

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas

Dissertação de Mestrado

**“Efeito do *scalping* de quartzo grosso na flotação
catiônica reversa de minério de ferro”**

Autor: Manoel Marques Braga Junior
Orientador: Prof. Antônio Eduardo Clark Peres
Fevereiro/2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas

Manoel Marques Braga Junior

**“EFEITO DO SCALPING DE QUARTZO GROSSO NA FLOTAÇÃO
CATIÔNICA REVERSA DE MINÉRIO DE FERRO”**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Minas.

Área de concentração: Tecnologia Mineral.

Orientador: Prof. Antônio Eduardo Clark Peres.

Belo Horizonte
Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
2010

A Andréia, Manoel, Mércia, Silvana, pela compreensão nas horas ausentes, e apoio nas horas difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram na realização deste trabalho e, em particular:

À VALE, pela confiança depositada no nosso trabalho, a amizade e colaboração dos nossos colegas.

Ao amigo e prof.^o Antônio Eduardo Clark Peres, pela orientação, compreensão e incentivo.

À Gerência de Gestão de Laboratórios, Pesquisa e Desenvolvimento do CTF, Fernando (Laboratório), Filipe Guimarães, pelo auxílio na coleta da amostra, condução e execução dos ensaios e análises.

Aos membros das bancas examinadoras, Antônio Eduardo Clark Peres, Armando Corrêa de Araujo, Paulo Roberto de Magalhães Viana, Eunírio Zanetti Fernandes, Aloísio Borges e Sergio Coutinho Amarante, pelas sugestões oferecidas nas defesas da proposta e da dissertação.

Aos professores do CPGEM/UFMG pelos ensinamentos.

E por último ao criador, pois dele veio toda a energia gasta na realização desta pequena contribuição.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	01
2.OBJETIVOS.....	04
3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	05
3.1.VALE – Sistema Sul.....	05
3.1.1.Produtos da VALE – Sistema Sul.....	05
3.1.2.Mina do Pico.....	06
3.1.3.Geologia local.....	09
3.1.4.Usina de beneficiamento ITM D.....	13
3.2.Conceito de flotação e aspectos gerais	17
3.2.1.Influência da granulometria na flotação	20
3.2.1.1.Tamanho máximo flotável.....	22
3.2.1.2.Peneiras de alta frequência.....	31
3.2.1.3.Influência das partículas finas e ultrafinas.....	36
3.2.2.Flotação de oxi-minerais.....	39
3.2.3.Aspectos cinéticos da flotação.....	40
3.2.4.Reagentes na flotação.....	41
3.2.4.1.Aminas.....	42
3.2.4.2.Amido.....	43
4.METODOLOGIA.....	45
4.1.Materiais.....	45
4.1.1.Amostras minerais.....	45
4.1.2.Reagentes.....	46
4.1.3.Equipamentos.....	46
4.2.Métodos.....	47
4.2.1.Preparação e caracterização das amostra.....	47
4.2.2.Ensaio.....	48
4.2.2.1.Análise Granulométrica.....	49
4.2.2.2.Ensaio de flotação.....	50
4.2.3.Análise Química.....	55
5.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56

5.1. Caracterização física e química da Amostra Global e da amostra peneirada em 0,150mm, simulando o <i>scalping</i> antes da alimentação da flotação.....	56
5.1.1.Amostra Global.....	56
5.1.1.1.Análise Granulométrica.....	56
5.1.1.2.Análise química por faixa.....	58
5.1.2.Amostra peneirada em 0,150 mm.....	59
5.1.2.1.Análise granulométrica.....	59
5.1.2.2.Análise química por faixa.....	61
5.2.Ensaio de flotação em escala de bancada.....	62
5.2.1.Amostra Global.....	62
5.2.2.Amostra Peneirada em 0,150 mm.....	69
5.3.Comparativo Amostra Global e Amostra Peneirada em 0,150mm.....	76
5.4.Cinética de flotação.....	81
6.CONCLUSÕES.....	86
7.SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	88
8.RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS.....	89
9.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXO 1 – Resultados Testes de flotação Amostra Global	
ANEXO 2 – Resultados Testes de flotação Amostra Peneirada em 0,150mm	
ANEXO 3 – Resultados Testes de Cinética de flotação Amostra Global e amostra peneirada em 0,150mm – Dosagem de 35g/t de coletor	
ANEXO 4 – Resultados Testes de Cinética de flotação Amostra Global e amostra peneirada em 0,150mm – Dosagem de 45g/t de coletor	

