIBIC na proporção de 1:0,16:0,1. A emulsão de Genamin (amina de coco) mostrou ser quase tão efetiva quanto à emulsão com a dodecilamina, no entanto a cinética da dodecilamina foi mais rápida (Pereira, 2004).

Na mina de AMMI em Sardinia, usou-se uma emulsão de amina de coco, óleo combustível e óleo de pinho, além de sulfeto de sódio e silicato de sódio para flotar um minério oxidado de zinco de baixo teor, com grande presença de lamas, obtendo-se resultados de teor de zinco no concentrado e recuperação de 35,51% e 80,6%, respectivamente (Ferrara, 1970).

Na mina de Chaihe, China, o uso de amina emulsificada com sulfeto de sódio, na proporção aproximada de 1:60, mais a combinação de hexametáfosfato de sódio e silicato de sódio proporcionou um aumento de 22,45 a 35,08% de teor Zn e 42,07 a 80,28% de recuperação sem deslamagem da polpa de minério de zinco (Shijie, 1984).

Na Planta de L' Argentiera (Itália), na flotação de smithsonita era utilizada uma emulsão de amina de coco, petróleo cru e óleo de pinho (40% coletor, 40% óleo combustível e 20% de espumante), sendo obtido um concentrado de 37,2 % de Zn e recuperação de 50,7%. Ainda eram utilizados silicato de sódio, carbonato de sódio e sulfeto de sódio (Raffinot, 1970).

Down e Turner (1970) testaram várias aminas com o minério oxidado de zinco de baixo teor (5 a 7% de zinco) de Tynagh (Irlanda), e logo estabeleceram que uma dodecilamina, derivada de óleo vegetal foi essencial, e daquelas testadas a Armeen C (Armour Hess Chemicals Ltd.), provou ser a mais adequada. A amina foi adicionada com uma emulsão contendo 40% Armeen C, 50% de óleo combustível, 5,5% de óleo de pinho e 4,5% de Ethomeen C25. Este último reagente, uma amina etoxilada também produzida pela Armour. Os testes mostraram que ao menos 60% de recuperação de zinco foi obtida com teor de zinco no concentrado de 40%.

Rey et alii (1962) utilizaram uma emulsão de amina e óleo diesel mais 500g/t de carboximetilcelulose para flotação de minério oxidado de zinco. A proporção mais favorável de emulsificante compreendeu de 5 a 10% de amina. Eles obtiveram uma recuperação de 82,60% com teor de 38,95% de Zn, sendo que a amina emulsificada apresentou maior ação de coleta (teor de Zn 35,08% e recuperação 80,28%) em relação à não emulsificada com deslamagem (teor de zinco 34,94% e recuperação 64,50%). Os testes realizados com amina emulsificada sofreram menor efeito em relação à utilização da água dura, além de proporcionar a redução do grau de deslamagem, diminuindo as perdas do metal no rejeito. Rey e Raffinot opus cit Baltar e Villas Boas (1980), também ressaltaram a utilização de uma amina emulsificada com óleo de pinho e querosene, onde essa emulsão foi menos sensível às lamas e às águas duras, além da diminuição do consumo de amina e não verificação da formação de uma espuma exagerada devido à presença do querosene.

Apesar das indicações para o uso de emulsão na flotação de zinco com calamina, pela maior presença de lamas, considera-se como uma excelente oportunidade a utilização de emulsões também na flotação de willemita, já que os estudos realizados com minério de calamina mostraram uma melhora na seletividade da flotação, com aumento significativo de recuperação, redução no consumo de aminas e flotação em valores de pH mais baixos que conseqüentemente permitirão reduzir custos com reagentes.

### **3.10 Agentes Espumantes**

Os espumantes são substâncias orgânicas heteropolares de superfície ativa que são capazes de serem adsorvidos na interface líquido-ar. Sua presença na fase líquida de uma polpa de flotação aumenta a resistência das bolhas de ar e ajuda a manter as bolhas dispersas, melhorando assim as condições de ligação da partícula mineral e aumentando a estabilidade das espumas. A adsorção do espumante na interface líquido-ar é essencial para a ação espumante, e é devido à atividade do reagente na superfície e sua habilidade para reduzir tensão de superfície da água por adsorção (Glembotski et alii, 1972). São usadas para obter uma espuma de flotação estável, persistências suficientes para facilitar a separação mineral. Os espumantes mais comumente utilizados são cadeias comuns de álcoois ramificados como MIBIC (metil isobutil carbinol), poly (propileno glicol), metiléteres, óleo de pinho e ácido cresílico.

### 3.11 Separação Magnética

Os resultados de separação magnética do minério oxidado de zinco de Vazante mostraram que o teor e a distribuição do zinco no produto magnético decrescem continuamente, à medida que se diminui a granulometria. Notou-se que 80% do zinco contido na fração -20 +28 malhas estão em partículas liberadas de hematita, ultrapassando 90% de liberação na fração -48 +65 malhas, e atingiu 95,5% na faixa granulométrica -10 +200 malhas Baltar e Villas Boas (1980).

Na pesquisa de minérios oxidados de zinco com ganga ferruginosa foram estudados dois fluxogramas: no primeiro, apenas flotação, e no segundo, uma combinação de separação magnética em alta intensidade e flotação. O concentrado do processo de flotação teve 37% de zinco com recuperação entre 77 e 78%, enquanto a combinação de separação magnética e flotação produziu um concentrado com 36 a 37% de zinco com recuperação de 81%. Os reagentes utilizados na flotação foram: hexametáfosfato de sódio (dispersante), sulfeto de sódio (ativador), dodecilamina (coletor) e MIBIC (espumante). A introdução do separador magnético no circuito além de aumentar a recuperação total de zinco, eliminou as etapas de deslamagem e estágios *Scavenger* e *Cleaner* de flotação e, principalmente, diminuiu a carga circulante da moagem em mais de 200% (Borges e Maffei, 1997).

Pereira (2004) analisou a utilização da separação magnética anterior a flotação do minério com calamina não deslamado. Os resultados mostraram que a retirada dos óxidos de ferro, anteriormente a flotação, proporcionou um aumento no teor e na recuperação de zinco, além de diminuir a recuperação de CaO no concentrado (tabela III.7).

Tabela III.7: Efeito da separação do material magnético do minério com calamina sobre a flotação (Pereira, 2004)

Minério	Sulfeto g/t	Teor Zn	Teor CaO	Distribuição Zn	Distribuição CaO
Sem separação	3000	15,6	8,41	65,3	47,6
Não magnético 500g/t emulsão	3000	20,67	7,29	70	36,8
Não magnético 250g/t emulsão	1500	18,26	7,35	61	26,7

Onde: Os resultados de zinco e CaO se referem ao concentrado

Assim como ocorreu com o minério de calamina, a separação magnética anterior à flotação poderia também melhorar a seletividade na flotação de willemita. É importante ressaltar que se prevê uma elevação no teor de ferro do minério com o aumento da profundidade da mina subterrânea de Vazante, e essa maior presença de ferro poderá prejudicar o processo de flotação.

## CAPÍTULO IV – METODOLOGIA

O desenvolvimento experimental do trabalho foi realizado nas seguintes etapas principais:

- i. estabelecimento de condições padrão a ser utilizada como referência no detalhamento dos estudos. Foi utilizado planejamento fatorial com as seguintes variáveis: sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio;
- ii. estudo de depressão de dolomita, com a utilização de cal ou carboximetilcelulose;
- iii. estudo da utilização de emulsões de amina com óleos diesel ou naturais;
- iv. estudo da utilização de amidaminas.

A Votorantim Metais foi responsável pela coleta das amostras e realização de análises químicas quantitativas e qualitativas. As amostras foram provenientes da mina subterrânea de Vazante, passaram por etapas de britagem, peneiramento, homogeneização e moagem, sendo coletadas no “*overflow*” da ciclonagem do circuito de flotação de willemita. Para a realização dos ensaios de flotação foi utilizado o laboratório do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto.

### 4.1 Planejamento fatorial dos experimentos

O planejamento fatorial foi escolhido para estudar o comportamento do minério de zinco, devido a sua capacidade de avaliar as interações entre variáveis buscando a otimização dos resultados de flotação. No Planejamento fatorial avaliou-se as variáveis ativador (sulfeto de sódio), coletor (emulsão de amina/óleo diesel/MIBIC), dispersante (Hexametáfosfato de sódio) e silicato de sódio. A partir de testes exploratórios foram definidas as variáveis e níveis, apresentados na tabela IV.1. Considerando-se as 4 variáveis estudadas em dois níveis tem-se que o número total de experimentos foi igual a 16. ( $N = 2^n = 2^4 = 16$ ). Para avaliação do erro experimental realizou-se a réplica desses 16 experimentos. A variável resposta avaliada no planejamento fatorial foi a recuperação metálica de zinco.

Tabela IV.1: Variáveis e níveis escolhidos para planejamento fatorial

N <sup>o</sup>	Código	Variáveis	Níveis	
			-	+
a	NS	Sulfeto de sódio(g/t)	500	2000
b	AM	Emulsão (Amina / Óleo Diesel / MIBIC )(g/t)	200	500
c	PA	Silicato de Sódio(g/t)	0	1000
d	CM	Hexametáfosfato de sódio(g/t)	0	1000

O planejamento dos experimentos está apresentado na Tabela IV.2. A ordem de execução dos testes foi aleatória, através de sorteio. As colunas da tabela IV.2 têm os seguintes significados:

- i. experimentos: indica a numeração dos ensaios;
- ii. variáveis: mostram a interação entre as variáveis, referentes a seus níveis;
- iii. ordem: indica ordem de execução de cada experimento, definida através de sorteio;
- iv. variáveis a, b, c, d: representam as condições e níveis operacionais de cada variável, sendo (-) o nível inferior e (+) o nível superior.

Tabela IV.2: Experimentos do Planejamento Fatorial

Experimentos	variáveis	Ordem	a	b	c	d
			Sulfeto de Sódio	Emulsão	Silicato de Sódio	Hexametáfosfato de Sódio
1	t	2	-	-	-	-
2	a	7	+	-	-	-
3	b	10	-	+	-	-
4	ab	14	+	+	-	-
5	c	11	-	-	+	-
6	ac	5	+	-	+	-
7	bc	15	-	+	+	-
8	abc	4	+	+	+	-
9	d	9	-	-	-	+
10	ad	6	+	-	-	+
11	bd	12	-	+	-	+
12	abd	8	+	+	-	+
13	cd	1	-	-	+	+
14	acd	13	+	-	+	+
15	bcd	3	-	+	+	+
16	abcd	16	+	+	+	+

#### 4.2 Ensaios de flotação do minério de willemita

Para os ensaios de flotação foi utilizada a célula mecânica de flotação da CIMAQ INÚSTRIA S.A, modelo CFB-1000 do departamento de Engenharia de Minas (figura 4.1). Os ensaios realizados seguiram os seguintes procedimentos:

- i. amostra de 1000g e 30% de sólidos em cuba de acrílico (figura 4.1) e agitação da polpa;
- ii. adição de depressor (CaO e MgO) e condicionamento por 2 minutos;
- iii. adição de dispersante e condicionamento por 2 minutos;
- iv. adição de sulfeto de sódio na concentração desejada, medição do pH e condicionamento por 3 minutos;
- v. adição de coletor ou emulsão e espumante e condicionamento por 2 minutos;
- vi. flotação por 2 minutos, obtendo os produtos afundado e flotado;
- vii. repetição da seqüência mais duas vezes, obtendo-se finalmente três concentrados.



Em todos os ensaios a rotação da célula permaneceu em 1000rpm e a vazão de ar na flotação em 8 L/min.

Os reagentes que foram utilizados e suas respectivas concentrações na solução estão apresentados abaixo:

- i. coletores: amina da Clariant (Flotigan 2835-2L) e amidaminas (Redicote C 450 e Redicote C 471), solução 1% p/p;
- ii. espumante: MIBIC solução 1% p/p;
- iii. agente ativador e modificador do pH: sulfeto de sódio e barrilha a 6,8% p/p, sendo uma solução de 68% de sulfeto de sódio e outra de 32% de barrilha;
- iv. agente dispersante: hexametáfosfato e silicato de sódio a 1% p/p;
- v. depressores: cal e carboximetilcelulose;
- vi. emulsão de óleos diesel e naturais, coletor e espumante a 3% p/p, na proporção de 1:0,16:0,4 (amina:diesel:MIBIC). Os óleos naturais testados foram: mamona, babaçu, pinho, eucalipto, azeite de mamona e coco de babaçu.

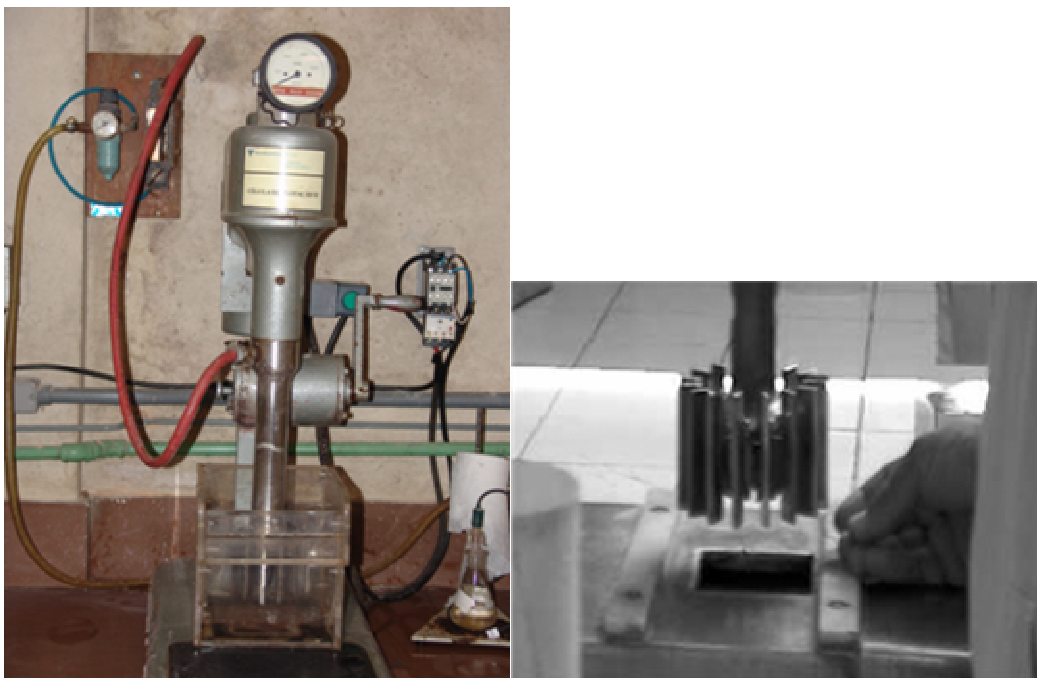


Figura 4.1: Fotos da célula de flotação CIMAG

## CAPÍTULO V – RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Planejamento fatorial dos experimentos

Segue abaixo, na tabela V.1, os resultados do planejamento fatorial, obtidos a partir do algoritmo de Yates.

Tabela V.1: Resultados do planejamento fatorial através do algoritmo de Yates.

Experimentos	Efeito	R1	R2	R1+R2	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	DM=(Y-4)/16	(R1-R2)	(R1-R2) <sup>2</sup>	Tcal=DM/EPDM	Significância*
<b>1</b>	<b>t</b>	83,00	84,57	167,57	332,54	666,57	1347,37	2672,95	167,06	-1,57	2,46	269,29	-
<b>2</b>	<b>a</b>	81,44	83,53	164,97	334,03	680,80	1325,58	14,71	0,92	-2,09	4,37	1,48	n
<b>3</b>	<b>b</b>	80,86	80,52	161,38	337,57	666,56	-0,29	47,25	2,95	0,34	0,12	4,76	s
<b>4</b>	<b>ab</b>	85,09	87,56	172,65	343,23	659,02	15,00	-18,39	-1,15	-2,47	6,10	-1,85	n
<b>5</b>	<b>c</b>	84,33	85,80	170,13	323,18	8,67	7,15	6,69	0,42	-1,47	2,16	0,67	n
<b>6</b>	<b>ac</b>	84,99	82,45	167,44	343,38	-8,96	40,10	-19,03	-1,19	2,54	6,45	-1,92	n
<b>7</b>	<b>bc</b>	87,17	87,58	174,75	319,56	8,20	10,29	3,87	0,24	-0,41	0,17	0,39	n
<b>8</b>	<b>abc</b>	84,62	83,86	168,48	339,46	6,80	-28,68	-8,21	-0,51	0,76	0,58	-0,83	n
<b>9</b>	<b>d</b>	77,61	77,19	154,80	-2,60	1,49	14,23	-21,79	-1,36	0,42	0,18	-2,20	s
<b>10</b>	<b>ad</b>	84,52	83,86	168,38	11,27	5,66	-7,54	15,29	0,96	0,66	0,44	1,54	n
<b>11</b>	<b>bd</b>	87,24	87,14	174,38	-2,69	20,20	-17,63	32,95	2,06	0,10	0,01	3,32	s
<b>12</b>	<b>abd</b>	84,36	84,64	169,00	-6,27	19,90	-1,40	-38,97	-2,44	-0,28	0,08	-3,93	s
<b>13</b>	<b>cd</b>	77,99	77,66	155,65	13,58	13,87	4,17	-21,77	-1,36	0,33	0,11	-2,19	s
<b>14</b>	<b>acd</b>	82,36	81,55	163,91	-5,38	-3,58	-0,30	16,23	1,01	0,81	0,66	1,64	n
<b>15</b>	<b>bcd</b>	83,55	86,91	170,46	8,26	-18,96	-17,45	-4,47	-0,28	-3,36	11,29	-0,45	n
<b>16</b>	<b>abcd</b>	83,67	85,33	169,00	-1,46	-9,72	9,24	26,69	1,67	-1,66	2,76	2,69	s

\* Ocorre significância quando  $T_{cal}$  é maior que 2,12 ( $T_{tab}$ )

Segue abaixo, a análise dos resultados e das interações das variáveis estudadas no planejamento fatorial:

Na análise das variáveis isoladas notou-se que:

- i. a recuperação na flotação não foi significativa para a variável sulfeto de sódio, ou seja, a recuperação não aumentou quando a concentração desse reagente passou do nível inferior (500g/t) para o superior (2000g/t), conforme o experimento 2 da tabela V.1. Salum (1982) investigou a flotação dos minerais de zinco em tubo de Hallimond e observou que o aumento da concentração de sulfeto de sódio melhorou a recuperação até um determinado valor (em torno de pH 10), a partir do qual concentrações maiores não foram significativas. Para uma concentração de 500g/t de sulfeto de sódio o pH de flotação ficou em torno de 9,4 e para uma concentração de 2000g/t em 10,5;
- ii. a emulsão de amina/óleo diesel/MIBIC foi o reagente que apresentou o efeito mais significativo na resposta, de acordo com o experimento 3.
- iii. o silicato de sódio também não foi significativo (conforme experimento 5);
- iv. o hexametáfosfato de sódio foi significativo na resposta, porém mostrou que a elevação da concentração desse reagente provocou uma diminuição na recuperação (experimento 9);

Na análise da interação das teve-se que:

- v. a interação da emulsão com o hexametáfosfato mostrou ser significativa, apresentando um aumento na recuperação quando essas variáveis passam do nível inferior ao superior (conforme experimento 11). Pereira (2004) estudou a dispersão e flotação do minério com calamina de zinco e mostrou que dentre os dispersantes estudados (CMC, calgon, hexametáfosfato de sódio e dispersol), o hexametáfosfato foi o reagente mais efetivo nos testes de dispersão, porém na flotação foi menos efetivo que o silicato de sódio;

- vi. a interação da emulsão com sulfeto de sódio, hexametáfosfato e silicato de sódio foi significativa, como mostra o experimento 16. Shijie, (1984) proporcionou um aumento de 22,45 a 35,08% de teor Zn e 42,07 a 80,28% de recuperação, utilizando uma amina emulsificada com sulfeto de sódio, na proporção aproximada de 1:60, mais a combinação de hexametáfosfato de sódio e silicato de sódio;
- vii. a interação da emulsão com sulfeto de sódio e hexametáfosfato mostrou ser significativa, porém apresentou uma diminuição na recuperação quando essas variáveis passam do nível inferior ao superior (experimento 12);
- viii. a interação do silicato de sódio com o hexametáfosfato mostrou ser significativa, mostrando uma diminuição na recuperação quando essas variáveis passam do nível inferior ao superior (experimento 13);
- ix. os ensaios com interação da emulsão, do silicato de sódio e do hexametáfosfato de sódio apresentaram uma maior recuperação na flotação, acima de 87% (de acordo com os experimentos 7 e 11). O hexametáfosfato de sódio e o silicato de sódio favorecem a flotação, pois ambos atuam tanto como dispersantes do mineral de zinco quanto como depressores dos minerais indesejáveis presentes no minério (Parsonage et alli, 1984) e (Shijie, 1984);

Como resumo dos ensaios fatoriais a seguinte condição padrão foi estabelecida para a continuidade dos estudos:

- i. sulfeto de sódio a 500g/t;
- ii. emulsão de amina / óleo diesel / MIBIC a 500g/t;
- iii. silicato de sódio a 1000g/t, por ser mais barato que o hexametáfosfato de sódio.