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Localização do município de Itabirito no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais -----	08
Figura 3.2 - Localização da Mina do Pico no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais	08
Figura 3.3 - Mina do Galinheiro, Mina do Pico e Mina do Sapecado do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais -----	09
Figura 3.4 – Perfil da cava da Mina do Pico -----	12
Figura 3.5 - Perfil da cava da Mina do Sapecado -----	12
Figura 3.6 - Perfil da cava da Mina do Galinheiro -----	13
Figura 3.7 - Circuito de concentração de finos ITMD da Mina do Pico -----	15
Figura 3.8 - Fluxograma da usina de beneficiamento ITMD da Mina do Pico -----	17
Figura 3.9 – Efeito do diâmetro da partícula na taxa específica de flotação -----	21
Figura 3.10 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de monoamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho fino-----	25
Figura 3.11 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de monoamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho médio -----	26
Figura 3.12 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de monoamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho grosso -----	27
Figura 3.13 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de diamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho fino -----	28
Figura 3.14 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de diamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho médio ----	29
Figura 3.15 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de diamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho grosso ----	30
Figura 3.16 – Curva da variação da recuperação de quartzo fino, médio e grosso em função da porcentagem de quartzo fino na alimentação -----	31

Figura 3.17 – Fluxograma ilustrativo da instalação de beneficiamento IBIII para minérios itabiríticos – SAMITRI S.A. -----	32
Figura 3.18 – Fluxograma do circuito definido pela SAMITRI para implantação do projeto -----	34
Figura 3.19 – Proposta de fluxograma do concentrador ITM-D após a instalação das peneiras de alta frequência -----	36
Figura 3.20 – Efeito do percentual de lamas na flotação -----	38
Figura 4.1 – Momento da coleta da amostra no concentrador ITM-D -----	45
Figura 4.2 – Fluxograma de testes -----	48
Figura 4.3 – Momento da pesagem das massas retidas de cada fração durante ensaio de análise granulométrica realizado no Centro de Tecnologia de Ferrosos da VALE (CTF) -----	50
Figura 4.4 – Curva esquemática de dissociação para aminas primárias, em função do pH -----	52
Figura 4.5 – Momentos dos ensaios de flotação realizados no Centro de Tecnologia de Ferrosos da VALE (CTF) -----	54
Figura 4.6 – Foto de uma das amostras após ensaio de flotação e secagem -----	54
Figura 4.7 – Amostras embaladas e identificadas após ensaios de flotação -----	55
Figura 5.1 - Curva Granulométrica da amostra global -----	57
Figura 5.2 – Distribuição dos elementos químicos por faixa na amostra do <i>underflow</i> dos ciclones concentrador ITM-D da Mina do Pico -----	59
Figura 5.3 - Curva Granulométrica da amostra peneirada em 0,150 mm -----	60
Figura 5.4. – Distribuição dos elementos químicos por faixa do <i>underflow</i> dos ciclones da deslamagem do concentrador ITM-D da Mina do Pico, após peneiramento em 0,150mm -----	61
Figura 5.5 - Amostra Global: Dosagem de coletor x teor SiO ₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor Fe no rejeito em pH 9,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t ----	63
Figura 5.6 - Amostra Global: Dosagem de coletor x teor de SiO ₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor de Fe no rejeito em pH 10,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t --	64

Figura 5.7 - Amostra Global: Dosagem de coletor x teor de SiO ₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor de Fe no rejeito em pH 11,0. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t --	65
Figura 5.8 - Amostra Global: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 9,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t	66
Figura 5.9 - Amostra Global: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 10,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t	67
Figura 5.10 - Amostra Global: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 11,0. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t	68
Figura 5.11 - Amostra Global: Dosagem de coletor x Eficiência Separação	69
Figura 5.12 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x teor SiO ₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor Fe no rejeito em pH 9,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t	70
Figura 5.13 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x teor de SiO ₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor de Fe no rejeito em pH10,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t	71
Figura 5.14 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x teor de SiO ₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor de Fe no rejeito em pH 11,0. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t	72
Figura 5.15 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 9,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t	73
Figura 5.16 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 10,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t	74
Figura 5.17 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 11,0. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t	75

Figura 5.18 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x Eficiência Separação	76
Figura 5.19 - Comparativo entre os teores de SiO ₂ dos concentrados entre a amostra global e peneirada em 0,150mm	77
Figura 5.20 - Comparativo da Eficiência de Separação entre a amostra global e peneirada em 0,150mm	78
Figura 5.21 - Comparativo do Índice de seletividade entre a amostra global e peneirada em 0,150mm	79
Figura 5.22 - Comparativo entre as recuperações mássicas entre a amostra global e peneirada em 0,150mm	80
Figura 5.23 - Comparativo dos teores de Fe no rejeito entre a amostra global e peneirada em 0,150mm	81
Figura 5.24 – Cinética de flotação da amostra global com dosagem de coletor 35 g/t ---	82
Figura 5.25 – Cinética de flotação da amostra peneirada em 0,150mm com dosagem de coletor 35 g/t	83
Figura 5.26 – Cinética de flotação da amostra global com dosagem de coletor 45 g/t ---	84
Figura 5.27 – Cinética de flotação da amostra peneirada em 0,150mm com dosagem de coletor 45 g/t	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Total de produção das Minas Pico, Galinheiro e Sapecado -----	06
Tabela 3.2 - Total de produção das usinas de tratamento de minérios ITMA, ITMB, ITMC e ITMD -----	07
Tabela 3.3 – Resultado das análises químicas das amostras de quartzo puro -----	24
Tabela 3.4 – Resultados das análises de tamanho das amostras de quartzo puro----	24
Tabela 3.5 – Resumo dos resultados industriais de etapas do processo de beneficiamento da IB-III SAMITRI S.A.-----	33
Tabela 3.6 – Resultados obtidos na 3ª. etapa de pré-operação da implantação do projeto SAMITRI -----	35
Tabela 4.1 – Matriz com as escolhas 1, 2 e 3 relativa às variáveis para determinação da melhor condição para ensaio de cinética de flotação -----	50
Tabela 5.1 – Análise granulométrica do <i>underflow</i> dos ciclones da deslamagem do concentrador ITM-D da Mina do Pico obtida por peneiramento e <i>cyclosizer</i> -----	57
Tabela 5.2 – Análise química por faixa do <i>underflow</i> dos ciclones da deslamagem do concentrador ITM-D da Mina do Pico -----	58
Tabela 5.3 – Análise granulométrica da amostra peneirada em 0,150 mm -----	60
Tabela 5.4 – Análise química por faixa da amostra peneirada em 0,150mm -----	61
Tabela 5.5 – Análise química do <i>oversize</i> do peneiramento em 0,150 mm -----	62

FORMULÁRIO DE SIGLAS:

Re = Razão de enriquecimento

IS = Índice de Seletividade

CS = Coeficiente de Separação

ES = Eficiência de Separação (relação da quantidade ferro na alimentação e de ferro recuperado, supondo Hematita)

RFe = Recuperação Metálica

RM = Recuperação Mássica

Re = (teor do elemento no concentrado / teor do elemento na alimentação)

IS = $\left(\frac{R_{Fe} \times R_{SiO_2(rejeito)}}{(100 - R_{Fe}) \times (100 - R_{SiO_2(rejeito)})} \right)^{1/2}$

CS = $[(R_{Fe} + R_{SiO_2(rejeito)}) - 100]$

ES = $[(R_{Fe} - RM) / (100 - \text{teor Fe na alimentação} \times 1,429) \times 100]$

RFe = $RM \times (\text{teor Fe no concentrado} / \text{teor Fe na alimentação})$

RM = $(\text{Massa do Concentrado} / \text{Massa da alimentação}) \times 100$

RESUMO

O tamanho das partículas minerais presentes na polpa é uma importante variável na sequência de eventos que leva à flotação de uma partícula e afeta de forma significativa o desempenho do processo. As partículas grosseiras possuem cinética de flotação mais lenta e requerem maior tempo de residência no reator, enquanto as extremamente finas interferem na seletividade do sistema.

Estudou-se o efeito da retirada das partículas grosseiras de sílica antes da etapa de flotação e seu impacto no ganho em consumo específico de reagentes.

Foram usadas amostras de alimentação da flotação da ITM-D (VALE-PICO) em diferentes situações de operação industrial. Foram realizados ensaios de flotação, visando à obtenção das melhores condições em que seria alcançada alta recuperação de partículas de quartzo, principalmente as partículas grossas.

A comparação entre os resultados dos testes de flotação na presença e na ausência de partículas grosseiras de quartzo na polpa foi muito favorável, ou seja, verifica-se a eficiência do *scalping* do quartzo grosso antes da alimentação da flotação (amostra peneirada em 0,150mm). Os resultados mostraram que a amostra peneirada em 0,150mm apresentou desempenho na flotação superior ao obtido com a amostra global. Verificaram-se teores de sílica no concentrado menores, eficiência de separação mais alta, maiores valores de índices de seletividade, recuperações mássicas maiores, teores de ferro no rejeito inferiores e cinética de flotação mais favorável.

A possível aplicação industrial de retirada da fração grosseira de sílica antes da alimentação da flotação mostra-se bastante viável, pois, possivelmente, seria alcançado um bom desempenho da flotação e ainda haveria uma redução do custo total de reagentes.

ABSTRACT

The size of the mineral particles present in the pulp is a relevant variable in the sequence of events resulting in flotation and affects significantly the process performance. The kinetic behavior of coarse particles is slower and they require longer residence time in the reactor, while fine particles interfere with the selectivity in the system.