## **5.2 Ensaios com depressores de dolomita**

Nestes ensaios se estudou o uso de depressores na flotação do minério de zinco. Os depressores testados foram a cal e o carboximetilcelulose (CMC) na presença de sulfeto de sódio (500g/t), emulsão amina/óleo diesel/MIBIC (500g/t), na proporção de 1:0,16:0,4 e silicato de sódio (1000g/t). Também se estudou a variação da concentração

da cal, como pode ser visto na figura 5.1. Segue abaixo, as observações feitas nos testes com depressores:

- i. o aumento na concentração de cal diminuiu tanto o teor de zinco no concentrado quanto a sua recuperação, sendo os melhores resultados obtidos com uma concentração de 50g/t de CaO. Lu et alli (1997) destacaram a presença de íons de cálcio no estudo da dispersão de minerais de quartzo e hematita (minerais indesejáveis presentes no minério willemítico de zinco de Vazante), onde a presença dos íons de cálcio e magnésio diminuiu o grau de dispersão desses minerais, tornando-se mais acentuada sua ação na sedimentação dos minerais acima de pH 10. A agregação desses minerais presentes no minério de zinco aumenta a seletividade, melhorando o processo de flotação. O uso da cal como depressor libera íons de cálcio na polpa de flotação;
- ii. o depressor CMC apesar de ter apresentado uma menor recuperação em relação a cal com 50g/t , mostrou uma maior seletividade, destacando-se também em relação à distribuição de CaO no concentrado. O ensaio com CMC obteve-se uma distribuição de CaO no concentrado de 46,35% e o ensaio com 50g/t de cal uma distribuição de CaO bem maior (54,55%). Zheng e Smith (1997) na flotação de apatita e Pereira (2004) na flotação de calamina também demonstraram o bom desempenho do CMC na depressão de dolomita. Rey et alii (1962) testaram uma emulsão de amina e óleo diesel mais CMC na flotação de minério oxidado de zinco, influência de cátions na água na flotação de minérios oxidados. Eles obtiveram uma recuperação de 82,6% com teor de 38,95% de zinco no concentrado, ao passo que com a amina não emulsificada os resultados ficaram em 34,94 e 64,5% para teor de zinco no concentrado e recuperação, respectivamente.

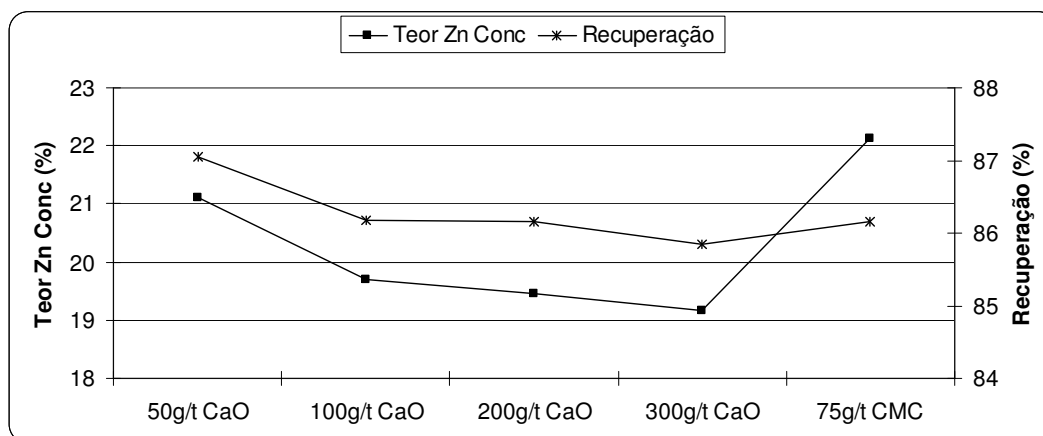


Figura 5.1: Resultados de flotação da willemita, comparando a performance dos depressores cal e CMC.

Nos testes mostrados acima se estudou o uso dos depressores combinados com sulfeto de sódio, emulsão e silicato de sódio. Utilizou-se o silicato de sódio, pois o resultado obtido no planejamento fatorial com menor concentração de sulfeto de sódio e sem dispersante mostrou uma recuperação de apenas 80,69% com teor de zinco no concentrado de 22,16%, ao passo que quando se utilizou o silicato de sódio a recuperação aumentou para 87,38% com 22,96% de teor de zinco no concentrado. A tabela V.2 mostra os resultados da utilização da cal com e sem silicato de sódio, na presença de 500g/t de sulfeto de sódio e 500g/t de emulsão de amina/óleo diesel/MIBIC (proporção de 1:0,16:0,4).

Tabela V.2: Descrição dos reagentes utilizados nos testes de flotação com a depressor cal.

Teste	Teor Zn Concentrado(%)	Recuperação(%)
50g/t cal sem silicato de sódio	20,9	87,49
50g/t cal + 1000g/t silicato de sódio	20,49	87,37

Os resultados apresentados acima mostram que a flotação do minério de zinco com a cal sem o dispersante foram praticamente iguais tanto para teor de zinco no concentrado quanto para a sua recuperação. Esse resultado é bastante satisfatório já que a cal é um reagente mais barato que o silicato de sódio.

### 5.3 Estudo de Emulsões

Atualmente, a Votorantim Metais utilizada para flotar o zinco a partir do minério willemítico de Vazante, os reagentes sulfeto de sódio (ativador e modulador pH), amina (coletor) e MIBIC (espumante). Neste estudo se testou o uso de amina emulsificada com óleo diesel, além da utilização dos óleos naturais emulsificados com amina.

#### 5.3.1 Comparação dos coletores amina e emulsão

Nos testes abaixo de uma emulsão de amina/óleo de diesel/MIBIC, na proporção de 1:0,16:0,4, além dos dispersantes silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio. Na figura 5.2 pode-se notar a comparação da amina com a emulsão através dos testes Emulsão 1, Emulsão 2, amina 1 e Amina 2, descritos conforme a tabela V.3.

Tabela V.3: Descrição dos reagentes utilizados nos testes de flotação com os coletores amina e emulsão

Teste	Ativador	Coletor	Dispersante
Emulsão 1	sulfeto de sódio, 500g/t	emulsão, 500g/t	silicato de sódio, 1000 g/t
Emulsão 2	sulfeto de sódio, 500g/t	emulsão, 500g/t	hexametáfosfato, 1000 g/t
Amina 1 *	sulfeto de sódio, 1878g/t	amina, 120g/t	-
Amina 2	sulfeto de sódio, 500g/t	amina, 500g/t	silicato de sódio, 1000 g/t

\* Condição representativa da operação atual Vazante.

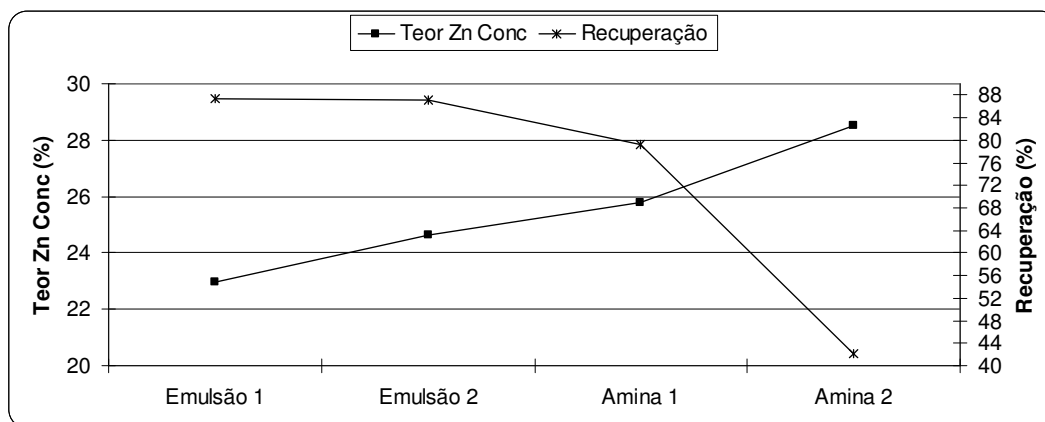


Figura 5.2: Comparação de amina emulsificada com a amina não emulsificada.

Os testes comparativos entre emulsão e amina permitiram as seguintes observações:

- i. os ensaios em que se utilizou a emulsão proporcionaram recuperações muito mais altas que os ensaios em que se utilizou amina, mesmo quando se aumentou a concentração de sulfeto de sódio (Amina 1);
- ii. a combinação da emulsão com hexametáfosfato de sódio (Emulsão 2) apresentou um teor de zinco no concentrado um pouco maior que a emulsão com silicato de sódio (Emulsão 1). Ambos os ensaios alcançaram recuperações praticamente iguais;
- iii. quando se testou uma baixa concentração de sulfeto de sódio para emulsão e amina (Emulsão 1 e 2 e Amina 2) notou-se que a recuperação caiu significativamente quando se utilizou amina como coletor, mostrando que o uso da emulsão permitiu flotar este minério de zinco com uma menor concentração de sulfeto de sódio. Pereira (2004) estudou a flotação de minério com calamina e observou a possibilidade de flotar em valores de pH mais baixos, ou seja, menores concentrações de sulfeto de sódio quando se utilizou uma emulsão de amina/ óleo diesel e MIBIC. Assim, não importa o valor de pH e sim a quantidade de sulfeto necessária para proporcionar a ativação da willemita entre os diversos minerais presentes.
- iv. Pelos resultados acima verificou-se o significativo aumento de performance com a utilização de emulsão em comparação com a condição atual do processo em Vazante.

### **5.3.2 Estudo de aminas emulsificadas com óleos naturais**

A substituição do óleo diesel por um óleo vegetal na flotação proporcionará um menor impacto ao meio ambiente. Assim, neste estudo se testou a emulsão de amina com óleos naturais, comparando o desempenho desses óleos com a emulsão de amina com óleo diesel (figura 5.3).



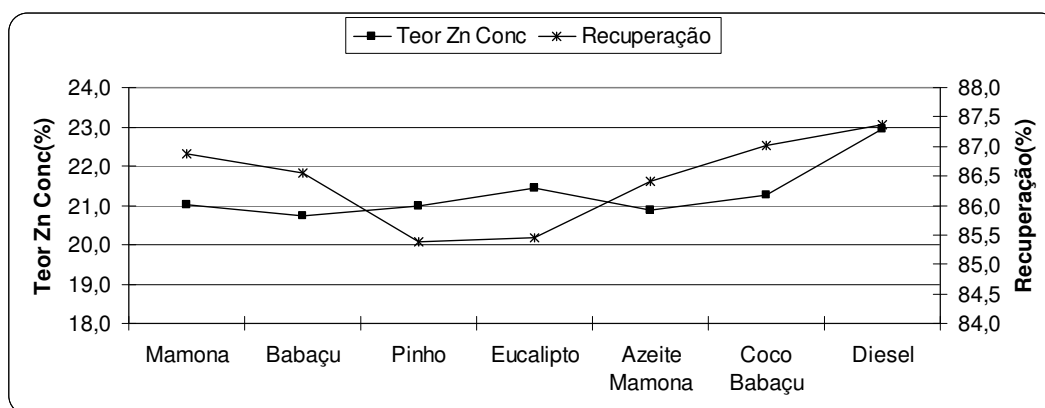


Figura 5.3: Emulsão de amina com óleos naturais e MIBIC na proporção de 1:0,16:0,4.

Dentre os óleos vegetais testados, a mamona e o coco babaçu foram os que mais se destacaram, apresentando recuperações de zinco em torno de 87%. Apesar da recuperação de zinco na flotação ao se utilizar a emulsão de amina com mamona ou com coco babaçu ter se aproximado da emulsão de amina com óleo diesel, os seus resultados de teor de zinco no concentrado foram, aproximadamente, inferiores a 2%. Assim, a emulsão de amina com óleo diesel foi mais efetiva que a emulsão de amina com os óleos naturais.

#### 5.4 Aplicação de amidaminas

Na figura 5.4 estão apresentados os resultados da aplicação da emulsão de óleo diesel com dois tipos de amidaminas, Redicote C-450 e Redicote C-471, ambos fabricados pela Akzo Nobel Ltda. Esses reagentes são derivados de sebo amina (amina gordurosa).

Nestes ensaios se comparou o desempenho da emulsão de óleo diesel com as amidaminas, com a emulsão de óleo diesel com amina e a amina não emulsificada. Além disso, observou-se a performance da variação da concentração da emulsão de óleo diesel, descrita na tabela V.4. Em todos os ensaios se utilizou a cal como depressor na concentração de 50g/t. A emulsões de amina ou amidamina com óleo diesel e MIBIC foram preparadas na proporção de 1:0,16:0,4

Tabela V.4: Descrição dos reagentes utilizados nos testes de flotação com os coletores amidamina, amina emulsificada e não emulsificada

<b>Teste</b>	<b>Ativador</b>	<b>Coletor</b>	<b>Espumante</b>
Emulsão 1	Sulfeto de sódio, 500g/t	emulsão, 100g/t	-
Emulsão 2	Sulfeto de sódio, 500g/t	emulsão, 200g/t	-
Emulsão 3	Sulfeto de sódio, 500g/t	emulsão, 500g/t	-
Amina	sulfeto de sódio, 1645g/t	amina, 142g/t	41g/t
Amidamina 1	sulfeto de sódio, 500g/t	emulsão, 500g/t	-
Amidamina 2	sulfeto de sódio, 500g/t	emulsão, 500g/t	-

Esses testes indicaram que:

- i. a emulsão de óleo diesel com as amidaminas 1 e 2 mostrou resultados inferiores a amina emulsificada com óleo diesel e a amina não emulsificada, tanto em relação ao teor de zinco no concentrado quanto à recuperação de zinco. A amidamina 2 (Redicote C-471) apresentou uma maior recuperação em relação à amidamina 1 (Redicote C-450), embora o teor de zinco no concentrado ficasse um pouco menor;
- ii. O aumento na concentração da emulsão de amina e óleo diesel aumentou a recuperação, porém reduziu significativamente o teor de zinco no concentrado. Quando se aumentou a concentração de 100 para 200g/t de emulsão houve um grande aumento na recuperação (em torno de 87%) e a queda no teor de zinco no concentrado não foi tão acentuada quanto para a concentração de 500g/t de emulsão;
- iii. Mais uma vez se comprovou a melhor performance da amina emulsificada com óleo diesel em relação à amina não emulsificada, lembrando que para a amina emulsificada se utilizou apenas 500g/t de sulfeto de sódio, enquanto que para a amina não emulsificada se aplicou 1645g/t de sulfeto de sódio;

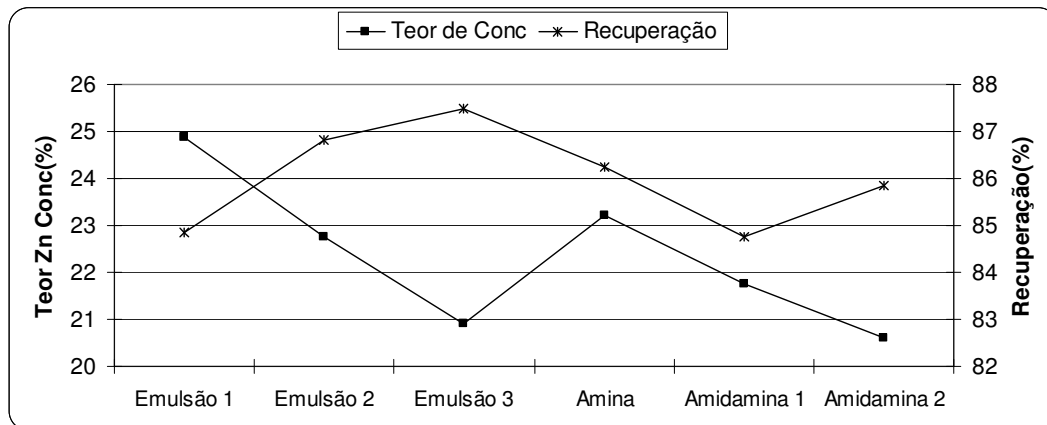


Figura 5.4: Resultados da aplicação de amidaminas na flotação do minério de zinco, comparando-as com amina emulsificada com óleo diesel e amina não emulsificada.

## CONCLUSÕES

- i. A amina emulsificada apresentou um bom desempenho na flotação do minério de zinco mesmo quando se utilizou uma concentração de 500g/t de sulfeto de sódio, economizando aproximadamente 60% em relação ao praticado atualmente na usina;
- ii. A interação da amina emulsificada com silicato de sódio ou com hexametáfosfato aumentou significativamente a recuperação na flotação;
- iii. A cal foi mais efetiva que o CMC, porém o depressor CMC apresentou uma menor distribuição de CaO no concentrado;
- iv. O aumento na concentração de cal acima de 50g/t não aumentou a seletividade e o uso da cal, como depressor, dispensou a aplicação do dispersante na flotação;
- v. A amina não emulsificada alcançou um baixo desempenho na flotação quando se utilizou uma baixa concentração de sulfeto de sódio;
- vi. Entre os óleos naturais testados, a mamona e o coco de babaçu atingiram bons resultados na flotação, mostrando como opção para o sistema de reagentes;
- vii. A emulsão de óleo diesel com as amidaminas apresentou resultados inferiores quando comparado com a emulsão de óleo diesel com amina;
- viii. O aumento na concentração na emulsão de amina melhorou a recuperação na flotação. Uma concentração de 200g/t de emulsão apresentou resultados satisfatórios.

## RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS

- i. O uso da emulsão de amina com óleo diesel e MIBIC permitirá flotar este minério de zinco em valores de pH mais baixos, com redução significativa de sulfeto de sódio e barrilha;
- ii. Identificação de óleos naturais como substituto do diesel
- iii. Aplicação de dispersantes combinados à emulsão de amina com diesel; até então eram usados apenas para minérios de zinco com grande presença de argilas;
- iv. Introdução de depressores de dolomita poderá reduzir a quantidade dos óxidos de cálcio e magnésio, prejudiciais ao processo hidrometalúrgico do zinco.

### SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

- i. Testar este sistema de reagentes (baixa concentração de sulfeto de sódio, emulsão amina/óleo diesel/MIBIC, cal e/ou silicato de sódio) em escala piloto e industrial;
- ii. Testar este sistema de reagentes na planta de concentração de calamina;
- iii. Estudar outros reagentes depressores de CaO, MgO e SiO<sub>2</sub>; tais como, amido, quebracho, ácido tânico e lignina na flotação do minério de zinco;
- iv. Estudar reagentes depressores de ferro na flotação de zinco;
- v. Investigar o uso de amina emulsificada com óleo diesel misturado a outros óleos naturais e mistura de amina com xantato;
- vi. Estudar o controle de potencial de sulfetização e adição estagiada de sulfeto de sódio para o minério de zinco de Vazante;
- vii. Estudar novas proporções de emulsão na flotação de zinco.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINO, I. C.; CARVALHO, J. A. S., 1975, Concentração de minério oxidado de cobre por flutuação, III Encontro Nacional de Tratamento de Minérios, p. 101-112.

BALTAR, C. A. M.; VILLAS BOAS, R. C., 1980, Flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor. Série Tecnologia Mineral, n 8, seção beneficiamento, DNPM, 13 p.

BARBARO, M.; PIGA L., 1999, Comparison of Pb-Zn selective collectors using statistical methods, Minerals Engineering, p. 355–366.

BARONE, R. H. D. T., 1973, Perfil analítico do zinco, DNPM, boletim 26, Rio de Janeiro, 37 p.

Billi, M., 1957, How Gorno recovers oxidized zinc, Engineering and Mining Journal, p. 82–86.

BILLI, M.; QUAI, V., (1963) opus cit BALTAR, C. A. M.; VILLAS BOAS, R. C., 1980, Flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor. Série Tecnologia Mineral, n 8, seção beneficiamento, DNPM, 13 p.

BORGES, A. A. M., 1993, Influência do estado de dispersão na flotabilidade de minério oxidado de zinco. Dissertação de mestrado, UFMG, 189 p.

BORGES, A. A. M.; MAFFEI, A. C.; SILVA, M. E. M. C., 1996, A concentração de minérios oxidados de zinco willemíticos com ganga ferruginosa através de separação magnética e flotação – escala piloto, IV Congresso Ítalo-Brasileiro de Engenharia de Minas, Canela-RS/Brasil, p. 432-437.

BORGES, A. A. M.; MAFFEI, A. C.; SILVA, M. E. M. C., 1996, Estudos visando a concentração de minérios oxidados de zinco willemíticos, de médio teor, através de flotação – escala piloto, IV Congresso Ítalo-Brasileiro de Engenharia de Minas, Canela-RS/Brasil, p. 427-431.

BORGES, A. A. M.; MAFFEI, A. C., 1997, Treatment of willemitic ores with medium grade of zinc and calaminic ores with low grade of zinc, 5th Southern Hemisphere Meeting on Mineral Technology.

BORGES, A. A. M.; PERES, A. E. C., 1993, Influência do estado de dispersão na flotabilidade de minério oxidado de zinco, II Congresso Ítalo-Brasileiro de Engenharia de Minas, São Paulo/Brasil, p. 771-787.

BULATOVIC, S. M., 1999, Use of organic polymers in the flotation of polymetallic ore: a review. *Minerals Engineering*, p. 341–354.

BUSTAMANTE, H.; SHERGOLD, H. L., 1983, Surface chemistry and flotation of zinc oxide minerals: flotation with dodecylamine. *Trans. Am. Institute Mining and Metallurgy, (Sec. C Mineral Process Extractive Metallurgy)*, p. C201–C207.

BUSTAMANTE, H.; SHERGOLD, H. L., 1983, Surface chemistry and flotation of zinc oxide minerals 2: Flotation with chelating reagents. *Trans. Am. Institute Mining and Metallurgy, (Sec. C Mineral Process Extractive Metallurgy)*, p. C208–C215.

CABO, S. S., 1985, Redução no consumo de Na<sub>2</sub>S no tratamento de minérios oxidados de chumbo, XI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, Natal-RN/Brasil, p. 05-13.



CAPRONI, G.; CICCUCO, R.; GHIANI, M.; TRUDU, L., 1979, The processing of oxidized lead and zinc ores in the Campo de Pisano and San Giovanni Plants (Sardinia). XIII International Mineral Processing Congress, Warsaw, **1**, p. 70–91.

CASTRO, S.; GAYTAN, H.; GOLDFARB, J., 1976, The stabilizing effect of Na<sub>2</sub>S on the collector coating of chrysocolla. International Journal of Mineral Processing, **3**, p. 71–82.

CEBECI, Y., 2002, The investigation of the floatability improvement of Yozgat Ayridam lignite using various collectors, Fuel 81, p. 281-289.

CICCUCO, R.; CURRELI, L.; GHIANI, M., 1979, The beneficiation of lean semioxidized lead-zinc ores. Technical and economical evaluation of different flotation flowsheets applied to Sardinian ore. p. 124–143.

CONSTANTINO, W., 1975, Contribuição à caracterização tecnológica dos minérios de zinco de Vazante/MG, III Encontro Nacional de Tratamento de Minérios, p. 1-12.

CROZIER, R. D., 1992, Flotation: theory, reagents and ore testing. Oxford: Pergamon, 343 p.

NEVES, C. A. R., DNPM, 2006, Sumário Mineral Brasileiro 2006, Brasília-DF/Brasil, p. 119-120.

DOWN, F. R.; TURNER J., 1970, Concentration of oxide at Tynagh, in: RAUCH, D. O.; MARIACHER, B. C., AIME World Symposium on Mining & Metallurgy of Lead & Zinc. The American Institute, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York, p. 710–731.

FERRARA, G., 1970, Treatment methods of oxidized lead-zinc ores at Ammi's Mine in Sardinia, in: RAUCH, D. O; MARIACHER, B. C., AIME World Symposium on

Mining & Metallurgy of Lead & Zinc. The American Institute, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York, p. 732–769.

FORMANEK, V. (1967) opus cit Rey, M., 1979, Memoirs of milling and process metallurgy:1 – flotation of oxidized ores, Transactions Institution of Mining and Metallurgy, section c, p. C245–C250.

FURSTENAU; RAGHAYAN, opus cit Baltar, C. A. M.; VILLAS BOAS, R. C., 1980, Flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor. Série Tecnologia Mineral, n 8, seção beneficiamento, DNPM, 13 p.

GALERY, R.; SALUM, M. J. G.; PERES, A. E. C., 1985, Interação de reagentes na flotação catiônica de minério silicatado de zinco do tipo willemítico, XI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, Natal-RN/Brasil, p. 61-75.

GAUDIN, A. M.; HARRIS, D. L., 1954, Adsorption of a mercaptan on zinc minerals, Trans. aim., Mining Engineering.

GLEMBOTSKI, V. A.; KLASSEN, V. I.; PLASKIN, I. N., 1972, Flotation, New York, primary Sources, 633 p.

JANUSZ, W.; SZYMULA, M.; SZYMULA, J., 1982, Flotation of synthetic zinc carbonate using potassium ethylxanthate, International Journal of Mineral Processing, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, p. 79-87.

JESUS, C. A. G., 2000, Sumário Mineral, Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, 50 p.

JESUS, C. A. G., 2003, Sumário Mineral, Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, p. 128 – 129.

JOLLY, J. H., 1997, A history, statistics, and glossary, Baltimore, Maryland, 312 p.

JONES, M. G.; WOODCOCK, J. T, 1979, Control of laboratory sulphidization with a sulphide ion-selective electrode before flotation of oxidized lead-zinc-silver dump material, *International Journal of Mineral Processing*, p 17–30.

LIERDE, A. V., 1972, Effects of acrylate polymers on the sulphidization flotation of copper, lead and zinc oxide ores associated with a carbonate gangue *Institution of Mining and Metallurgy* , December, p. C204–C212.

LU, S., FANG, Q., NIU, J., 1997, Dispersion control in mineral processing. *Proceedings of the XX IPMC-Aachen*, p. 129-139.

LUVIZOTTO, G. R., LIMA, R. M., 2003, Estudo da flotabilidade da apatita, calcita e dolomita, visando uma maior seletividade na flotação de fosfatos carbonatados, *Relatório Final PIP, Universidade Federal de Ouro Preto*, p. 62.

LUZ, A. B.; BALTAR, C. A. M., 1982, Flotação de oxidados de zinco em escala piloto. *Série Tecnologia Mineral*, n 24, seção beneficiamento, DNPM, 15 p.

MALGHAN, S. G., 1986, Role of sodium sulfide in the flotation of oxidized copper, lead, and zinc ores, *Minerals and Metallurgical Processing, SME*. p. 158–163.

MARABINI, A. M.; ALESSE, V.; GARBASSI, F., 1984, Role of sodium sulphide xanthate and amine in flotation of lead–zinc oxidized ore. *Reagents in the minerals industry*, *The Institution of Mining and Metallurgy*, Edited by Jones J.; Oblatt R., p. 125–136.

MOREIRA, W. R., 2003, Estudo da ação de diversos reagentes na dispersão do minério oxidado abaixo de 37  $\mu\text{m}$  da Companhia Mineira de Metais por eletroforese, *Relatório Final de Projeto – PIVIC*, p. 45.

MOREIRA, W. R., CARVALHO, M. A., SILVA, T.A.V., PEREIRA, C.A. , 2005, Estudo do efeito da temperatura no processo de concentração por flotação da willemita. XXI ENTMME, Natal, RN, p. 373 a 375.

OLIVEIRA, H; RUSSO, M. C.; PEREIRA, C. A., 2005, Flotação de Silicatado de Zinco (Calamina). XXI ENTMME, Natal, RN, p. 379 a 386.

PARSONAGE, P.; MELVEN, D.; HEALEY, A. F.; WATSON, D., 1984, Depressant function in flotation of calcite, apatite e dolomite. Reagents in the minerals industry, The Institution of Mining and Metallurgy, Edited by Jones J.; Oblatt R., p. 30–40.

PEREIRA, C. A., 2004, Estudo da dispersão e concentração da lama de minério oxidado de zinco, Tese de doutorado, UFMG.

PEREIRA, C. A.; PERES, A. E. C., 2005, Reagents in oxidised zinc ores flotation. Minerals Engineering. V. 18 p. 275 a 277.

PEREIRA, C. A.; PERES, A. E. C.; OLIVEIRA, M. L. M.; MARTINS, A. H.; DA SILVA, T. A. V., 2004, Estudo da dispersão da lama de calamina, XX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Florianópolis-SC/Brasil, volume 2, p. 19-26.

PERES, A. E. C.; BORGES, A. A. M.; GALERY, R., 1994, Technical note the effect of the dispersion degree on the floatability of an oxidized zinc ore, Minerals Engineering, N° 11, vol. 7, p. 1435-1439.

PERES, A. E. C.; COELHO, E. M., 1974, Concentração em mesa vibratória e flutuação do minério de zinco de Vazante. Relatório.

RAFFINOT P. G., 1970, Monograph of four ore-dressing plants owned by the Societé Minière et Metallurgique de Penarroya treating oxidized ores of lead and zinc, in: RAUCH, D. O.; MARIACHER, B. C., AIME World Symposium on Mining and Metallurgy of Lead and Zinc, New York, p. 770–811.

Rey, M., 1979, Memoirs of milling and process metallurgy:1 – flotation of oxidized ores, Transactions Institution of Mining and Metallurgy, section c, p. C245–C250.

REY, M., 1965, Quinze annés de flotation des calamines, Revue de L'industrie Minérale, 47, p. 105-120.

REY, M.; MERRE, P.; MANCUSO, R.; FORMANECK, V., 1962, Quelques progrès récents dans la flottation des minerais oxidés de cuivre, de plomb et zinc, Minerale, vol. XLIV, p. 349–360.

REY, M.; RAFFINOT, P., 1953, The flotation of oxidized zinc ores, Inst. Metall., London, p. 571-579.

REY, M.; SITIA, G.; RAFFINOT, P.; FORMANEK, V., 1954, Flotation of oxidized zinc ores, Trans. Aim., Mining Engineering, p. 416-420.

RIGOBELLO, A. E.; BRANQUINHO, J. A.; DANTAS, M. G. S.; DE OLIVEIRA, T. F.; FILHO, W. N., 1987, Mina de zinco de Vazante, Minas Gerais, capítulo X, Metais Básicos Não-Ferrosos, Ouro e Alumínio – Chumbo, Principais Depósitos Minerais do Brasil, p. 101-110.

RINELLI, G.; MARABINI, A. M., 1973, Flotation of zinc and lead oxide-sulphide ores with chelating agent, 10<sup>th</sup> International Mineral Processing Congress, IMM, London, p. 493–529.

SALUM, M. J. G., 1982, Estudo da flotação dos minerais silicatados de zinco com amina em sistema sulfetizado, Dissertação de mestrado UFMG, 89 p.

SALUM, M. J. G.; ARAUJO, A. C.; PERES, A. E. C., 1992, The role of sodium sulphide in amine flotation of silicate zinc minerals. *Minerals Engineering*, 5, p. 411–419.

SHIJIE, T., 1984, Flotation of oxidized and complex lead-zinc ores: research and practice, International Conference Mineral Processing and Extractive Metallurgy, edited by Jones M. J.; Gill P., Yunnan Province, People's Republic of China, October to November, p. 541–552.

SOMASUNDARAM ET ALII, opus cit Baltar, C. A. M.; VILLAS BOAS, R. C., 1980, Flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor. *Série Tecnologia Mineral*, n 8, seção beneficiamento, DNPM, 13 p.

SUTHERLAND; WARK, opus cit Baltar, C. A. M.; VILLAS BOAS, R. C., 1980, Flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor. *Série Tecnologia Mineral*, n 8, seção beneficiamento, DNPM, 13 p.

WILLS, M. (1988) opus cit CROZIER, R. D., 1992, Flotation: theory, reagents and ore testing. Oxford: Pergamon, 343 p.

ZHENG, X.; SMITH, R. W., 1997, Dolomite depressants in the flotation of apatite and colophane from dolomite, *Minerals Engineering*, Vol. 10, N° 5, p. 537-545.

## APÊNDICES

Segue abaixo, os formulários para obtenção dos resultados do planejamento fatorial a partir do algoritmo de Yates:

$$1) DM = \frac{Y - 4}{2^n}$$

$$2) \text{ Erro padrão da diferença média } = \tau_{\text{cal}} = DM / EPDM$$

$$3) \text{ Desvio padrão unitário } \sigma_u = \sqrt{\frac{(R_1 - R_2)^2}{2}}$$

$$4) \text{ Desvio padrão conjunto } = \sqrt{\frac{\sum (R_1 - R_2)^2}{2\phi_{\text{exp}}}}$$

$\phi_{\text{exp}}$  = número total de graus de liberdade do experimento

$$5) EPM_i \text{ (erro padrão médio inferior)} = EPM_s \text{ (erro padrão médio superior)} = \frac{\sigma_{\text{exp}}}{\sqrt{n}}$$

$$6) \text{ Erro padrão da diferença média } = EPDM = \sqrt{EPM_i^2 + EPM_s^2}$$

7) Se  $\tau_{\text{cal}} > \tau_{\text{tab}}$  a influência da variável é significativa

8)  $\tau_{\text{tab}} = \tau_{v; \alpha/2}$  = percentil  $(1 - \alpha/2)\%$  da distribuição t de Student

9)  $v = 2^n (r - 1)$  graus de liberdade no caso de planejamento fatorial  $2^n$  com r réplicas  
n é o número de variáveis

Os resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial, utilizando as variáveis ativador (sulfeto de sódio), coletor (emulsão de amina/óleo diesel/MIBIC), dispersante (Hexametáfosfato de sódio) e silicato de sódio para a flotação do minério de willemita são apresentados nas tabelas A.1 a A.16.

Tabela A.1: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 01

Cinética de flotação - Willemita																										
Teste de Flotação nº: teste 1							Data: 1/3/2005																			
Amostra: minério de willemita																										
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes																										
<b>Condições do Teste</b>																										
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																					
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato													
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml												
Concentrado 01	2	xx	8,84	10,39			250	4,41	0	xx	100	4	0	0												
Concentrado 02	2	xx	10,39	10,63			125	2,21	xx	xx	50	2	xx	xx												
Concentrado 03	2	xx	10,63	10,93			125	2,21	xx	xx	50	2	xx	xx												
Rejeito Final	xx	xx	10,93	10,65			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx												
<b>Resultados</b>																										
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial																			
			Zn	CaO	Zn	CaO	Zn	CaO																		
Alimentação calc.	1187,4	100,0	14,84	17,05	100,0	100,0		30																		
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																				
UF calculado	1187,4	100,0	14,84	17,05	100,0	100,0																				
Concentrado 01	269,9	22,73	23,92	11,43	36,6	15,2																				
Concentrado 02	227,3	19,14	31,15	8,90	40,2	10,0																				
Concentrado 03	118,5	9,98	19,56	13,36	13,2	7,8																				
Rejeito Final	571,7	48,15	3,09	23,71	10,0	67,0																				
Relação Fe / Zn Alim. Flotação							1,15																			
Correlação Sulfeto x Amina							2,5																			
Rec.Glob							84,57																			
Teor Zn							14,84																			
Teor Fe							17,05																			
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																				
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,71	84,57																				
Sulf. Sódio	500	419																								
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																								
Amina	200	168																								
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																								
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b>																										
Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x <sup>3</sup> -0,1812x <sup>2</sup> +6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																										
<b>84,57</b>																										
<b>Gráfico de distribuições</b>																										
$y = -3,3785x^2 + 40,362x - 30,571$																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Conc. (g/t)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>36,64</td> <td>23,92</td> <td>27,54</td> <td>12,17</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>76,82</td> <td>27,23</td> <td>25,36</td> <td>5,92</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>89,97</td> <td>25,75</td> <td>11,78</td> <td>3,09</td> </tr> </tbody> </table>							Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	36,64	23,92	27,54	12,17	4	76,82	27,23	25,36	5,92	6	89,97	25,75	11,78	3,09
Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																						
2	36,64	23,92	27,54	12,17																						
4	76,82	27,23	25,36	5,92																						
6	89,97	25,75	11,78	3,09																						



Tabela A.2: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 02

Cinética de flotação - Willemita																																	
Teste de Flotação n°: teste 2							Data: 3/3/2005																										
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes																																	
<b>Condições do Teste</b>																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Redox		Reagentes g/t																										
			Início	Fim	início	fim	Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato																				
Concentrado 01	2	xx	7,10	9,90			1000	17,65	0	xx	100	4	0	0																			
Concentrado 02	2	xx	9,90	10,30			500	8,82	xx	xx	50	2	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx	10,30	10,15			500	8,82	xx	xx	50	2	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx	10,15	9,95			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																			
<b>Resultados</b>																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>																										
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>1,21</b>																										
Alimentação calc.	1130,9	100,0	14,29	17,26	100,0	100,0	Correlação Sulfeto x Amina <b>10,0</b>																										
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	Rec.Glob <b>83,53</b>																										
UF calculado	1130,9	100,0	14,29	17,26	100,0	100,0	Teor Zn <b>14,29</b>																										
Concentrado 01	316,4	27,98	29,16	10,00	57,1	16,2	Teor Fe <b>17,26</b>																										
Concentrado 02	199,8	17,67	18,62	14,01	23,0	14,3																											
Concentrado 03	117,3	10,37	14,67	16,02	10,6	9,6																											
Rejeito Final	497,4	43,98	3,01	23,47	9,3	59,8																											
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,45	83,53																											
Sulf. Sódio	2000	1612																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	200	161																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
<p><b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b></p> <p>Base Rec. Cleaner - Equação rec.= <math>0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758</math> onde x = teor concentrado rougher ou scavenger <b>83,53</b></p>																																	
<p><b>Gráfico de distribuições</b></p> <p><math>y = -1,5462x^2 + 20,785x + 21,692</math></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conc. (g/t)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>57,08</td> <td>29,16</td> <td>23,09</td> <td>8,52</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>80,09</td> <td>25,09</td> <td>16,65</td> <td>5,24</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>90,74</td> <td>23,15</td> <td>9,34</td> <td>3,01</td> </tr> </tbody> </table>														Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	57,08	29,16	23,09	8,52	4	80,09	25,09	16,65	5,24	6	90,74	23,15	9,34	3,01
Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																													
2	57,08	29,16	23,09	8,52																													
4	80,09	25,09	16,65	5,24																													
6	90,74	23,15	9,34	3,01																													