The effect of scalping the coarse quartz particles prior to flotation and its impact on the reduction of reagents specific consumption was investigated.

Samples of the flotation feed at ITM-D (VALE-PICO) under different industrial operation conditions were collected. Flotation experiments were performed aiming at achieving enhanced conditions for a high recovery of coarse quartz particles.

The comparison among the results of flotation tests in the presence and absence of coarse quartz particles in the pulp was positive, for the efficiency of coarse quartz scalping was observed (sample screened at 0.150mm). The results achieved with the previously screened sample were superior to those obtained with the global sample, namely: lower silica content in the concentrate, higher separation efficiency, higher selectivity index values, higher mass recoveries, lower iron grades in the tailings, and faster flotation kinetics.

The indication was that the industrial future application of coarse quartz scalping is feasible yielding adequate flotation and reduction in the overall reagents costs.

1. INTRODUÇÃO

Flotação é um processo de concentração onde são usadas características superficiais das partículas minerais para induzir a seletividade por meio de reagentes químicos. Por muitos anos, o beneficiamento de óxidos metálicos contendo sílica tem sido realizado por flotação do componente sílica. A sílica ocorre em várias estruturas cristalinas, e está presente na natureza principalmente como quartzo.

O quartzo é um mineral constituído de dióxido de silício (SiO_2). Apresenta uma dureza de 7,0 e uma massa específica de $2,65\text{g/cm}^3$. No processo de cominuição juntamente com a etapa de classificação hidráulica, obtem-se um grau de redução muito bom para os minerais de ferro, o que não ocorre com o quartzo, ocasionando uma fração grosseira nas etapas subsequentes, inclusive na flotação.

Na flotação catiônica, a recuperação de partículas finas de quartzo é geralmente grande, mas, atualmente, nos circuitos industriais brasileiros de flotação de minérios tem sido observado um decréscimo na recuperação de partículas grossas de quartzo no flotado. Estas partículas são designadas no jargão industrial como sílica grossa, expressão que será empregada livremente neste texto. O decréscimo na recuperação de partículas grossas pode ser explicado pela baixa estabilidade do agregado partícula-bolha formado. Para aumentar essa estabilidade é necessário aumentar as forças atrativas ou diminuir as forças de ruptura. O primeiro efeito pode ser alcançado pelo aumento do ângulo de contato (ou pelo aumento do grau de hidrofobicidade) utilizando um coletor seletivo e uma dosagem ótima do mesmo, além da utilização das diaminas que apresentam característica de reforçar a capacidade de carregamento da sílica grossa.

A flotação catiônica do quartzo em granulometria onde usualmente consegue-se seletividade (abaixo de 0,150 mm) ocorre mesmo na presença de pequena quantidade de amina em faixa de pH que varia de 9,0 a 10,5. A baixa flotação das frações granulométricas mais grossas ($> 0,150$ mm) tem sido responsável por sérios problemas que ocorrem em diversos circuitos de flotação de minérios de ferro. Na separação hematita/quartzo por flotação catiônica reversa, as partículas de quartzo com diâmetro superior a 0,150 mm, que não foram retiradas em etapa anterior de

peneiramento, apresentam baixa resposta à flotação, contaminando o concentrado de hematita.

A VALE implantou o processo de concentração por flotação em colunas no concentrador ITM-D (PICO) em 1994. Foi necessária a implantação desta concentração devido às características geológicas das reservas que apresentavam alto grau de interdigitação entre as lentes de hematita com corpos de itabirito, corpos de material estéril preenchendo fraturas entre lentes de minérios. Devido à elevada escala dos equipamentos de lavra foi identificada uma ineficiência na seletividade do ROM.

Na operação de lavra a mistura de minérios hematíticos com itabiríticos proporciona uma variação física e química na alimentação da usina. A variação da fração granulométrica na flotação tem alterado negativamente a seletividade do processo, comprometendo a especificação final do concentrado da flotação (*pellet feed fines*).

A classificação de partículas em meio aquoso e turbulento, quer sejam por classificadores espirais ou ciclones de fundo chato, é definida pelas características hidrodinâmicas das partículas. Assim, partículas grosseiras com maior densidade contrapõem-se às partículas finas e leves. Para essas faixas não haverá problemas na separação, porém para as classes de partículas intermediárias, ou seja, partículas grosseiras e leves e partículas pequenas e pesadas ocorre o inverso. Tem-se uma classificação pouco distinta em relação ao tamanho. Após a classificação hidráulica, pode-se propor a separação por peneiramento, usualmente realizada em peneiras de alta frequência ou desbastadoras.

Verificaram-se, através de testes de flotação em escala de bancada, os efeitos de um *scalping* (peneiras desbastadoras) antes da alimentação da flotação, eliminando a fração grossa de sílica, e da dosagem de coletor (amina) na recuperação de quartzo no flotado. Foi investigada também a influência da presença de diferentes tamanhos de quartzo na polpa de alimentação no desempenho da flotação (seletividade, cinética, etc.) levando a elevado custo com reagentes coletores.

Os testes foram realizados com amostras de tipologias representativas de minérios da Mina do Pico, Mina do Galinheiro e Mina do Sapecado, tentando reproduzir a real situação de alimentação atual da flotação da ITM-D.

2. OBJETIVOS

Avaliar os efeitos de um *scalping* antes da alimentação da flotação, retirando-se a fração grosseira de sílica, nos parâmetros teor de sílica no concentrado, índice de seletividade, eficiência de separação, recuperação mássica, teor de ferro no rejeito, cinética de flotação e consumo específico de reagentes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – VALE - Sistema Sul

A VALE - Sistema Sul está situada no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais. Suas unidades de operação de mina são assim discriminadas: Mina Águas Claras, Mina Mutuca, Mina Tamanduá, Mina Capitão do Mato, Mina Abóboras, Mina Jangada, Mina Mar azul, Mina Capão Xavier, Mina Pico, Mina Galinheiro, Mina Sapecado, Mina Fábrica e Mina Córrego do Feijão. A Mina Águas Claras atualmente desenvolve atividades administrativas e a Mina Mutuca já encerrou suas atividades de lavra.

Possui também as instalações de tratamento de minérios (ITM's): Mutuca (ITM-MUT), Mar Azul (ITM-MAZ), Pico (ITM-D, ITM-A1, ITM-A2, ITM-B, ITM-C e ITM-I), Fábrica (ITM-FAB), Córrego do Feijão (ITM-CF), Jangada (ITM-JGD), Vargem Grande (ITM-VGR), Abóboras (ITM-ABO, ITM-M, ITM-N e ITM-F) e dois portos localizados no estado do Rio de Janeiro (Portos de Guaíba e Sepetiba).

As minas e unidades de tratamento de minérios estão organizadas da seguinte maneira:

- Complexo Vargem Grande

Minas: Tamanduá, Capitão do Mato e Abóboras

Tratamento de minérios: Vargem Grande e Abóboras

- Complexo Mina Itabirito

Minas: Pico, Galinheiro, Sapecado e Fábrica

Tratamento de minérios: ITMD, ITMI e ITM Fábrica

- Complexo Paraopeba

Minas: Capão Xavier, Jangada e Córrego do Feijão

Tratamento de minérios: Mutuca, Jangada e Córrego do Feijão

3.1.1 – Produtos da VALE – Sistema Sul

A VALE gera as seguintes classes de produtos:

- Granulado de Alto Forno;
- Granulado de Redução Direta;
- *Sinter Feed* para Usinas de Sinterização;
- *Pellet Feed*;
- Hematitinha (Produto destinado ao parque guseiro nacional para fabricação de ferro gusa em fornos a carvão vegetal);

3.1.2 – Mina do PICO

Presente no Complexo Mina Itabiritos, a Mina do Pico e as usinas de tratamento de minérios ITM I e ITM D estão localizadas no Quadrilátero Ferrífero no município de Itabirito, próximo à rodovia BR 356, a aproximadamente 40 km de Belo Horizonte.

Em 2007, as usinas de tratamento de minérios ITM A, ITM B, ITM C e ITM D atingiram juntas a produção de 17,4 milhões de toneladas. O valor de produção de 2007 foi atingido mesmo com a exaustão da reserva de minério hematítico ocorrida em 2006, passando todos os produtos a serem gerados a partir de minério itabirítico. As minas Pico, Galinheiro e Sapecado hoje são responsáveis pela alimentação apenas das usinas ITM I e ITM D. As usinas ITM A, ITM B e ITM C interromperam suas atividades em 2008 (DIFL-VALE, 2005 a 2008).

Na tabela 3.1 são apresentados os resultados de produção das minas nos últimos quatro anos (2005 a 2008).

Tabela 3.1 – Total de produção das Minas Pico, Galinheiro e Sapecado

Minas - Produção

Valores em t x 10 ³	2005	2006	2007	2008
<i>Run of Mine</i>	18.849	21.115	22.707	21.369

Valores em t x 10 ³	2005	2006	2007	2008
Estéril	25.510	21.433	19.592	19.336

Valores em t x 10 ³	2005	2006	2007	2008
Lavra Total	44.359	42.548	42.299	40.705

Na tabela 3.2 são apresentados os resultados de produção das usinas de tratamento de minérios nos últimos quatro anos (2005 a 2008).