Tabela A.3: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 03

Cinética de flotação - Willemita														
Teste de Flotação nº: teste 3							Data: 4/3/2005							
Amostra: minério de willemita														
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes														
Condições do Teste														
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t									
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato	
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml
Concentrado 01	2	xx	6,15	8,02			250	4,41	0	xx	250	10	0	0
Concentrado 02	2	xx	8,02	7,39			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx
Concentrado 03	2	xx	7,39	6,62			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx
Rejeito Final	xx	xx	6,62	5,95			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx
Resultados														
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>							
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>1,18</b>							
Alimentação calc.	1084,0	100,0	14,43	17,02	100,0	100,0								
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0								
UF calculado	1084,0	100,0	14,43	17,02	100,0	100,0								
Concentrado 01	276,2	25,48	20,42	13,65	36,1	20,4								
Concentrado 02	218,3	20,14	23,91	12,39	33,4	14,7								
Concentrado 03	140,4	12,95	21,28	13,44	19,1	10,2								
Rejeito Final	449,1	41,43	4,00	22,47	11,5	54,7								
							Correlação Sulfeto x Amina		1,0					
							Rec. Glob		80,86					
							Teor Zn		14,43					
							Teor Fe		17,02					
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.								
Disp.	xx	xx	xx	xx	5,01	80,86								
Sulf. Sódio	500	438												
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!												
Amina	500	438												
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!												
<p>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn</p> <p>Base Rec. Cleaner - Equação rec. = <math>0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758</math> onde <math>x</math> = teor concentrado rougher ou scavenger</p> <p style="text-align: center;"><b>80,86</b></p>														
<p style="text-align: right;"><math>y = -1,7833x^2 + 27,383x - 11,579</math></p> <p style="text-align: center;"><b>Gráfico de distribuições</b></p> <p> <span style="color: blue;">◆</span> Rec.              <span style="color: black;">■</span> Conc. Inst.              <span style="color: black;">▲</span> Conc. acum.              <span style="color: black;">■</span> Teor Rej.       </p> <p> <span style="color: blue;">—</span> Polinômio (Rec.)              <span style="color: black;">—</span> Polinômio (Conc. Inst.)              <span style="color: black;">—</span> Polinômio (Conc. acum.)              <span style="color: black;">—</span> Polinômio (Teor Rej.)       </p>														

Tabela A.4: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 04

Cinética de flotação - Willemita																					
Teste de Flotação n°: teste 4							Data: 10/3/2005														
Amostra: minério de willemita																					
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes																					
Condições do Teste																					
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato								
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml							
Concentrado 01	2	xx	8,02	10,83			1000	17,65	0	xx	250	10	0	0							
Concentrado 02	2	xx	10,83	11,20			500	8,82	xx	xx	125	5	xx	xx							
Concentrado 03	2	xx	11,20	11,45			500	8,82	xx	xx	125	5	xx	xx							
Rejeito Final	xx	xx	11,45	10,89			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx							
Resultados																					
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>														
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação														
Alimentação calc.	979,6	100,0	14,17	17,31	100,0	100,0	1,22														
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	Rec.Glob 85,09														
UF calculado	979,6	100,0	14,17	17,31	100,0	100,0	Teor Zn 14,17														
Concentrado 01	335,0	34,20	22,79	12,72	55,0	25,1	Teor Fe 17,31														
Concentrado 02	173,2	17,68	20,54	14,12	25,6	14,4	Correlação Sulfeto x Amina 4,0														
Concentrado 03	134,2	13,70	14,41	16,01	13,9	12,7															
Rejeito Final	337,2	34,42	2,23	24,04	5,4	47,8															
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.															
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,48	85,09															
Sulf. Sódio	2000	1621																			
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																			
Amina	500	405																			
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																			
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn																					
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																					
<b>85,09</b>																					
Gráfico de distribuições																					
$y = -1,4625x^2 + 21,592x + 17,679$																					
<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>◆ Rec.</td> <td>■ Conc. Inst.</td> <td>▲ Conc. acum.</td> <td>■ Teor Rej.</td> </tr> <tr> <td>— Polinômio (Rec.)</td> <td>— Polinômio (Conc. Inst.)</td> <td>— Polinômio (Conc. acum.)</td> <td>— Polinômio (Teor Rej.)</td> </tr> </table>														◆ Rec.	■ Conc. Inst.	▲ Conc. acum.	■ Teor Rej.	— Polinômio (Rec.)	— Polinômio (Conc. Inst.)	— Polinômio (Conc. acum.)	— Polinômio (Teor Rej.)
◆ Rec.	■ Conc. Inst.	▲ Conc. acum.	■ Teor Rej.																		
— Polinômio (Rec.)	— Polinômio (Conc. Inst.)	— Polinômio (Conc. acum.)	— Polinômio (Teor Rej.)																		

Tabela A.5: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 05

Cinética de flotação - Willemita																																			
Teste de Flotação nº: teste 5								Data: 2/3/2005																											
Amostra: minério de willemita																																			
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes																																			
<b>Condições do Teste</b>																																			
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																														
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato																						
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																					
Concentrado 01	2	xx	8,82	9,19			250	4,41	0	xx	100	4	1000	24																					
Concentrado 02	2	xx	9,19	9,38			125	2,21	xx	xx	50	2	xx	xx																					
Concentrado 03	2	xx	9,38	9,37			125	2,21	xx	xx	50	2	xx	xx																					
Rejeito Final	xx	xx	9,37	9,10			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																					
<b>Resultados</b>																																			
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial																												
			Zn	CaO	Zn	CaO																													
Alimentação calc.	1138,4	100,0	14,73	17,09	100,0	100,0		30																											
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0		Relação Fe / Zn Alim. Flotação																											
UF calculado	1138,4	100,0	14,73	17,09	100,0	100,0		1,16																											
Concentrado 01	277,2	24,35	33,41	7,67	55,2	10,9		Rec.Glob 85,80																											
Concentrado 02	185,9	16,33	25,20	11,27	27,9	10,8		Teor Zn 14,73																											
Concentrado 03	114,4	10,05	11,58	15,13	7,9	8,9		Teor Fe 17,09																											
Rejeito Final	560,9	49,27	2,67	24,08	8,9	69,4		Correlação Sulfeto x Amina 2,5																											
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																													
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,32	85,80																													
Sulf. Sódio	500	395																																	
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																																	
Amina	200	158																																	
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																																	
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b>																																			
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																																			
<b>85,80</b>																																			
<b>Gráfico de distribuições</b>																																			
$y = -2,5047x^2 + 28,997x + 7,2556$																																			
<table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Distribuições</caption> <thead> <tr> <th>Conc. (g/t)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>55,23</td> <td>33,41</td> <td>29,31</td> <td>8,72</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>83,17</td> <td>30,11</td> <td>18,39</td> <td>4,18</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>91,07</td> <td>26,44</td> <td>7,79</td> <td>2,67</td> </tr> </tbody> </table>																Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	55,23	33,41	29,31	8,72	4	83,17	30,11	18,39	4,18	6	91,07	26,44	7,79	2,67
Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																															
2	55,23	33,41	29,31	8,72																															
4	83,17	30,11	18,39	4,18																															
6	91,07	26,44	7,79	2,67																															

Tabela A.6: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 06

Cinética de flotação - Willemita														
Teste de Flotação nº:		teste 6		Data: 2/3/2005										
Amostra:		minério de willemita												
Objetivo:		Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes												
<b>Condições do Teste</b>														
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t									
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato	
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml
Concentrado 01	2	xx	9,00	10,80			1000	17,65	0	xx	100	4	1000	24
Concentrado 02	2	xx	10,80	11,12			500	8,82	xx	xx	50	2	xx	xx
Concentrado 03	2	xx	11,12	11,33			500	8,82	xx	xx	50	2	xx	xx
Rejeito Final	xx	xx	11,33	10,95			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx
<b>Resultados</b>														
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>							
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>1,14</b>							
Alimentação calc.	1231,7	100,0	14,90	17,01	100,0	100,0								
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0								
UF calculado	1231,7	100,0	14,90	17,01	100,0	100,0								
Concentrado 01	258,9	21,02	37,17	6,86	52,4	8,5								
Concentrado 02	244,1	19,82	21,84	12,96	29,1	15,1								
Concentrado 03	136,9	11,11	11,84	16,70	8,8	10,9								
Rejeito Final	591,8	48,05	3,00	23,19	9,7	65,5								
							Correlação Sulfeto x Amina		10,0					
				Rec.Glob		84,99								
				Teor Zn		14,90								
				Teor Fe		17,01								
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.								
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,22	84,99								
Sulf. Sódio	2000	1554												
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!												
Amina	200	155												
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!												
<p align="center"><b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b></p> <p align="center">Base Rec. Cleaner - Equação rec. = <math>0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758</math> onde x = teor concentrado rougher ou scavenger</p> <p align="center"><b>84,99</b></p>														
<p align="center"><b>Gráfico de distribuições</b></p> <p align="center"><math>y = -2,5047x^2 + 28,997x + 7,2556</math></p> <p align="center"> <span>◆ Rec.</span>    <span>■ Conc. Inst.</span>    <span>▲ Conc. acum.</span>    <span>■ Teor Rej.</span>  <span>— Polinômio (Rec.)</span>    <span>— Polinômio (Conc. Inst.)</span>    <span>— Polinômio (Conc. acum.)</span>    <span>— Polinômio (Teor Rej.)</span> </p>														

Tabela A.7: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 07

Cinética de flotação - Willemita														
Teste de Flotação n°: teste 7							Data: 10/3/2005							
Amostra: minério de willemita														
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes														
Condições do Teste														
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t									
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato	
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml
Concentrado 01	2	xx	7,52	8,99			250	4,41	0	xx	250	10	1000	24
Concentrado 02	2	xx	8,99	8,59			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx
Concentrado 03	2	xx	8,59	9,10			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx
Rejeito Final	xx	xx	9,1	8,92			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx
Resultados														
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial							
			Zn	CaO	Zn	CaO								
Alimentação calc.	1155,8	100,0	14,98	17,01	100,0	100,0		30						
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0								
UF calculado	1155,8	100,0	14,98	17,01	100,0	100,0								
Concentrado 01	373,1	32,28	25,19	11,50	54,3	21,8								
Concentrado 02	242,2	20,96	23,96	12,55	33,5	15,5								
Concentrado 03	96,5	8,35	12,01	16,62	6,7	8,2								
Rejeito Final	444,0	38,41	2,16	24,15	5,5	54,5								
							Relação Fe / Zn Alim. Flotação		1,13		Rec Glob   87,17			
							Correlação Sulfeto x Amina		1,0		Teor Zn   14,98			
											Teor Fe   17,01			
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec. id.								
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,94	87,17								
Sulf. Sódio	500	371												
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!												
Amina	500	371												
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!												
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn														
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger														
87,17														
<p style="text-align: center;"><b>Gráfico de distribuições</b></p> <p style="text-align: right;"><math>y = -3,3518x^2 + 36,864x - 6,056</math></p> <p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Rec.</li> <li>■ Conc. Inst.</li> <li>▲ Conc. acum.</li> <li>■ Teor Rej.</li> <li>— Polinômio (Rec.)</li> <li>— Polinômio (Conc. Inst.)</li> <li>— Polinômio (Conc. acum.)</li> <li>— Polinômio (Teor Rej.)</li> </ul>														

Tabela A.8: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 08

Cinética de flotação - Willemita														
Teste de Flotação teste 8						Data: 2/3/2005								
Amostra: minério de willemita														
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes														
<b>Condições do Teste</b>														
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t									
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato	
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml
Concentrado 01	2	xx	9,56	11,57			1000	17,65	0	xx	250	10	1000	24
Concentrado 02	2	xx	11,59	11,92			500	8,82	xx	xx	125	5	xx	xx
Concentrado 03	2	xx	11,92	12,01			500	8,82	xx	xx	125	5	xx	xx
Rejeito Final	xx	xx	12,01	11,81			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx
<b>Resultados</b>														
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>							
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>1,14</b>							
Alimentação calc.	1171,6	100,0	14,87	16,93	100,0	100,0	Rec. Glob <b>84,62</b>							
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	Teor Zn <b>14,87</b>							
UF calculado	1171,6	100,0	14,87	16,93	100,0	100,0	Teor Fe <b>16,93</b>							
Concentrado 01	534,1	45,59	22,81	12,77	69,9	34,4	Correlação Sulfeto x Amina <b>4,0</b>							
Concentrado 02	169,0	14,42	17,24	15,60	16,7	13,3								
Concentrado 03	106,6	9,10	12,37	17,80	7,6	9,6								
Rejeito Final	361,9	30,89	2,78	23,42	5,8	42,7								
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.								
Disp.	xx	xx	xx	xx	<b>9,78</b>	<b>84,62</b>								
Sulf. Sódio	2000	2946												
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!												
Amina	500	736												
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!												
<p><b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b></p> <p>Base Rec. Cleaner - Equação rec. = <math>0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758</math> onde x = teor concentrado rougher ou scavenger</p> <p><b>84,62</b></p>														
<p><b>Gráfico de distribuições</b></p> <p><math>y = -1,1444x^2 + 15,228x + 44,052</math></p> <p> <span style="color: blue;">◆</span> Rec.      <span style="color: black;">■</span> Conc. Inst.      <span style="color: black;">▲</span> Conc. acum.      <span style="color: black;">■</span> Teor Rej. </p> <p> <span style="color: blue;">—</span> Polinômio (Rec.)      <span style="color: black;">—</span> Polinômio (Conc. Inst.)      <span style="color: black;">—</span> Polinômio (Conc. acum.)      <span style="color: black;">—</span> Polinômio (Teor Rej.) </p>														

Tabela A.9: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 09

Cinética de flotação - Willemita														
Teste de Flotação n° teste 9							Data: 4/3/2005							
Amostra: minério de willemita														
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes														
Condições do Teste														
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH				Reagentes g/t							
			Início	Fim	Redox início	Redox fim	Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato	
Concentrado 01	2	xx	8,24	9,25			250	4,41	0	xx	100	4	1000	24
Concentrado 02	2	xx	9,25	9,71			125	2,21	xx	xx	50	2	xx	xx
Concentrado 03	2	xx	9,71	9,89			125	2,21	xx	xx	50	2	xx	xx
Rejeito Final	xx	xx	9,89	9,77			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx
Resultados														
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)				Dist. (%)	%	%					
			Zn	CaO	Zn	CaO				sol. Alim. Inicial	Relação Fe / Zn Alim. Flotação			
Alimentação calc.	1178,8	100,0	15,03	16,98	100,0	100,0	30	1,13						
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0								
UF calculado	1178,8	100,0	15,03	16,98	100,0	100,0								
Concentrado 01	136,9	11,61	38,57	5,04	29,8	3,4								
Concentrado 02	139,0	11,79	37,49	5,72	19,7	4,0								
Concentrado 03	144,1	12,22	24,22	11,21	19,7	8,1								
Rejeito Final	758,8	64,37	4,92	22,29	21,1	84,5	2,5							
Reagentes														
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.								
Disp.	xx	xx	xx	xx	5,77	77,19								
Sulf. Sódio	500	486												
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!												
Amina	200	194												
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!												
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn														
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde $x$ = teor concentrado rougher ou scavenger														
77,19														
Gráfico de distribuições														
$y = -1,2144x^2 + 21,995x - 9,3249$														



Tabela A.10: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 10

Cinética de flotação - Willemita															
Teste de Flotação teste 10							Data: 3/3/2005								
Amostra: minério de willemita															
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes															
Condições do Teste															
				pH		Reagentes g/t									
						Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato	
						início		fim		g/t		ml		g/t	
Concentrado 01				2 xx		8,01 10,30		1000		17,65 1000		24 100		4 0	
Concentrado 02				2 xx		10,30 11,05		500		8,82 xx		xx 50		2 xx	
Concentrado 03				2 xx		11,05 11,30		500		8,82 xx		xx 50		2 xx	
<b>Rejeito Final</b>				xx xx		11,3 11,2		xx		xx		xx		xx	
Resultados				l. Químicas (%)				Dist. (%)				% sol. Alim. Inicial			
				Zn		CaO		Zn		CaO		30			
Alimentação calc.				1178,0 100,00		15,09 16,95		100,0 100,0		100,0					
Lama				0,0 0,0		0,00 0,00		0,0 0,0		0,0					
UF calculado				1178,0 100,00		15,09 16,95		100,0 100,0		100,0					
Concentrado 01				197,2 16,74		42,32 4,32		47,0 4,3							
Concentrado 02				167,3 14,20		31,71 8,82		29,8 7,4							
Concentrado 03				103,2 8,76		15,11 14,66		8,8 7,6							
<b>Rejeito Final</b>				710,3 60,2971		3,61 22,7		14,43 80,76							
Reagentes				Dos. Padrão (g/t)		Bancada (g/t)		Planta (g/t)		Correlação		Tempo ideal (s)		Rec.id.	
Disp.				xx		xx		xx		xx		4,066337		84,2	
Sulf. Sódio				2000		1517									
Barrilha				#VALOR!		#VALOR!									
Amina				200		152									
IBCOL				#####		#####									
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b>															
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger															
<b>84,1962</b>															
<p align="center"><b>Gráfico de distribuições</b></p> <p align="right"><math>y = -1,2144x^2 + 21,995x - 9,3249</math></p> <p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Rec.</li> <li>■ Conc. Inst.</li> <li>▲ Conc. acum.</li> <li>■ Teor Rej.</li> <li>— Polinômio (Rec.)</li> <li>— Polinômio (Conc. Inst.)</li> <li>— Polinômio (Conc. acum.)</li> <li>— Polinômio (Teor Rej.)</li> </ul>															

Tabela A.11: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 11

Cinética de flotação - Willemita																																			
Teste de Flotação nº: teste 11								Data: 8/3/2005																											
Amostra: minério de willemita																																			
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes																																			
Condições do Teste																																			
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																														
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato																						
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																					
Concentrado 01	2	xx	6,58	8,51			250	4,41	1000	24	250	10	0	0																					
Concentrado 02	2	xx	8,51	9,26			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																					
Concentrado 03	2	xx	9,26	9,41			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																					
Rejeito Final	xx	xx	9,41	8,47			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																					
Resultados																																			
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial		Relação Fe / Zn Alim. Flotação		Rec.Glob																								
			Zn	CaO	Zn	CaO			Teor Zn	Teor Fe																									
Alimentação calc.	1157,3	100,0	15,12	16,97	100,0	100,0					87,24																								
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0			1,12		15,12																								
UF calculado	1157,3	100,0	15,12	16,97	100,0	100,0					16,97																								
Concentrado 01	282,0	24,37	25,67	11,11	41,4	15,9																													
Concentrado 02	246,8	21,33	26,82	10,29	37,8	12,9																													
Concentrado 03	140,1	12,11	17,90	14,32	14,3	10,2																													
Rejeito Final	488,4	42,20	2,32	24,50	6,5	60,9																													
Correlação Sulfeto x Amina							1,0																												
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																													
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,74	87,24																													
Sulf. Sódio	500	421																																	
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																																	
Amina	500	421																																	
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																																	
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn																																			
Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x <sup>3</sup> -0,1812x <sup>2</sup> +6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																																			
87,24																																			
Gráfico de distribuições																																			
$y = -2,9369x^2 + 36,534x - 19,953$																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Teor (g/t)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>41,37</td> <td>25,67</td> <td>26,25</td> <td>11,72</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>79,19</td> <td>26,21</td> <td>22,36</td> <td>5,79</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>93,52</td> <td>24,47</td> <td>10,95</td> <td>2,32</td> </tr> </tbody> </table>																Teor (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	41,37	25,67	26,25	11,72	4	79,19	26,21	22,36	5,79	6	93,52	24,47	10,95	2,32
Teor (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																															
2	41,37	25,67	26,25	11,72																															
4	79,19	26,21	22,36	5,79																															
6	93,52	24,47	10,95	2,32																															

Tabela A.12: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 12

Cinética de flotação - Willemita														
Teste de Flotação n°: teste 12							Data: 3/3/2005							
Amostra: minério de willemita														
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes														
Condições do Teste														
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t									
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato	
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml
Concentrado 01	2	xx	6,50	9,25			1000	17,65	1000	24	250	10	0	0
Concentrado 02	2	xx	9,25	9,01			500	8,82	xx	xx	125	5	xx	xx
Concentrado 03	2	xx	9,01	10,20			500	8,82	xx	xx	125	5	xx	xx
Rejeito Final	xx	xx	10,2	9,55			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx
Resultados														
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>							
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>1,12</b>							
Alimentação calc.	1274,9	100,0	14,88	16,67	100,0	100,0	Correlação Sulfeto x Amina <b>4,0</b>							
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	Rec.Glob <b>84,36</b>							
UF calculado	1274,9	100,0	14,88	16,67	100,0	100,0	Teor Zn <b>14,88</b>							
Concentrado 01	183,0	14,35	35,59	6,81	34,3	5,9	Teor Fe <b>16,67</b>							
Concentrado 02	298,4	23,41	26,57	10,91	41,8	15,3								
Concentrado 03	162,8	12,77	15,60	14,97	13,4	11,5								
Rejeito Final	630,7	49,47	3,15	22,70	10,5	67,4								
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.								
Disp.	xx	xx	xx	xx	<b>4,74</b>	<b>84,36</b>								
Sulf. Sódio	2000	1684												
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!												
Amina	500	421												
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!												
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn														
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger														
<b>84,36</b>														
Gráfico de distribuições <span style="float: right;"><math>y = -3,5513x^2 + 42,207x - 35,873</math></span>														

Tabela A.13: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 13

Cinética de flotação - Willemita																																																							
Teste de Flotação nº: Teste 13							Data: 1/3/2005																																																
Amostra: minério de willemita																																																							
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes																																																							
<b>Condições do Teste</b>																																																							
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																																																		
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato																																										
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																																									
Concentrado 01	2	xx	7,82	9,96			250	4,41	1000	24	100	4	1000	24																																									
Concentrado 02	2	xx	9,96	10,33			125	2,21	xx	xx	50	2	xx	xx																																									
Concentrado 03	2	xx	10,33	10,66			125	2,21	xx	xx	50	2	xx	xx																																									
Rejeito Final	xx	xx	10,66	10,49			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																																									
<b>Resultados</b>																																																							
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>																																																
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>1,19</b>																																																
Alimentação calc.	1181,9	100,0	14,62	17,37	100,0	100,0																																																	
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																																																	
UF calculado	1181,9	100,0	14,62	17,37	100,0	100,0																																																	
Concentrado 01	150,2	12,71	38,28	5,56	33,3	4,1																																																	
Concentrado 02	187,3	15,85	35,18	6,66	38,1	6,1																																																	
Concentrado 03	66,1	5,59	21,71	10,92	8,3	3,5																																																	
Rejeito Final	778,3	65,85	4,51	22,77	20,3	86,3																																																	
							Correlação Sulfeto x Amina <b>2,5</b>																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Reagentes</th> <th>Dos. Padrão (g/t)</th> <th>Bancada (g/t)</th> <th>Planta (g/t)</th> <th>Correlação</th> <th>Tempo ideal (s)</th> <th>Rec.id.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Disp.</td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td>4,75</td> <td>77,99</td> </tr> <tr> <td>Sulf. Sódio</td> <td>500</td> <td>422</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Barrilha</td> <td>#VALOR!</td> <td>#VALOR!</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Amina</td> <td>200</td> <td>169</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MIBCOL</td> <td>#VALOR!</td> <td>#VALOR!</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>														Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.	Disp.	xx	xx	xx	xx	4,75	77,99	Sulf. Sódio	500	422					Barrilha	#VALOR!	#VALOR!					Amina	200	169					MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!				
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																																																	
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,75	77,99																																																	
Sulf. Sódio	500	422																																																					
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																																																					
Amina	200	169																																																					
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																																																					
<p><b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn</b>  Base Rec. Cleaner - Equação rec. = <math>0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758</math> onde x = teor concentrado rougher ou scavenger  <b>77,99</b></p>																																																							
<p><b>Gráfico de distribuições</b> <math>y = -3,7276x^2 + 41,427x - 34,678</math></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conc. (g/t)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>33,27</td> <td>11,18</td> <td>38,28</td> <td>12,86</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>36,73</td> <td>5,86</td> <td>36,56</td> <td>4,51</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>38,28</td> <td></td> <td>34,13</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>79,69</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>														Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	33,27	11,18	38,28	12,86	4	36,73	5,86	36,56	4,51	6	38,28		34,13		6	79,69																				
Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																																																			
2	33,27	11,18	38,28	12,86																																																			
4	36,73	5,86	36,56	4,51																																																			
6	38,28		34,13																																																				
6	79,69																																																						

Tabela A.14: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 14

Cinética de flotação - Willemita														
Teste de Flotação nº: teste 14							Data: 10/3/2005							
Amostra: minério de willemita														
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes														
<b>Condições do Teste</b>														
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t									
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato	
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml
Concentrado 01	2	xx	7,25	10,43			1000	17,65	1000	24	100	4	1000	24
Concentrado 02	2	xx	10,43	11,31			500	8,82	xx	xx	50	2	xx	xx
Concentrado 03	2	xx	11,31	11,64			500	8,82	xx	xx	50	2	xx	xx
Rejeito Final	xx	xx	11,64	11,26			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx
<b>Resultados</b>														
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>							
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>1,13</b>							
Alimentação calc.	1213,0	100,0	14,85	16,71	100,0	100,0	Correlação Sulfeto x Amina <b>10,0</b>							
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	Rec.Glob <b>82,36</b>							
UF calculado	1213,0	100,0	14,85	16,71	100,0	100,0	Teor Zn <b>14,85</b>							
Concentrado 01	158,6	13,08	38,57	5,03	34,0	3,9	Teor Fe <b>16,71</b>							
Concentrado 02	126,1	10,40	39,22	5,33	27,5	3,3								
Concentrado 03	167,1	13,78	24,34	11,25	22,6	9,3								
Rejeito Final	761,2	62,75	3,79	22,23	16,0	83,5								
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.								
Disp.	xx	xx	xx	xx	<b>5,84</b>	<b>82,36</b>								
Sulf. Sódio	2000	1960												
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!												
Amina	200	196												
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!												
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b> Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger <b>82,36</b>														
<b>Gráfico de distribuições</b> $y = -0,6095x^2 + 17,384x + 1,6272$														
◆ Rec.    ■ Conc. Inst.    ▲ Conc. acum.    ■ Teor Rej. — Polinômio (Rec.)    — Polinômio (Conc. Inst.)    — Polinômio (Conc. acum.)    — Polinômio (Teor Rej.)														

Tabela A.15: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 15

Cinética de flotação - Willemita																																	
Teste de Flotação nº: teste 15							Data: 1/3/2005																										
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes																																	
Condições do Teste																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																												
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato																				
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																			
Concentrado 01	2	xx	7,99	9,80			250	4,41	1000	24	250	10	1000	24																			
Concentrado 02	2	xx	9,80	10,22			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx	10,22	10,63			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx	10,63	10,25			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																			
Resultados																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial																										
			Zn	CaO	Zn	CaO																											
Alimentação calc.	1105,2	100,0	15,90	16,58	100,0	100,0		30																									
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	Relação Fe / Zn Alim. Flotação																										
UF calculado	1105,2	100,0	15,90	16,58	100,0	100,0	1,04																										
Concentrado 01	429,6	38,87	25,40	11,00	62,1	25,8	Correlação Sulfeto x Amina																										
Concentrado 02	165,7	14,99	23,55	11,89	22,2	10,7	1,0																										
Concentrado 03	99,0	8,96	16,62	15,57	9,4	8,4																											
Rejeito Final	410,9	37,18	2,72	24,56	6,4	55,1																											
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,36	86,91																											
Sulf. Sódio	500	397																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	500	397																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn																																	
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = 0,0019x <sup>3</sup> - 0,1812x <sup>2</sup> + 6,103x + 24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																																	
86,91																																	
Gráfico de distribuições																																	
$y = -1,605x^2 + 20,73x + 27,039$ <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Distribuições</caption> <thead> <tr> <th>Conc. (g/t)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>62,08</td> <td>25,40</td> <td>24,48</td> <td>9,87</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>84,28</td> <td>24,89</td> <td>20,09</td> <td>5,42</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>93,64</td> <td>23,71</td> <td>10,31</td> <td>2,72</td> </tr> </tbody> </table>														Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	62,08	25,40	24,48	9,87	4	84,28	24,89	20,09	5,42	6	93,64	23,71	10,31	2,72
Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																													
2	62,08	25,40	24,48	9,87																													
4	84,28	24,89	20,09	5,42																													
6	93,64	23,71	10,31	2,72																													

Tabela A.16: Resultados dos testes de flotação do planejamento fatorial – teste 16

Cinética de flotação - Willemita																																	
Teste de Flotação n°: teste 16							Data: 9/3/2005																										
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Avaliar a variação da concentração dos reagentes sulfeto de sódio, emulsão, silicato de sódio e hexametáfosfato de sódio, através do planejamento fatorial dos experimentos, bem como, a interação desses reagentes																																	
Condições do Teste																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																												
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato																				
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																			
Concentrado 01	2	xx	7,20	10,62			1000	17,65	1000	24	250	10	1000	24																			
Concentrado 02	2	xx	10,62	11,09			500	8,82	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx	11,09	11,39			500	8,82	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx	11,39	10,08			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																			
Resultados																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>																										
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>1,16</b>																										
Alimentação calc.	1182,0	100,0	14,69	16,97	100,0	100,0	Correlação Sulfeto x Amina <b>4,0</b>																										
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																											
UF calculado	1182,0	100,0	14,69	16,97	100,0	100,0	Rec.Glob <b>85,33</b>																										
Concentrado 01	228,2	19,31	30,55	8,84	40,2	10,1	Teor Zn <b>14,69</b>																										
Concentrado 02	221,5	18,74	31,30	8,68	39,9	9,6	Teor Fe <b>16,97</b>																										
Concentrado 03	151,0	12,77	12,29	16,44	10,7	12,4																											
Rejeito Final	581,3	49,18	2,75	23,46	9,2	68,0																											
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	<b>4,48</b>	<b>85,33</b>																											
Sulf. Sódio	2000	1620																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	500	405																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn																																	
Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x <sup>3</sup> -0,1812x <sup>2</sup> +6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																																	
<b>85,33</b>																																	
Gráfico de distribuições																																	
$y = -3,656x^2 + 41,906x - 29,026$																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Conc. (g/t)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>30,55</td> <td>30,93</td> <td>40,16</td> <td>10,89</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>30,92</td> <td>21,80</td> <td>80,10</td> <td>4,72</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>26,24</td> <td>8,15</td> <td>90,79</td> <td>2,75</td> </tr> </tbody> </table>														Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	30,55	30,93	40,16	10,89	4	30,92	21,80	80,10	4,72	6	26,24	8,15	90,79	2,75
Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																													
2	30,55	30,93	40,16	10,89																													
4	30,92	21,80	80,10	4,72																													
6	26,24	8,15	90,79	2,75																													

Nas tabelas A.17 a A.23 são apresentados os resultados dos ensaios de flotação com depressores de dolomita cal e Carboximetilcelulose (CMC).

Tabela A.17: Resultados dos ensaios com depressores de dolomita – 50g/t de cal

Cinética de flotação - Willemita																										
Teste de Flotação n°: teste 7 Cal 50g/t							Data: 8/9/2005																			
Amostra: minério de willemita																										
Objetivo: Comparar o desempenho dos depressores cal e CMC, bem como, avaliar a variação da concentração de cal de 50 a 300g/t																										
Condições do Teste																										
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																					
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		CaO		emulsão		Silicato													
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml												
Concentrado 01	2	xx	12,30	13,30			250	4,41	50	6	250	10	1000	24												
Concentrado 02	2	xx	13,30	13,37			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx												
Concentrado 03	2	xx	13,37	13,66			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx												
Rejeito Final	xx	xx	13,66	12,64			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx												
Resultados																										
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial		Relação Fe / Zn Alim. Flotação	Rec.Glob 87,09 Teor Zn 14,89 Teor Fe 16,49																
			Zn	CaO	Zn	CaO																				
Alimentação calc.	1178,5	100,0	14,89	16,49	100,0	100,0																				
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																				
UF calculado	1178,5	100,0	14,89	16,49	100,0	100,0																				
Concentrado 01	467,3	39,65	23,49	12,15	62,6	29,2																				
Concentrado 02	244,7	20,76	20,59	12,67	28,7	16,0																				
Concentrado 03	105,7	8,97	8,23	17,84	5,0	9,7																				
Rejeito Final	360,8	30,62	1,83	24,31	3,8	45,1																				
								Correlação Sulfeto x Amina	1,0																	
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																				
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,57	87,09																				
Sulf. Sódio	500	348																								
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																								
Amina	500	348																								
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																								
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn																										
Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x <sup>2</sup> -0,1812x+6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																										
<b>87,09</b>																										
Gráfico de distribuições																										
$y = -2,9698x^2 + 32,177x + 10,088$																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Conc. (g/t)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>62,56</td> <td>23,49</td> <td>22,04</td> <td>9,24</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>91,28</td> <td>22,49</td> <td>14,41</td> <td>3,28</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>96,24</td> <td>20,65</td> <td>6,12</td> <td>1,83</td> </tr> </tbody> </table>							Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	62,56	23,49	22,04	9,24	4	91,28	22,49	14,41	3,28	6	96,24	20,65	6,12	1,83
Conc. (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																						
2	62,56	23,49	22,04	9,24																						
4	91,28	22,49	14,41	3,28																						
6	96,24	20,65	6,12	1,83																						



Tabela A.18: Resultados dos ensaios com depressores de dolomita – 100g/t de cal

Cinética de flotação - Willemita																																	
Teste de Flotação n <sup>o</sup> : teste 7 :al 100g/t							Data: 8/9/2005																										
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Comparar o desempenho dos depressores cal e CMC, bem como, avaliar a variação da concentração de cal de 50 a 300g/t																																	
<b>Condições do Teste</b>																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																												
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		CaO		emulsão		Silicato																				
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																			
Concentrado 01	2	xx	12,21				250	4,41	100	12	250	10	1000	24																			
Concentrado 02	2	xx		13,31			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx	13,31	12,81			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx	12,81	12,80			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																			
<b>Resultados</b>																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial																										
			Zn	CaO	Zn	CaO																											
Alimentação calc.	1207,2	100,0	14,52	16,30	100,0	100,0		30																									
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																											
UF calculado	1207,2	100,0	14,52	16,30	100,0	100,0																											
Concentrado 01	536,3	44,43	22,28	12,48	68,2	34,0																											
Concentrado 02	225,9	18,71	18,69	13,90	24,1	16,0																											
Concentrado 03	118,3	9,80	6,79	18,80	4,6	11,3																											
Rejeito Final	326,7	27,06	1,68	23,31	3,1	38,7																											
Relação Fe / Zn Alim. Flotação							1,12																										
Correlação Sulfeto x Amina							1,0																										
Rec.Glob							86,46																										
Teor Zn							14,52																										
Teor Fe							16,30																										
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,34	86,46																											
Sulf. Sódio	500	334																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	500	334																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn</b>																																	
Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x <sup>3</sup> -0,1812x <sup>2</sup> +6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																																	
<b>86,46</b>																																	
<b>Gráfico de distribuições</b> $y = -2,4388x^2 + 26,68x + 24,584$																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Teor Zn</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>68,19</td> <td>22,28</td> <td>20,49</td> <td>8,31</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>92,28</td> <td>21,22</td> <td>12,74</td> <td>3,04</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>96,87</td> <td>19,28</td> <td>5,40</td> <td>1,68</td> </tr> </tbody> </table>														Teor Zn	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	68,19	22,28	20,49	8,31	4	92,28	21,22	12,74	3,04	6	96,87	19,28	5,40	1,68
Teor Zn	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																													
2	68,19	22,28	20,49	8,31																													
4	92,28	21,22	12,74	3,04																													
6	96,87	19,28	5,40	1,68																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Teor Zn</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>68,19</td> <td>22,28</td> <td>20,49</td> <td>8,31</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>92,28</td> <td>21,22</td> <td>12,74</td> <td>3,04</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>96,87</td> <td>19,28</td> <td>5,40</td> <td>1,68</td> </tr> </tbody> </table>														Teor Zn	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	68,19	22,28	20,49	8,31	4	92,28	21,22	12,74	3,04	6	96,87	19,28	5,40	1,68
Teor Zn	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																													
2	68,19	22,28	20,49	8,31																													
4	92,28	21,22	12,74	3,04																													
6	96,87	19,28	5,40	1,68																													

Tabela A.19: Resultados dos ensaios com depressores de dolomita – 200g/t de cal

Cinética de flotação - Willemita																		
Teste de Flotação nº:		teste 7 Cal 200g/t				Data: 9/9/2005												
Amostra:		minério de willemita																
Objetivo:		Comparar o desempenho dos depressores cal e CMC, bem como, avaliar a variação da concentração de cal de 50 a 300g/t																
Condições do Teste																		
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH				Reagentes g/t											
			Início		Fim		Redox		Sulf. Sódio		Cao		emulsão		Silicato			
Concentrado 01	2	xx	12,76	13,61			250	4,41	200	24	250	10	1000	24				
Concentrado 02	2	xx	13,61	13,54			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx				
Concentrado 03	2	xx	13,54	13,74			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx				
Rejeito Final	xx	xx	13,85	13,03			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx				
Resultados																		
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)				Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial		Relação Fe / Zn Alim. Flotação	Rec. Glob						
			Zn	CaO	Zn	CaO	Zn	CaO	30	1,09		Teor Zn	14,89					
Alimentação calc.	1089,0	100,0	14,89	16,23	100,0	100,0						85,91						
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0						Teor Zn						
UF calculado	1089,0	100,0	14,89	16,23	100,0	100,0						16,23						
Concentrado 01	437,0	40,13	20,95	13,06	56,5	32,3												
Concentrado 02	234,7	21,55	22,67	12,21	32,8	16,2												
Concentrado 03	116,6	10,71	9,35	17,65	6,7	11,6												
Rejeito Final	300,7	27,61	2,15	23,41	4,0	39,8												
Correlação Sulfeto x Amina		1,0																
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id												
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,77	85,91												
Sulf. Sódio	500	361																
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																
Amina	500	361																
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn																		
Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x <sup>3</sup> -0,1812x <sup>2</sup> +6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																		
<b>85,91</b>																		
Gráfico de distribuições																		
$y = -3,2615x^2 + 35,978x - 2,4422$																		
◆ Rec.	■ Conc. inst.	▲ Conc. acum.	■ Teor Rej.															
— Polinômio (Rec.)	— Polinômio (Conc. Inst.)	— Polinômio (Conc. acum.)	— Polinômio (Teor Rej.)															