Tabela 3.2 – Total de produção das usinas de tratamento de minérios ITMA, ITMB, ITMC e ITMD

Tratamento de Minérios - Produção

		2005	2006	2007	2008
Valores em t x 10 ³		14.096	17.107	17.403	15.073
Produtos	<i>Granulado</i> (LO)	2.866	2.705	2.813	2.019
	Hematitinha (HEM)	1.027	1.133	1.077	1.229
	<i>Sinter Feed</i> (SF)	7.448	9.663	9.717	8.662
	<i>Pellet Feed</i> (PFF)	2.755	3.606	3.796	3.163

Os produtos estão diversificados, conforme sua faixa granulométrica, em quatro tipos:

Granulado (LO)	<31,800 >6,350mm
Hematitinha (Hem)	<12,700 >6,350mm
<i>Sinter Feed</i> (SF)	<6,350 >0,150mm
<i>Pellet Feed</i> (PFF)	<0,150 >0,045mm

O escoamento dos produtos para sua colocação no mercado externo é feito, após carregamento dos trens no Terminal Ferroviário de Andaime (TFA), pela ferrovia do aço até os terminais marítimos de Guaíba (TIG) e Sepetiba (CPBS), no estado do Rio de Janeiro. Além do mercado externo, os produtos também são direcionados em menor escala para o mercado interno através de transporte ferroviário e transporte terrestre via caminhões.

Na figura 3.1 é apresentada a localização do município de Itabirito no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais (DEGEO/EM/UFOP, 2009).

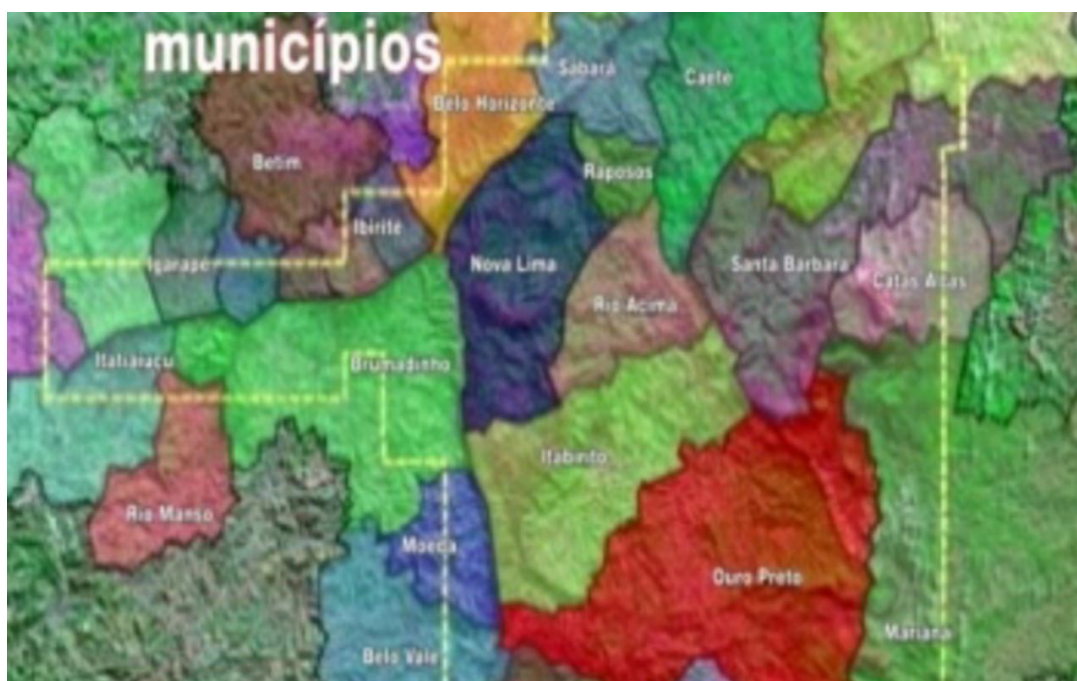


Figura 3.1 – Localização do Município de Itabirito no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais (DEGEO/EM/UFOP, 2009).

Na figura 3.2 é apresentada a localização da Mina do Pico, Sapecado e Galinheiro no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais (DEGEO/EM/UFOP, 2009).