Tabela A.20: Resultados dos ensaios com depressores de dolomita – 300g/t de cal

Cinética de flotação - Willemita																																	
Teste de Flotação n° teste 7 Cal 300g/t							Data: 9/9/2005																										
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Comparar o desempenho dos depressores cal e CMC, bem como, avaliar a variação da concentração de cal de 50 a 300g/t																																	
Condições do Teste																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																												
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Cao		emulsão		Silicato																				
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																			
Concentrado 01	2	xx	13,33	14,06			250	4,41	300	48	250	10	1000	24																			
Concentrado 02	2	xx	14,06	13,88			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx	13,88				125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx		12,84			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																			
Resultados																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial		Relação Fe / Zn Alim. Flotação		Rec.Glob		Teor Zn		Teor Fe																		
			Zn	CaO	Zn	CaO	Zn	CaO																									
Alimentação calc.	1164,9	100,0	14,82	16,38	100,0	100,0		30				86,22		14,82		16,38																	
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0			1,10																								
UF calculado	1164,9	100,0	14,82	16,38	100,0	100,0																											
Concentrado 01	471,2	40,45	19,24	13,61	52,5	33,6																											
Concentrado 02	305,6	26,23	22,83	12,25	40,4	19,6																											
Concentrado 03	98,2	8,43	7,12	18,79	4,1	9,7																											
Rejeito Final	289,9	24,89	1,82	24,41	3,1	37,1																											
									Correlação Sulfeto x Amina	1,0																							
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,50	86,22																											
Sulf. Sódio	500	344																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	500	344																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b> Base Rec. Cleaner - Equação rec.= $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger <b>86,22</b>																																	
<b>Gráfico de distribuições</b> $y = -4,5435x^2 + 47,46x - 24,25$ <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Distribuições</caption> <thead> <tr> <th>Tempo (min)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>52,50</td> <td>19,24</td> <td>21,04</td> <td>11,83</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>92,89</td> <td>20,65</td> <td>14,98</td> <td>9,16</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>96,94</td> <td>19,13</td> <td>5,56</td> <td>1,82</td> </tr> </tbody> </table>														Tempo (min)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	52,50	19,24	21,04	11,83	4	92,89	20,65	14,98	9,16	6	96,94	19,13	5,56	1,82
Tempo (min)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																													
2	52,50	19,24	21,04	11,83																													
4	92,89	20,65	14,98	9,16																													
6	96,94	19,13	5,56	1,82																													

Tabela A.21: Resultados dos ensaios com depressores de dolomita – 75g/t de CMC

Cinética de flotação - Willemita														
Teste de Flotação n teste 7		CMC 75g/t				Data: 29/8/2005								
Amostra:		minério de willemita												
Objetivo:		Comparar o desempenho dos depressores cal e CMC, bem como, avaliar a variação da concentração de cal de 50 a 300g/t												
<b>Condições do Teste</b>														
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Redox		Reagentes g/t				Silicato			
			Início	Fim	início	fim	Sulf. Sódio		CMC		emulsão		g/t	ml
Concentrado 01	2	xx					250	4,41	75	90	250	10	1000	24
Concentrado 02	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx
Concentrado 03	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx
Rejeito Final	xx	xx					xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx
<b>Resultados</b>														
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial							
			Zn	CaO	Zn	CaO								
Alimentação calc.	1059,9	100,0	14,85	16,39	100,0	100,0		<b>30</b>						
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0								
UF calculado	1059,9	100,0	14,85	16,39	100,0	100,0								
Concentrado 01	393,1	37,09	26,06	10,87	65,1	24,6								
Concentrado 02	167,7	15,82	19,96	13,08	21,3	12,6								
Concentrado 03	90,6	8,55	11,95	15,81	6,9	8,2								
Rejeito Final	408,5	38,54	2,62	23,18	6,8	54,5								
						Relação Fe / Zn Alim. Flotação								
						<b>1,10</b>								
						Correlação Sulfeto x Amina		1,0						
						Rec. Glob		85,59						
						Teor Zn		14,85						
						Teor Fe		16,39						
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	77	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.								
Disp.	xx	xx	xx	xx	<b>3,90</b>	<b>85,59</b>								
Sulf. Sódio	500	369												
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!												
Amina	500	369												
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!												
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b>														
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger														
<b>85,59</b>														
<b>Gráfico de distribuições</b>														
$y = -1,798x^2 + 21,418x + 29,422$														
<table border="1"> <tr> <td>◆ Rec.</td> <td>■ Conc. Inst.</td> <td>▲ Conc. acum.</td> <td>■ Teor Rej.</td> </tr> <tr> <td>— Polinômio (Rec.)</td> <td>— Polinômio (Conc. Inst.)</td> <td>— Polinômio (Conc. acum.)</td> <td>— Polinômio (Teor Rej.)</td> </tr> </table>							◆ Rec.	■ Conc. Inst.	▲ Conc. acum.	■ Teor Rej.	— Polinômio (Rec.)	— Polinômio (Conc. Inst.)	— Polinômio (Conc. acum.)	— Polinômio (Teor Rej.)
◆ Rec.	■ Conc. Inst.	▲ Conc. acum.	■ Teor Rej.											
— Polinômio (Rec.)	— Polinômio (Conc. Inst.)	— Polinômio (Conc. acum.)	— Polinômio (Teor Rej.)											

Tabela A.22: Resultados dos ensaios com depressores de dolomita – 50g/t de cal sem silicato

Cinética de flotação - Willemita																																	
Teste de Flotação n°: teste 1 50g/t cal sem silicato de sódio Data: 3/3/2006																																	
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Avaliar o uso do depressor cal na presença e ausência do silicato de sódio																																	
Condições do Teste																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																												
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		CaO		emulsão		Silicato																				
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																			
Concentrado 01	2	xx	8,46	9,30			250	3,31	50	6	250	12	0	0																			
Concentrado 02	2	xx	9,30	9,57			125	1,65	xx	xx	125	4	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx	9,57	9,80			125	1,65	xx	xx	125	4	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx	9,8	9,51			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																			
Resultados																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial																										
			Zn	Fe	Zn	Fe																											
Alimentação calc.	893,1	100,0	14,71	6,53	100,0	100,0		30																									
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0		Relação Fe / Zn Alim. Flotação																									
UF calculado	893,1	100,0	14,71	6,53	100,0	100,0		0,44																									
Concentrado 01	331,6	37,13	24,86	6,49	62,8	36,9		Correlação Sulfeto x Amina																									
Concentrado 02	177,6	19,89	20,84	7,50	28,2	22,8		1,0																									
Concentrado 03	104,5	11,70	7,06	8,85	5,6	15,9																											
Rejeito Final	279,4	31,28	1,62	5,10	3,4	24,4																											
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,65	87,62																											
Sulf. Sódio	500	353																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	500	353																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn																																	
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^2 - 0,1812x + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																																	
<b>87,62</b>																																	
Gráfico de distribuições																																	
$y = -2,8201x^2 + 31,01x + 12,021$																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etapa</th> <th>Rec. (Zn)</th> <th>Conc. Inst. (Zn)</th> <th>Conc. acum. (Zn)</th> <th>Teor Rej. (Zn)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>24,86</td> <td>22,85</td> <td>8,71</td> <td>8,71</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>23,46</td> <td>19,96</td> <td>3,10</td> <td>3,10</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>20,67</td> <td>5,53</td> <td>1,62</td> <td>1,62</td> </tr> </tbody> </table>														Etapa	Rec. (Zn)	Conc. Inst. (Zn)	Conc. acum. (Zn)	Teor Rej. (Zn)	2	24,86	22,85	8,71	8,71	4	23,46	19,96	3,10	3,10	6	20,67	5,53	1,62	1,62
Etapa	Rec. (Zn)	Conc. Inst. (Zn)	Conc. acum. (Zn)	Teor Rej. (Zn)																													
2	24,86	22,85	8,71	8,71																													
4	23,46	19,96	3,10	3,10																													
6	20,67	5,53	1,62	1,62																													

Tabela A.23: Resultados dos ensaios com depressores de dolomita – 50g/t de cal com 1000g/t de silicato de sódio

Cinética de flotação - Willemita														
Teste de Flotação n°: teste 1 50g/t cal + 1000g/t silicato de sódio Data: 03/03/2006														
Amostra: minério de willemita														
Objetivo: Avaliar o uso do depressor cal na presença e ausência do silicato de sódio														
Condições do Teste														
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t									
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		CaO		emulsão		Silicato	
Concentrado 01	2	xx	8,17	9,10			250	3,30	50	5	250	12	1000	18
Concentrado 02	2	xx	9,30	9,43			125	1,65	xx	xx	125	6	xx	xx
Concentrado 03	2	xx	9,43				125	1,65	xx	xx	125	6	xx	xx
Rejeito Final	xx	xx		9,03			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx
Resultados														
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>							
			Zn	Fe	Zn	Fe	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>0,44</b>							
Alimentação calc.	914,2	100,0	14,81	6,50	100,0	100,0	Rec.Glob <b>87,39</b> Teor Zn <b>14,81</b> Teor Fe <b>6,50</b>  Correlação Sulfeto x Amina <b>1,0</b>							
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0								
UF calculado	914,2	100,0	14,81	6,50	100,0	100,0								
Concentrado 01	370,6	40,54	25,62	6,52	70,1	40,7								
Concentrado 02	170,4	18,64	17,12	7,66	21,5	22,0								
Concentrado 03	104,3	11,41	6,59	9,00	5,1	15,8								
Rejeito Final	268,9	29,41	1,64	4,76	3,3	21,5								
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.								
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,45	87,39								
Sulf. Sódio	500	341												
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!												
Amina	500	341												
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!												
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x <sup>3</sup> -0,1812x <sup>2</sup> +6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger <b>87,39</b>														
Gráfico de distribuições $y = -2,0586x^2 + 23,124x + 32,109$														

Nas tabelas A.24 a A.27 são apresentados os resultados dos ensaios de flotação, comparando a amina emulsificada com a não emulsificada.

Tabela A.24: Comparação de amina emulsificada com a amina não emulsificada

Cinética de flotação - Willemita																					
Teste de Flotação n°: teste 7							Data: 10/3/2005														
Amostra: minério de willemita																					
Objetivo: Comparar a performance da amina emulsificada e não emulsificada																					
<b>Condições do Teste</b>																					
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato								
Concentrado 01	2	xx	7,52	8,99	início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml							
Concentrado 02	2	xx	8,99	8,59			250	4,41	0	xx	250	10	1000	24							
Concentrado 03	2	xx	8,59	9,10			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx							
Rejeito Final	xx	xx	9,1	8,92			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx							
<b>Resultados</b>																					
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial														
			Zn	CaO	Zn	CaO	30														
Alimentação calc.	1155,8	100,0	14,98	17,01	100,0	100,0	Relação Fe / Zn Alim. Flotação														
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	1,13														
UF calculado	1155,8	100,0	14,98	17,01	100,0	100,0	Correlação Sulfeto x Amina														
Concentrado 01	373,1	32,28	25,19	11,50	54,3	21,8	1,0														
Concentrado 02	242,2	20,96	23,96	12,55	33,5	15,5	Rec. Glob 87,17														
Concentrado 03	96,5	8,35	12,01	16,62	6,7	8,2	Teor Zn 14,98														
Rejeito Final	444,0	38,41	2,16	24,15	5,5	54,5	Teor Fe 17,01														
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.															
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,94	87,17															
Sulf. Sódio	500	371																			
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																			
Amina	500	371																			
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																			
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b>																					
Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x <sup>3</sup> -0,1812x <sup>2</sup> +6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																					
87,17																					
<b>Gráfico de distribuições</b>																					
$y = -3,3518x^2 + 36,864x - 6,056$																					
<table border="0"> <tr> <td>◆ Rec.</td> <td>■ Conc. Inst.</td> <td>▲ Conc. acum.</td> <td>■ Teor Rej.</td> </tr> <tr> <td>— Polinômio (Rec.)</td> <td>— Polinômio (Conc. Inst.)</td> <td>— Polinômio (Conc. acum.)</td> <td>— Polinômio (Teor Rej.)</td> </tr> </table>														◆ Rec.	■ Conc. Inst.	▲ Conc. acum.	■ Teor Rej.	— Polinômio (Rec.)	— Polinômio (Conc. Inst.)	— Polinômio (Conc. acum.)	— Polinômio (Teor Rej.)
◆ Rec.	■ Conc. Inst.	▲ Conc. acum.	■ Teor Rej.																		
— Polinômio (Rec.)	— Polinômio (Conc. Inst.)	— Polinômio (Conc. acum.)	— Polinômio (Teor Rej.)																		

Tabela A.25: Comparação de amina emulsificada com a amina não emulsificada

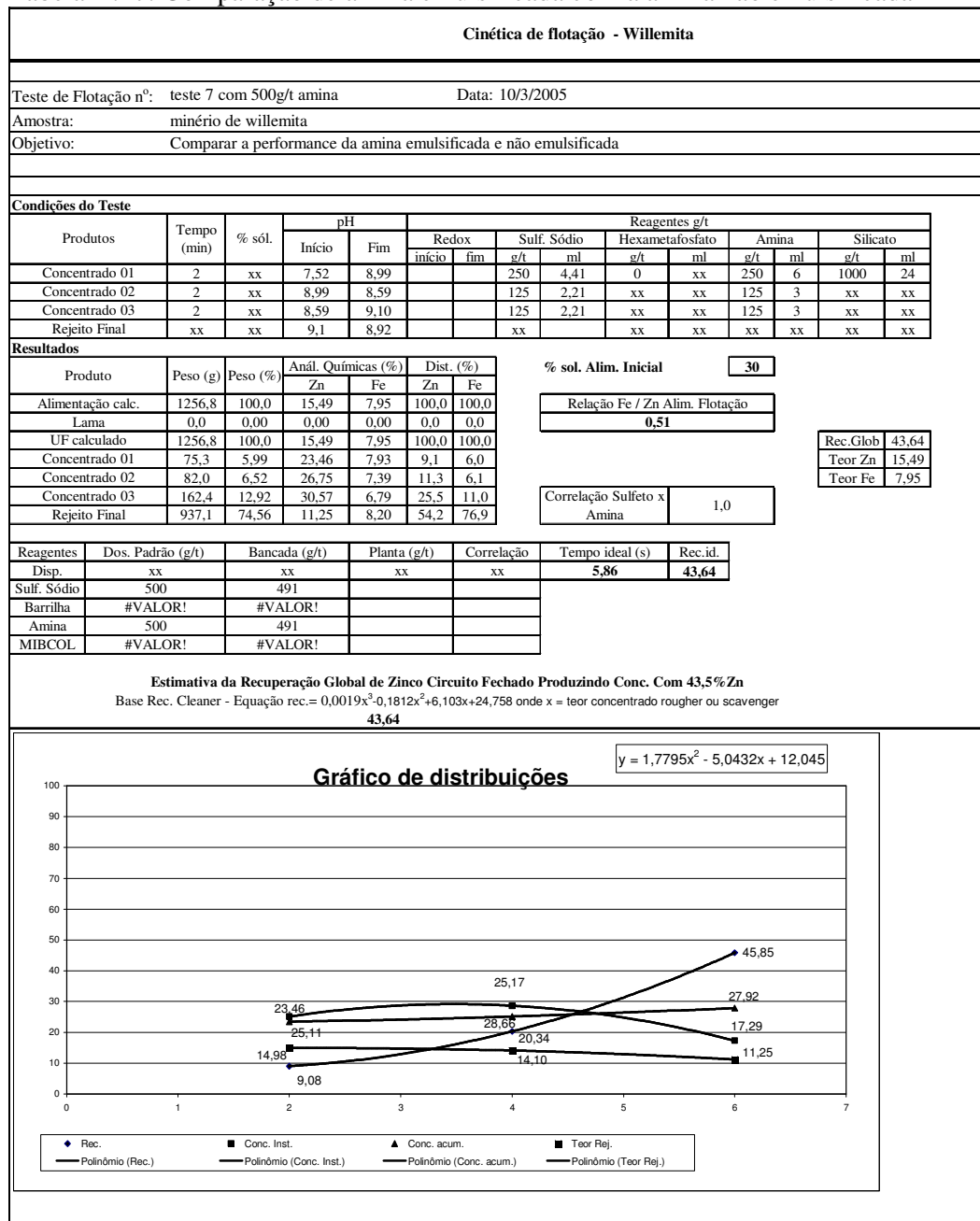
Cinética de flotação - Willemita																																	
Teste de Flotação nº: teste 11						Data: 8/3/2005																											
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Comparar a performance da amina emulsificada e não emulsificada																																	
<b>Condições do Teste</b>																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																												
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato																				
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																			
Concentrado 01	2	xx	6,58	8,51			250	4,41	1000	24	250	10	0	0																			
Concentrado 02	2	xx	8,51	9,26			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx	9,26	9,41			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx	9,41	8,47			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																			
<b>Resultados</b>																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>																										
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>1,12</b>																										
Alimentação calc.	1157,3	100,0	15,12	16,97	100,0	100,0																											
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																											
UF calculado	1157,3	100,0	15,12	16,97	100,0	100,0																											
Concentrado 01	282,0	24,37	25,67	11,11	41,4	15,9																											
Concentrado 02	246,8	21,33	26,82	10,29	37,8	12,9																											
Concentrado 03	140,1	12,11	17,90	14,32	14,3	10,2																											
Rejeito Final	488,4	42,20	2,32	24,50	6,5	60,9																											
							Correlação Sulfeto x Amina		1,0																								
							Rec.Glob		87,24																								
							Teor Zn		15,12																								
							Teor Fe		16,97																								
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,74	87,24																											
Sulf. Sódio	500	421																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	500	421																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b>																																	
Base Rec. Cleaner - Equação rec.= $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																																	
<b>87,24</b>																																	
<b>Gráfico de distribuições</b>																																	
$y = -2,9369x^2 + 36,534x - 19,953$																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Teor Zn (%)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>41,37</td> <td>26,67</td> <td>26,25</td> <td>11,72</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>79,19</td> <td>26,21</td> <td>22,36</td> <td>5,79</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>99,62</td> <td>24,47</td> <td>10,95</td> <td>2,32</td> </tr> </tbody> </table>														Teor Zn (%)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	41,37	26,67	26,25	11,72	4	79,19	26,21	22,36	5,79	6	99,62	24,47	10,95	2,32
Teor Zn (%)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																													
2	41,37	26,67	26,25	11,72																													
4	79,19	26,21	22,36	5,79																													
6	99,62	24,47	10,95	2,32																													



Tabela A.26: Comparação de amina emulsificada com a amina não emulsificada

Cinética de flotação - WILLEMITA														
Teste de Flotação nº: teste com 120g/t amina sem dispersante Data: 21/1/2005														
Amostra: minério de willemita														
Objetivo: Comparar a performance da amina emulsificada e não emulsificada														
Condições do Teste														
Produtos	Tempo (s)	% sól.	pH		Reagentes g/t									
			Início	Fim	Disp.		Sulf. Sódio		Barrilha		Amina		MIBC	
					g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	gotas
Concentrado 01	2	xx	10,53	10,10	xx	xx	1183	16,00	400	xx	65	4	18	6
Concentrado 02	2	xx	10,56	10,00	xx	xx	347	4,70	117	xx	28	2	9	3
Concentrado 03	2	xx	10,52	9,97	xx	xx	347	4,70	117	xx	28	2	9	3
Rejeito Final	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Resultados														
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial		Relação Fe / Zn Alim. Flotação		Rec.Glob			
			Zn	Fe	Zn	Fe					Teor Zn	Teor Fe		
Alimentação calc.	1894,0	100,0	14,18	8,14	100,0	100,0					79,24			
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0			0,57		14,18			
UF calculado	1894,0	100,0	14,18	8,14	100,0	100,0					8,14			
Concentrado 01	495,6	26,17	31,36	7,00	57,9	22,5								
Concentrado 02	209,1	11,04	21,62	9,34	16,8	12,7								
Concentrado 03	174,4	9,21	15,05	10,40	9,8	11,8								
Rejeito Final	1014,9	53,59	4,11	8,06	15,5	53,1			Correlação Sulfeto x Amina	16,1				
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.								
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,76	79,24								
Sulf. Sódio	1878	1662												
Barrilha	635	562												
Amina	120	103												
MIBCOL	37	31												
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn														
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger														
79,24														
Gráfico de distribuições														
$y = 1,7795x^2 - 5,0432x + 12,045$														

Tabela A.27: Comparação de amina emulsificada com a amina não emulsificada



Nas tabelas A.28 a A.33 são apresentados os resultados dos ensaios de flotação, utilizando a emulsão de amina com óleos naturais de mamona, babaçu, pinho, eucalipto, azeite de mamona e coco de babaçu.