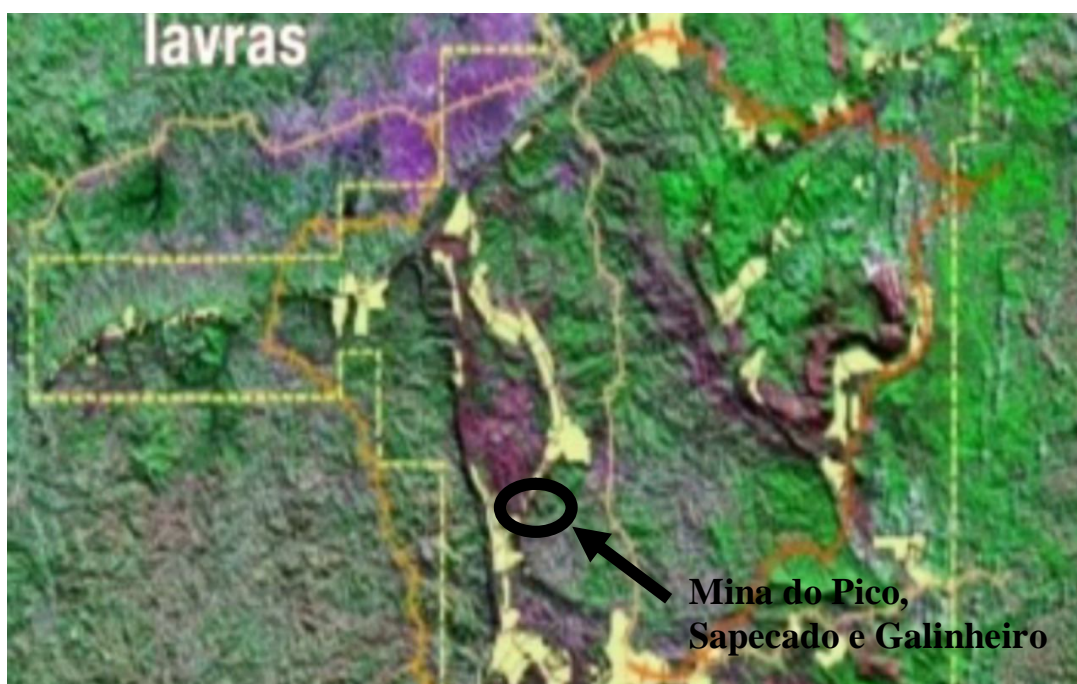


Figura 3.2 – Localização da Mina do Pico no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais (DEGEO/EM/UFOP, 2009).

Na figura 3.3 mostra-se a localização das Minas do Galinheiro, Pico e Sapecado do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais (Fernandes, 2003).



Figura 3.3 – Mina do Galinheiro, Mina do Pico e Mina do Sapecado do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais (Fernandes, 2003).

3.1.3 – Geologia local

Segundo Castro (2002), a jazida de minério do Pico compreende uma área de lavra de 1400x1300 metros, englobando as litologias da Formação Moeda, composta por quartzitos de granulometria fina a média, gradacional para a Formação Batatal, composta por filitos sericíticos, filitos dolomíticos, filitos dolomíticos quartzosos com lentes centimétricas a métricas de meta-chert e filitos quartzosos.

Na porção leste da Mina estão situadas as litologias das Formações Moeda e Batatal. A Formação Cauê, hospedeira das mineralizações de ferro, é constituída por lentes métricas de hematitas compactas, hematitas médias e macias e itabiritos friáveis, médios e compactos, com grande variação de consistência e de teores de sílica (Fernandes, 2003).

Atualmente a Mina do Pico atingiu a sua fase de exaustão das hematitas havendo apenas operações de lavra para acerto e acabamento de taludes. Também está sendo realizada a preparação de áreas da Mina do Pico para recebimento do estéril produzido na lavra da jazida de Sapecado.

Na Mina do Pico de Itabirito encontram-se, além dos itabiritos, minérios de alteração supergênica e o minério compacto e, subordinadamente, o minério brechado.

Através da atuação do intemperismo desenvolveu-se na jazida uma capa pouco espessa de minério de intemperismo supergênico, coberta superficialmente por uma capa de canga a qual pode ainda mostrar a estrutura original dos itabiritos ou então formar-se uma massa de aspecto esponjoso envolvendo blocos de hematita cimentados por limonita que se acumulam especialmente no sopé do Pico (Castro, 2002).

Os itabiritos encontrados pertencem ao fácies Quartzo-Óxido, caracterizados pela intercalação de níveis de composição hematítica-magnetítica e níveis de quartzo, de espessura variável entre alguns milímetros e até decímetros, havendo entre eles geralmente um contato brusco observando-se, entretanto, localmente uma gradação entre faixas quartzosas e hematíticas, com o desenvolvimento de “micro-bandas” dando à rocha um aspecto laminado, semelhante a um varvito (James, 1954).