Tabela A.28: Resultados de Flotação utilizando amina emulsificada com óleos naturais

Cinética de flotação - willemita																																	
Teste de Flotação nº: teste 7 emulsão de óleo de mamona Data: 18/10/2005																																	
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Verificar a aplicação da amina emulsificada com óleos naturais, comparando seu desempenho com a amina emulsificada com óleo diesel																																	
<b>Condições do Teste</b>																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																												
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato																				
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																			
Concentrado 01	2	xx					250	4,41	0	xx	250	10	1000	24																			
Concentrado 02	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx					xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx																			
<b>Resultados</b>																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>																										
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>1,12</b>																										
Alimentação calc.	1230,0	100,0	14,78	16,59	100,0	100,0																											
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																											
UF calculado	1230,0	100,0	14,78	16,59	100,0	100,0																											
Concentrado 01	432,3	35,15	23,34	12,04	55,5	25,5																											
Concentrado 02	261,1	21,23	23,35	12,00	33,5	15,4																											
Concentrado 03	133,6	10,86	9,01	17,51	6,6	11,5																											
Rejeito Final	403,0	32,77	1,97	24,13	4,4	47,7																											
							Correlação Sulfeto x Amina <b>1,0</b>																										
							Rec. Glob <b>86,87</b>																										
							Teor Zn <b>14,78</b>																										
							Teor Fe <b>16,59</b>																										
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	<b>3,76</b>	<b>86,87</b>																											
Sulf. Sódio	500	360																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	500	360																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn</b>																																	
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger <b>86,87</b>																																	
<b>Gráfico de distribuições</b> $y = -3,3638x^2 + 36,946x - 4,9477$																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Teor Zn</th> <th>Rec.</th> <th>Conc. Inst.</th> <th>Conc. acum.</th> <th>Teor Rej.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>55,49</td> <td>23,34</td> <td>23,35</td> <td>10,15</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>89,02</td> <td>23,34</td> <td>16,18</td> <td>3,72</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>95,63</td> <td>21,03</td> <td>6,51</td> <td>1,97</td> </tr> </tbody> </table>														Teor Zn	Rec.	Conc. Inst.	Conc. acum.	Teor Rej.	2	55,49	23,34	23,35	10,15	4	89,02	23,34	16,18	3,72	6	95,63	21,03	6,51	1,97
Teor Zn	Rec.	Conc. Inst.	Conc. acum.	Teor Rej.																													
2	55,49	23,34	23,35	10,15																													
4	89,02	23,34	16,18	3,72																													
6	95,63	21,03	6,51	1,97																													

Tabela A.29: Resultados de Flotação utilizando amina emulsificada com óleos naturais

Cinética de flotação - Willemita																										
Teste de Flotação nº: teste 7 emulsão de óleo de babaçu Data: 25/10/2005																										
Amostra: minério de willemita																										
Objetivo: Verificar a aplicação da amina emulsificada com óleos naturais, comparando seu desempenho com a amina emulsificada com óleo diesel																										
<b>Condições do Teste</b>																										
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																					
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato													
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml												
Concentrado 01	2	xx					250	4,41	0	xx	250	10	1000	24												
Concentrado 02	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx												
Concentrado 03	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx												
Rejeito Final	xx	xx					xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx												
<b>Resultados</b>																										
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alm. Inicial																			
			Zn	CaO	Zn	CaO	Zn	CaO																		
Alimentação calc.	1230,7	100,0	14,86	16,69	100,0	100,0																				
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																				
UF calculado	1230,7	100,0	14,86	16,69	100,0	100,0																				
Concentrado 01	399,7	32,47	22,01	12,75	48,1	24,8																				
Concentrado 02	324,4	26,35	22,96	12,93	40,7	20,4																				
Concentrado 03	124,9	10,15	10,34	17,40	7,1	10,6																				
Rejeito Final	381,8	31,02	1,96	23,78	4,1	44,2																				
							Relação Fe / Zn Alm. Flotação																			
							1,12																			
							Correlação Sulfeto x Amina		1,0																	
							Rec.Glob		86,66																	
							Teor Zn		14,86																	
							Teor Fe		16,69																	
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																				
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,83	86,66																				
Sulf. Sódio	500	Bancada (g/t)																								
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																								
Amina	500	364																								
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																								
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn</b>																										
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = 0,0019x <sup>3</sup> - 0,1812x <sup>2</sup> + 6,103x + 24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																										
86,66																										
<b>Gráfico de distribuições</b>																										
$y = -4,2084x^2 + 45,616x - 26,286$																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Teor Zn (x)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>48,11</td> <td>22,01</td> <td>22,49</td> <td>11,42</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>88,84</td> <td>22,44</td> <td>16,65</td> <td>4,03</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>95,91</td> <td>20,66</td> <td>7,17</td> <td>1,96</td> </tr> </tbody> </table>							Teor Zn (x)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	48,11	22,01	22,49	11,42	4	88,84	22,44	16,65	4,03	6	95,91	20,66	7,17	1,96
Teor Zn (x)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																						
2	48,11	22,01	22,49	11,42																						
4	88,84	22,44	16,65	4,03																						
6	95,91	20,66	7,17	1,96																						

Tabela A.30: Resultados de Flotação utilizando amina emulsificada com óleos naturais

Cinética de flotação - Willemita																																	
Teste de Flotação n°: teste 7 emulsão de óleo de pinho				Data: 25/10/2005																													
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Verificar a aplicação da amina emulsificada com óleos naturais, comparando seu desempenho com a amina emulsificada com óleo diesel																																	
<b>Condições do Teste</b>																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Redox		Reagentes g/t				emulsão		Silicato																				
			Início	Fim	início	fim	Sulf. Sódio g/t	Sulf. Sódio ml	Hexametáfosfato g/t	Hexametáfosfato ml	g/l	ml	g/l	ml																			
Concentrado 01	2	xx					250	4,41	0	xx	250	10	1000	24																			
Concentrado 02	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx					xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																			
<b>Resultados</b>																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial		Relação Fe / Zn Alim. Flotação		Rec.Glob																						
			Zn	CaO	Zn	CaO			Teor Zn	Teor Fe																							
Alimentação calc.	1275,0	100,0	14,83	16,90	100,0	100,0					84,41																						
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0			1,14		14,83																						
UF calculado	1275,0	100,0	14,83	16,90	100,0	100,0					16,90																						
Concentrado 01	479,9	37,64	21,43	13,18	54,4	29,4																											
Concentrado 02	240,8	18,88	23,09	12,87	29,4	14,4																											
Concentrado 03	135,5	10,63	13,62	16,42	9,8	10,3																											
Rejeito Final	418,9	32,85	2,91	23,62	6,4	45,9																											
							Correlação Sulfeto x Amina		1,0																								
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,06	84,41																											
Sulf. Sódio	500	Bancada (g/t)																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	500	379																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde $x$ = teor concentrado rougher ou scavenger <b>84,41</b>																																	
<b>Gráfico de distribuições</b>																																	
$y = -2,4558x^2 + 29,437x + 5,337$																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo (min)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>54,39</td> <td>21,43</td> <td>22,26</td> <td>10,85</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>83,79</td> <td>21,98</td> <td>18,36</td> <td>5,53</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>93,55</td> <td>20,66</td> <td>8,81</td> <td>2,91</td> </tr> </tbody> </table>														Tempo (min)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	54,39	21,43	22,26	10,85	4	83,79	21,98	18,36	5,53	6	93,55	20,66	8,81	2,91
Tempo (min)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																													
2	54,39	21,43	22,26	10,85																													
4	83,79	21,98	18,36	5,53																													
6	93,55	20,66	8,81	2,91																													

Tabela A.31: Resultados de Flotação utilizando amina emulsificada com óleos naturais

Cinética de flotação - Willemita																																	
Teste de Flotação nº: teste 7 emulsão de óleo de eucalipto      Data: 25/10/2005																																	
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Verificar a aplicação da amina emulsificada com óleos naturais, comparando seu desempenho com a amina emulsificada com óleo diesel																																	
Condições do Teste																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																												
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato																				
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																			
Concentrado 01	2	xx					250	4,41	0	xx	250	10	1000	24																			
Concentrado 02	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx					xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																			
Resultados																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>																										
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação																										
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	<b>1,12</b>																										
UF calculado	1190,5	100,0	14,89	16,65	100,0	100,0	Correlação Sulfeto x Amina <b>1,0</b>																										
Concentrado 01	365,4	30,69	23,93	11,81	49,3	21,8	Rec.Glob <b>85,08</b>																										
Concentrado 02	249,5	20,96	22,29	11,82	31,4	14,9	Teor Zn <b>14,89</b>																										
Concentrado 03	144,3	12,12	15,41	15,83	12,5	11,5	Teor Fe <b>16,65</b>																										
Rejeito Final	431,3	36,23	2,78	23,81	6,8	51,8																											
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	<b>4,25</b>	<b>85,08</b>																											
Sulf. Sódio	500	Bancada (g/t)																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	500	391																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x <sup>3</sup> -0,1812x <sup>2</sup> +6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger <b>85,08</b>																																	
Gráfico de distribuições																																	
y = -2,3532x <sup>2</sup> + 29,804x - 0,8708																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Teor Zn</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>49,32</td> <td>23,93</td> <td>23,11</td> <td>10,89</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>80,69</td> <td>23,26</td> <td>18,85</td> <td>5,95</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>93,24</td> <td>21,77</td> <td>9,71</td> <td>2,78</td> </tr> </tbody> </table>														Teor Zn	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	49,32	23,93	23,11	10,89	4	80,69	23,26	18,85	5,95	6	93,24	21,77	9,71	2,78
Teor Zn	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																													
2	49,32	23,93	23,11	10,89																													
4	80,69	23,26	18,85	5,95																													
6	93,24	21,77	9,71	2,78																													

Tabela A.32: Resultados de Flotação utilizando amina emulsificada com óleos naturais

Cinética de flotação - Willemita														
Teste de Flotação nº: teste 7 emulsão de óleo de azeite de mamona						Data: 25/10/2005								
Amostra: minério de willemita														
Objetivo: Verificar a aplicação da amina emulsificada com óleos naturais, comparando seu desempenho com a amina emulsificada com óleo diesel														
Condições do Teste														
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t									
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato	
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml
Concentrado 01	2	xx					250	4,41	0	xx	250	10	1000	24
Concentrado 02	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx
Concentrado 03	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx
Rejeito Final	xx	xx					xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx
Resultados														
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial							
			Zn	CaO	Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação		Rec.Glob	Teor Zn		
Alimentação calc.	1123,9	100,0	15,02	16,79	100,0	100,0			30		87,04			
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0			1,12		15,02			
UF calculado	1123,9	100,0	15,02	16,79	100,0	100,0			1,0		16,79			
Concentrado 01	435,0	38,71	22,82	12,61	58,8	29,1								
Concentrado 02	223,7	19,91	23,06	12,62	30,6	15,0								
Concentrado 03	106,7	9,49	10,21	17,61	6,5	10,0								
Rejeito Final	358,4	31,89	1,96	24,21	4,2	46,0								
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.								
Dísp.	xx	xx	xx	xx	3,76	87,04								
Sulf. Sódio	500	Bancada (g/t)												
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!												
Amina	500	360												
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!												
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn</b> Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger <b>87,04</b>														
Gráfico de distribuições														
$y = -3,0139x^2 + 33,367x + 4,1384$														
◆ Rec.      ■ Conc. Inst.      ▲ Conc. acum.      ■ Teor Rej. — Polinômio (Rec.)      — Polinômio (Conc. Inst.)      — Polinômio (Conc. acum.)      — Polinômio (Teor Rej.)														

Tabela A.33: Resultados de Flotação utilizando amina emulsificada com óleos naturais

Cinética de flotação - Willemita																					
Teste de Flotação nº: teste 7 emulsão de óleo de coco de babaçu										Data: 25/10/2005											
Amostra: minério de willemita																					
Objetivo: Verificar a aplicação da amina emulsificada com óleos naturais, comparando seu desempenho com a amina emulsificada com óleo diesel																					
Condições do Teste																					
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato								
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml							
Concentrado 01	2	xx					250	4,41	0	xx	250	10	1000	24							
Concentrado 02	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx							
Concentrado 03	2	xx					125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx							
Rejeito Final	xx	xx					xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx							
Resultados																					
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial														
			Zn	CaO	Zn	CaO	30														
Alimentação calc.	1114,7	100,0	14,85	16,84	100,0	100,0	Relação Fe / Zn Alim. Flotação														
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	1,13														
UF calculado	1114,7	100,0	14,85	16,84	100,0	100,0	Correlação Sulfeto x Amina														
Concentrado 01	457,0	41,00	20,56	13,51	56,8	32,9	1,0														
Concentrado 02	197,0	17,68	22,43	12,30	26,7	12,9	Rec.Glob 84,80														
Concentrado 03	133,4	11,97	14,09	16,17	11,4	11,5	Teor Zn 14,85														
Rejeito Final	327,2	29,35	2,63	24,50	5,2	42,7	Teor Fe 16,84														
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.															
Dísp.	xx	xx	xx	xx	3,57	84,80															
Sulf. Sódio	500	Bancada (g/t)																			
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																			
Amina	500	348																			
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																			
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn																					
Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x <sup>3</sup> -0,1812x <sup>2</sup> +6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																					
84,80																					
Gráfico de distribuições																					
y = -1,9173x <sup>2</sup> + 24,85x + 14,724																					
<table border="0"> <tr> <td>◆ Rec.</td> <td>■ Conc. Inst.</td> <td>▲ Conc. acum.</td> <td>■ Teor Rej.</td> </tr> <tr> <td>— Polinômio (Rec.)</td> <td>— Polinômio (Conc. Inst.)</td> <td>— Polinômio (Conc. acum.)</td> <td>— Polinômio (Teor Rej.)</td> </tr> </table>														◆ Rec.	■ Conc. Inst.	▲ Conc. acum.	■ Teor Rej.	— Polinômio (Rec.)	— Polinômio (Conc. Inst.)	— Polinômio (Conc. acum.)	— Polinômio (Teor Rej.)
◆ Rec.	■ Conc. Inst.	▲ Conc. acum.	■ Teor Rej.																		
— Polinômio (Rec.)	— Polinômio (Conc. Inst.)	— Polinômio (Conc. acum.)	— Polinômio (Teor Rej.)																		



Nas tabelas A.34 a A.40 são apresentados os resultados dos ensaios de flotação, comparando o desempenho da emulsão de óleo diesel com amina e amidaminas, além da variação da concentração da emulsão de amina.

Tabela A.34: Resultados de Flotação utilizando a emulsão de amidaminas

Cinética de flotação - Willemita																																																							
Teste de Flotação n°:		teste 7 emulsão de óleo diesel						Data: 10/3/2005																																															
Amostra:		minério de willemita																																																					
Objetivo:		Verificar a aplicação da amina emulsificada com óleos naturais, comparando seu desempenho com a amina emulsificada com óleo diesel																																																					
<b>Condições do Teste</b>																																																							
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																																																		
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato																																										
					início	fim	g/l	ml	g/l	ml	g/l	ml	g/l	ml																																									
Concentrado 01	2	xx	7,52	8,99			250	4,41	0	xx	250	10	1000	24																																									
Concentrado 02	2	xx	8,99	8,59			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																																									
Concentrado 03	2	xx	8,59	9,10			125	2,21	xx	xx	125	5	xx	xx																																									
Rejeito Final	xx	xx	9,1	8,92			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																																									
<b>Resultados</b>																																																							
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		%		%		%		%																																										
			Zn	CaO	Zn	CaO	sol. Alim. Inicial	Relação Fe / Zn Alim. Flotação	Correlação Sulfeto x Amina	Rec. Glob.	Teor Zn	Teor Fe																																											
Alimentação calc.	1155,8	100,0	14,98	17,01	100,0	100,0																																																	
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																																																	
UF calculado	1155,8	100,0	14,98	17,01	100,0	100,0																																																	
Concentrado 01	373,1	32,28	25,19	11,50	54,3	21,8																																																	
Concentrado 02	242,2	20,96	23,96	12,55	33,5	15,5																																																	
Concentrado 03	96,5	8,35	12,01	16,62	6,7	8,2																																																	
Rejeito Final	444,0	38,41	2,16	24,15	5,5	54,5																																																	
<table border="1"> <tr> <th>Reagentes</th> <th>Dos. Padrão (g/t)</th> <th>Bancada (g/t)</th> <th>Planta (g/t)</th> <th>Correlação</th> <th>Tempo ideal (s)</th> <th>Rec.id</th> </tr> <tr> <td>Disp.</td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td>3,94</td> <td>87,17</td> </tr> <tr> <td>Sulf. Sódio</td> <td>500</td> <td>371</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Barrilha</td> <td>#VALOR!</td> <td>#VALOR!</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Amina</td> <td>500</td> <td>371</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MIBCOL</td> <td>#VALOR!</td> <td>#VALOR!</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>														Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id	Disp.	xx	xx	xx	xx	3,94	87,17	Sulf. Sódio	500	371					Barrilha	#VALOR!	#VALOR!					Amina	500	371					MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!				
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id																																																	
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,94	87,17																																																	
Sulf. Sódio	500	371																																																					
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																																																					
Amina	500	371																																																					
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																																																					
<p><b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5%Zn</b>            Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x<sup>3</sup>-0,1812x<sup>2</sup>+6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger  <b>87,17</b></p>																																																							
<p><b>Gráfico de distribuições</b></p> <p><math>y = -3,3518x^2 + 36,864x - 6,056</math></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Conc. Inst.</th> <th>Conc. acum.</th> <th>Teor Rej.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25,19</td> <td>24,71</td> <td>22,98</td> </tr> <tr> <td>24,58</td> <td>17,99</td> <td>8,01</td> </tr> <tr> <td>10,12</td> <td>3,92</td> <td>2,16</td> </tr> </tbody> </table>														Conc. Inst.	Conc. acum.	Teor Rej.	25,19	24,71	22,98	24,58	17,99	8,01	10,12	3,92	2,16																														
Conc. Inst.	Conc. acum.	Teor Rej.																																																					
25,19	24,71	22,98																																																					
24,58	17,99	8,01																																																					
10,12	3,92	2,16																																																					

Tabela A.35: Resultados de Flotação utilizando a emulsão de amidaminas

Cinética de flotação - Willemita																									
Teste de Flotação nº:		teste 1 emulsão amina 100g/t						Data: 3/8/2006																	
Amostra:		minério de willemita																							
Objetivo:		Comparar o desempenho da emulsão de amidaminas com amina emulsificada e não emulsificada, avaliando também a variação da concentração de amina emulsificada																							
Condições do Teste																									
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																				
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		CaO												
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml											
Concentrado 01	2	xx	9,10	10,08			250	3,31	0	xx	50	3	50	5											
Concentrado 02	2	xx	10,08	10,24			125	1,65	xx	xx	25	1	xx	xx											
Concentrado 03	2	xx	10,24	10,30			125	1,65	xx	xx	25	1	xx	xx											
Rejeito Final	xx	xx	10,3	9,94			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx											
Resultados																									
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial																		
			Zn	CaO	Zn	CaO	30																		
Alimentação calc.	1006,4	100,0	15,14	17,01	100,0	100,0	Relação Fe / Zn Alim. Flotação																		
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	1,12																		
UF calculado	1006,4	100,0	15,14	17,01	100,0	100,0	Correlação Sulfeto x Amina																		
Concentrado 01	230,8	22,93	30,98	10,26	46,9	13,8	1,0																		
Concentrado 02	204,7	20,34	24,58	12,71	33,0	15,2	Rec.Glob 84,73																		
Concentrado 03	121,3	12,05	13,68	16,02	10,9	11,3	Teor Zn 15,14																		
Rejeito Final	449,6	44,67	3,11	22,71	9,2	59,6	Teor Fe 17,01																		
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																			
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,50	84,73																			
Sulf. Sódio	500	406																							
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																							
Amina	100	81																							
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																							
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn																									
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = 0,0019x <sup>3</sup> - 0,1812x <sup>2</sup> + 6,103x + 24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																									
84,73																									
Gráfico de distribuições																									
y = -2,766x <sup>2</sup> + 33,104x - 8,2253																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Conc. Inst.</th> <th>Conc. acum.</th> <th>Teor Rej.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30,98</td> <td>27,97</td> <td>24,86</td> </tr> <tr> <td>27,78</td> <td>19,13</td> <td>8,84</td> </tr> <tr> <td>10,43</td> <td>5,36</td> <td>3,11</td> </tr> </tbody> </table>														Conc. Inst.	Conc. acum.	Teor Rej.	30,98	27,97	24,86	27,78	19,13	8,84	10,43	5,36	3,11
Conc. Inst.	Conc. acum.	Teor Rej.																							
30,98	27,97	24,86																							
27,78	19,13	8,84																							
10,43	5,36	3,11																							

Tabela A.36: Resultados de Flotação utilizando a emulsão de amidaminas

Cinética de flotação - Willemita																																	
Teste de Flotação n°: teste 1 emulsão amina 200g/t Data: 3/8/2006																																	
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Comparar o desempenho da emulsão de amidaminas com amina emulsificada e não emulsificada, avaliando também a variação da concentração de amina emulsificada																																	
<b>Condições do Teste</b>																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																												
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		emulsão		Silicato																				
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																			
Concentrado 01	2	xx	8,57	9,81			250	3,31	0	xx	100	5	0	0																			
Concentrado 02	2	xx	9,81	10,01			125	1,65	xx	xx	50	3	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx	10,01	9,89			125	1,65	xx	xx	50	3	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx	9,89	9,58			xx		xx	xx	xx		xx	xx																			
<b>Resultados</b>																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial <b>30</b>																										
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação <b>1,13</b>																										
Alimentação calc.	1027,6	100,0	15,09	17,09	100,0	100,0	Correlação Sulfeto x Amina <b>1,0</b>																										
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																											
UF calculado	1027,6	100,0	15,09	17,09	100,0	100,0																											
Concentrado 01	359,7	35,00	28,16	11,21	65,3	23,0																											
Concentrado 02	194,3	18,91	19,02	14,16	23,8	15,7																											
Concentrado 03	100,6	9,79	9,32	19,44	6,0	11,1																											
Rejeito Final	373,0	36,30	2,00	23,64	4,8	50,2																											
Rec.Glob	87,41																																
Teor Zn	15,09																																
Teor Fe	17,09																																
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	4,85	87,41																											
Sulf. Sódio	500	428																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	200	171																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b>																																	
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger <b>87,41</b>																																	
<p align="center"><b>Gráfico de distribuições</b></p> <p align="right"><math>y = -2,223x^2 + 25,253x + 23,701</math></p> <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Distribuições</caption> <thead> <tr> <th>Conc. Amina (g/t)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>65,31</td> <td>28,16</td> <td>23,59</td> <td>8,05</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>89,14</td> <td>24,95</td> <td>14,17</td> <td>3,55</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>95,19</td> <td>22,55</td> <td>6,66</td> <td>2,00</td> </tr> </tbody> </table>														Conc. Amina (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	65,31	28,16	23,59	8,05	4	89,14	24,95	14,17	3,55	6	95,19	22,55	6,66	2,00
Conc. Amina (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																													
2	65,31	28,16	23,59	8,05																													
4	89,14	24,95	14,17	3,55																													
6	95,19	22,55	6,66	2,00																													

Tabela A.37: Resultados de Flotação utilizando a emulsão de amidaminas

Cinética de flotação - Willemita																																	
Teste de Flotação n°: teste 1 emulsão amina 500g/t							Data: 3/3/2006																										
Amostra: minério de willemita																																	
Objetivo: Comparar o desempenho da emulsão de amidaminas com amina emulsificada e não emulsificada, avaliando também a variação da concentração de amina emulsificada																																	
Condições do Teste																																	
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																												
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		CaO		emulsão		Silicato																				
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																			
Concentrado 01	2	xx	8,46	9,30			250	3,31	50	6	250	12	0	0																			
Concentrado 02	2	xx	9,30	9,57			125	1,65	xx	xx	125	4	xx	xx																			
Concentrado 03	2	xx	9,57	9,80			125	1,65	xx	xx	125	4	xx	xx																			
Rejeito Final	xx	xx	9,8	9,51			xx		xx	xx	xx	xx	xx	xx																			
Resultados																																	
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial																										
			Zn	Fe	Zn	Fe																											
Alimentação calc.	893,1	100,0	14,71	6,53	100,0	100,0		30																									
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	Relação Fe / Zn Alim. Flotação																										
UF calculado	893,1	100,0	14,71	6,53	100,0	100,0	0,44																										
Concentrado 01	331,6	37,13	24,86	6,49	62,8	36,9	Correlação Sulfeto x Amina																										
Concentrado 02	177,6	19,89	20,84	7,50	28,2	22,8	1,0																										
Concentrado 03	104,5	11,70	7,06	8,85	5,6	15,9	Rec.Glob 87,62																										
Rejeito Final	279,4	31,28	1,62	5,10	3,4	24,4	Teor Zn 14,71																										
							Teor Fe 6,53																										
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id																											
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,65	87,62																											
Sulf. Sódio	500	353																															
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																															
Amina	500	353																															
MIBCOL	#VALOR!	#VALOR!																															
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn																																	
Base Rec. Cleaner - Equação rec.= 0,0019x <sup>3</sup> -0,1812x <sup>2</sup> +6,103x+24,758 onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																																	
87,62																																	
Gráfico de distribuições																																	
$y = -2,8201x^2 + 31,01x + 12,021$																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Teor Zn</th> <th>Rec.</th> <th>Conc. Inst.</th> <th>Conc. acum.</th> <th>Teor Rej.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>62,76</td> <td>24,86</td> <td>22,85</td> <td>8,71</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>90,94</td> <td>23,46</td> <td>13,95</td> <td>3,10</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>96,55</td> <td>20,67</td> <td>5,53</td> <td>1,62</td> </tr> </tbody> </table>														Teor Zn	Rec.	Conc. Inst.	Conc. acum.	Teor Rej.	2	62,76	24,86	22,85	8,71	4	90,94	23,46	13,95	3,10	6	96,55	20,67	5,53	1,62
Teor Zn	Rec.	Conc. Inst.	Conc. acum.	Teor Rej.																													
2	62,76	24,86	22,85	8,71																													
4	90,94	23,46	13,95	3,10																													
6	96,55	20,67	5,53	1,62																													

Tabela A.38: Resultados de Flotação utilizando a emulsão de amidaminas

Cinética de flotação - Willemita																									
Teste de Flotação n°: teste 1 amina não emulsificada 142g/t Data: 3/8/2006																									
Amostra: minério de willemita																									
Objetivo: Comparar o desempenho da emulsão de amidaminas com amina emulsificada e não emulsificada, avaliando também a variação da concentração de amina emulsificada																									
<b>Condições do Teste</b>																									
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																				
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		Amina		Mibcol												
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml											
Concentrado 01	2	xx	8,15	10,45			1003	13,28	0	xx	74	7	23	2											
Concentrado 02	2	xx	10,45	10,57			401	5,30	xx	xx	34	3	9	1											
Concentrado 03	2	xx	10,57	10,67			241	3,20	xx	xx	34	3	9	1											
Rejeito Final	xx	xx	10,67	10,33			xx		xx	xx	xx		xx	xx											
<b>Resultados</b>																									
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)																				
			Zn	CaO	Zn	CaO																			
Alimentação calc.	867,9	100,0	15,17	17,35	100,0	100,0																			
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																			
UF calculado	867,9	100,0	15,17	17,35	100,0	100,0																			
Concentrado 01	279,9	32,24	30,37	10,02	64,6	18,6																			
Concentrado 02	149,3	17,21	19,25	14,22	21,8	14,1																			
Concentrado 03	98,8	11,39	9,60	17,91	7,2	11,8																			
Rejeito Final	339,9	39,16	2,47	24,59	6,4	55,5																			
							<b>% sol. Alim. Inicial</b>		<b>30</b>																
							<b>Relação Fe / Zn Alim. Flotação</b>		<b>1,14</b>																
							<b>Correlação Sulfeto x Amina</b>		<b>11,6</b>																
									<b>Rec.Glob</b>		<b>86,41</b>														
									<b>Teor Zn</b>		<b>15,17</b>														
									<b>Teor Fe</b>		<b>17,35</b>														
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																			
Disp.	xx	xx	xx	xx	<b>4,00</b>	<b>86,41</b>																			
Sulf. Sódio	1645	1404																							
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																							
Amina	142	108																							
MIBCOL	41	32																							
<b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b>																									
Base Rec. Cleaner - Equação rec.= $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																									
<b>86,41</b>																									
<b>Gráfico de distribuições</b>																									
$y = -1,829x^2 + 21,894x + 28,102$																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Conc. Inst.</th> <th>Conc. acum.</th> <th>Teor Rej.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30,37</td> <td>26,50</td> <td>23,34</td> </tr> <tr> <td>24,81</td> <td>14,43</td> <td>6,80</td> </tr> <tr> <td>7,93</td> <td>4,08</td> <td>2,47</td> </tr> </tbody> </table>														Conc. Inst.	Conc. acum.	Teor Rej.	30,37	26,50	23,34	24,81	14,43	6,80	7,93	4,08	2,47
Conc. Inst.	Conc. acum.	Teor Rej.																							
30,37	26,50	23,34																							
24,81	14,43	6,80																							
7,93	4,08	2,47																							

Tabela A.39: Resultados de Flotação utilizando a emulsão de amidaminas

Cinética de flotação - Willemita																																																							
Teste de Flotação nº: teste 1 emulsão amidamina RC 450      Data: 3/8/2006																																																							
Amostra: minério de willemita																																																							
Objetivo: Comparar o desempenho da emulsão de amidaminas com amina emulsificada e não emulsificada, avaliando também a variação da concentração de amina emulsificada																																																							
<b>Condições do Teste</b>																																																							
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Redox		Reagentes g/t				CaO																																												
			Início	Fim	início	fim	Sulf. Sódio g/t	Sulf. Sódio ml	Hexametáfosfato g/t	Hexametáfosfato ml	Amidamina g/t	Amidamina ml	g/t	ml																																									
Concentrado 01	2	xx					250	3,37	0	xx	250	13	50	5																																									
Concentrado 02	2	xx					125	1,85	xx	xx	125	7	0	0																																									
Concentrado 03	2	xx					125	1,85	xx	xx	125	7	0	0																																									
Rejeito Final	xx	xx					xx		xx	xx	xx		xx	xx																																									
<b>Resultados</b>																																																							
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial																																																
			Zn	CaO	Zn	CaO																																																	
Alimentação calc.	1055,3	100,0	14,71	17,73	100,0	100,0		<b>30</b>																																															
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0																																																	
UF calculado	1055,3	100,0	14,71	17,73	100,0	100,0																																																	
Concentrado 01	350,9	33,25	26,51	11,42	59,9	21,4																																																	
Concentrado 02	208,0	19,71	19,34	14,96	25,9	16,6																																																	
Concentrado 03	104,7	9,92	10,58	18,57	7,1	10,4																																																	
Rejeito Final	391,8	37,13	2,79	24,63	7,0	51,6																																																	
Relação Fe / Zn Alim. Flotação: <b>1,21</b>																																																							
Correlação Sulfeto x Amina: <b>1,0</b>																																																							
<table border="1"> <tr> <td>Rec. Glob</td> <td>84,77</td> </tr> <tr> <td>Teor Zn</td> <td>14,71</td> </tr> <tr> <td>Teor Fe</td> <td>17,73</td> </tr> </table>														Rec. Glob	84,77	Teor Zn	14,71	Teor Fe	17,73																																				
Rec. Glob	84,77																																																						
Teor Zn	14,71																																																						
Teor Fe	17,73																																																						
<table border="1"> <tr> <th>Reagentes</th> <th>Dos. Padrão (g/t)</th> <th>Bancada (g/t)</th> <th>Planta (g/t)</th> <th>Correlação</th> <th>Tempo ideal (s)</th> <th>Rec.id.</th> </tr> <tr> <td>Disp.</td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td>3,88</td> <td>84,77</td> </tr> <tr> <td>Sulf. Sódio</td> <td>500</td> <td>367</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Barrilha</td> <td>#VALOR!</td> <td>#VALOR!</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Amina</td> <td>500</td> <td>367</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MIBCOL</td> <td>50</td> <td>50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>														Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.	Disp.	xx	xx	xx	xx	3,88	84,77	Sulf. Sódio	500	367					Barrilha	#VALOR!	#VALOR!					Amina	500	367					MIBCOL	50	50				
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																																																	
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,88	84,77																																																	
Sulf. Sódio	500	367																																																					
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																																																					
Amina	500	367																																																					
MIBCOL	50	50																																																					
<p><b>Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn</b></p> <p>Base Rec. Cleaner - Equação rec.= <math>0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758</math> onde x = teor concentrado rougher ou scavenger</p> <p><b>84,77</b></p>																																																							
<p><b>Gráfico de distribuições</b></p> <p><math>y = -2,3469x^2 + 27,035x + 15,236</math></p> <p> <span style="color: blue;">◆</span> Rec.      <span style="color: black;">■</span> Conc. Inst.      <span style="color: green;">▲</span> Conc. acum.      <span style="color: red;">■</span> Teor Rej.  <span style="color: blue;">—</span> Polinômio (Rec.)      <span style="color: black;">—</span> Polinômio (Conc. Inst.)      <span style="color: green;">—</span> Polinômio (Conc. acum.)      <span style="color: red;">—</span> Polinômio (Teor Rej.) </p>																																																							

Tabela A.40: Resultados de Flotação utilizando a emulsão de amidaminas

Cinética de flotação - Willemita																																			
Teste de Flotação nº: teste 1 emulsão amidamina RC 471 Data: 3/8/2006																																			
Amostra: minério de willemita																																			
Objetivo: Comparar o desempenho da emulsão de amidaminas com amina emulsificada e não emulsificada, avaliando também a variação da concentração de amina emulsificada																																			
Condições do Teste																																			
Produtos	Tempo (min)	% sól.	pH		Reagentes g/t																														
			Início	Fim	Redox		Sulf. Sódio		Hexametáfosfato		Amidamina		CaO																						
					início	fim	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml	g/t	ml																			
Concentrado 01	2	xx					250	3,37	0	xx	250	13	50	5																					
Concentrado 02	2	xx					125	1,85	xx	xx	125	7	0	0																					
Concentrado 03	2	xx					125	1,85	xx	xx	125	7	0	0																					
Rejeito Final	xx	xx					xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx																					
Resultados																																			
Produto	Peso (g)	Peso (%)	Anál. Químicas (%)		Dist. (%)		% sol. Alim. Inicial																												
			Zn	CaO	Zn	CaO	Relação Fe / Zn Alim. Flotação																												
Alimentação calc.	1065,0	100,0	14,90	18,08	100,0	100,0	30																												
Lama	0,0	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	1,21																												
UF calculado	1065,0	100,0	14,90	18,08	100,0	100,0	Correlação Sulfeto x Amina 1,0																												
Concentrado 01	432,3	40,60	26,68	12,22	72,7	27,4	Rec.Glob 86,76																												
Concentrado 02	189,3	17,78	15,47	17,05	18,5	16,8	Teor Zn 14,90																												
Concentrado 03	94,3	8,86	7,30	20,25	4,3	9,9	Teor Fe 18,08																												
Rejeito Final	349,0	32,77	2,04	25,30	4,5	45,9																													
Reagentes	Dos. Padrão (g/t)	Bancada (g/t)	Planta (g/t)	Correlação	Tempo ideal (s)	Rec.id.																													
Disp.	xx	xx	xx	xx	3,36	86,76																													
Sulf. Sódio	500	335																																	
Barrilha	#VALOR!	#VALOR!																																	
Amina	500	335																																	
MIBCOL	50	50																																	
Estimativa da Recuperação Global de Zinco Circuito Fechado Produzindo Conc. Com 43,5% Zn																																			
Base Rec. Cleaner - Equação rec. = $0,0019x^3 - 0,1812x^2 + 6,103x + 24,758$ onde x = teor concentrado rougher ou scavenger																																			
86,76																																			
Gráfico de distribuições																																			
$y = -1,7653x^2 + 19,823x + 40,123$																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Conc. Amina (g/t)</th> <th>Rec. (%)</th> <th>Conc. Inst. (%)</th> <th>Conc. acum. (%)</th> <th>Teor Rej. (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>72,71</td> <td>26,68</td> <td>21,08</td> <td>6,84</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>91,17</td> <td>23,27</td> <td>11,39</td> <td>3,16</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>95,51</td> <td>21,16</td> <td>5,66</td> <td>2,04</td> </tr> </tbody> </table>																Conc. Amina (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)	2	72,71	26,68	21,08	6,84	4	91,17	23,27	11,39	3,16	6	95,51	21,16	5,66	2,04
Conc. Amina (g/t)	Rec. (%)	Conc. Inst. (%)	Conc. acum. (%)	Teor Rej. (%)																															
2	72,71	26,68	21,08	6,84																															
4	91,17	23,27	11,39	3,16																															
6	95,51	21,16	5,66	2,04																															