Com base na consistência do minério da mina do Pico as hematitas podem ser separadas em dois grandes domínios: nas lentes de hematitas da área do Pico propriamente dito, predominam hematitas compactas fraturadas, circundadas por hematitas médias e macias e itabiritos ricos. Na porção norte e nordeste da Mina, predominam as lentes de hematitas médias e macias de origem supergênica, situadas imediatamente ao sul do dique de rocha meta-máfica/ultramáfica e em contato com o Filito Batatal. Os corpos mais espessos de hematitas estão associados à espessura maior do dique metamáfico/ultramáfico. São comuns as intercalações de itabiritos friáveis, médios e compactos, com grande variação de teores. Na região de contato com o Filito Batatal, ocorrem lentes de hematitas compactas, com espessura variando de 5 a 50 metros (Fernandes, 2003).

A jazida de minério de Sapecado é a continuidade sul da jazida do Pico, com as mesmas unidades litológicas, com uma área de lavra de 2000 x 500 metros. Predominam lentes de hematitas compactas, sendo as lentes de hematita macia associadas aos itabiritos friáveis sempre gradacionais.

Encontram-se itabiritos e hematitas enriquecidos em manganês, com afinidade carbonática na porção mais a oeste da Mina. Os teores médios de sílica e a consistência dos itabiritos são muito variáveis, sendo a sílica situada entre 10 a 55 %. Próximo à superfície, aumentam os teores de fósforo e de alumina. Na porção norte da Mina ocorre uma bacia sedimentar à base de argilas, areias e brechas, com 40 metros de espessura definida por sondagem e idade terciária a quaternária (Fernandes, 2003).

Segundo Fernandes (2003) é comum encontrar diques e lentes de rochas metamáficas/ultramáficas, com espessura variando de centímetros a 20 metros. Encontra-se também sills concordantes com lentes de hematitas e itabiritos. Ocasionalmente ocasionam um efeito negativo na lavra, pela dificuldade de seletividade pelos equipamentos de escavação e fortes contaminações argilosas no processo de beneficiamento.

A Mina do Galinheiro está situada cerca de 4 km ao norte da Mina do Pico, com extensão aproximada de 500 metros de comprimento e 350 metros de largura, composta por lentes de hematitas compactas com espessura variando de centímetros a 50 metros. Apresenta dois sistemas de fraturas, geralmente preenchidos por argilo-minerais supergênicos, como gibbsita, goethita e caulinita.

Na lavra de meia-encosta predominam hematitas e itabiritos associados à canga e altos teores de fósforo e alumina. Secundariamente ocorrem lentes métricas de hematitas médias e macias gradacionais para itabiritos ricos. Os itabiritos friáveis têm alta variação de sílica (10 a 50 %), predominando quartzo livre, pouco associado à hematita, ocorrendo como partículas mistas nos itabiritos com consistência média. São comuns as intercalações de hematitas compactas e itabiritos ricos (Fernandes, 2003).

Nas figuras 3.4, 3.5 e 3.6 são apresentados os perfis das cavas da Mina do Pico, da Mina do Sapecado e da Mina do Galinheiro obtidos através do software “MineGeo” utilizado no mapeamento da geologia das minas.

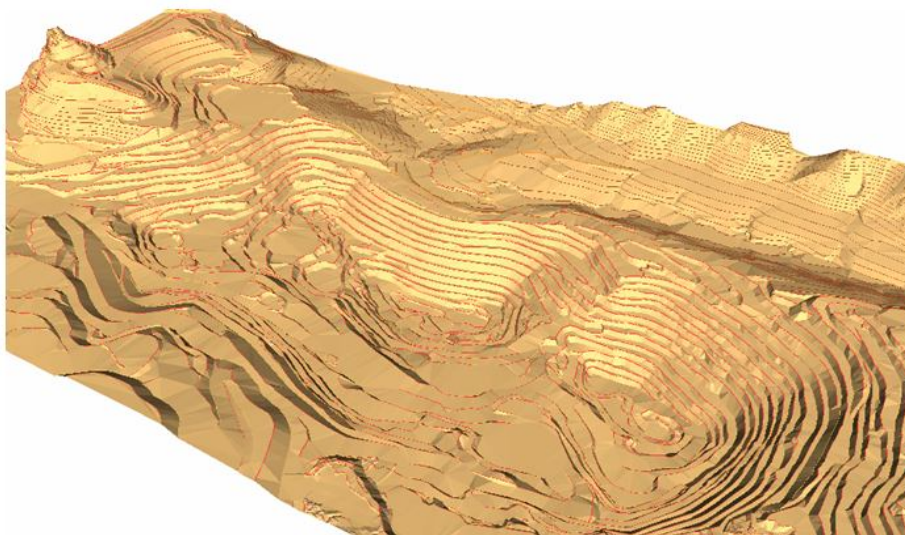


Figura 3.4 – Perfil da cava da Mina do Pico (MineGeo, 1980).

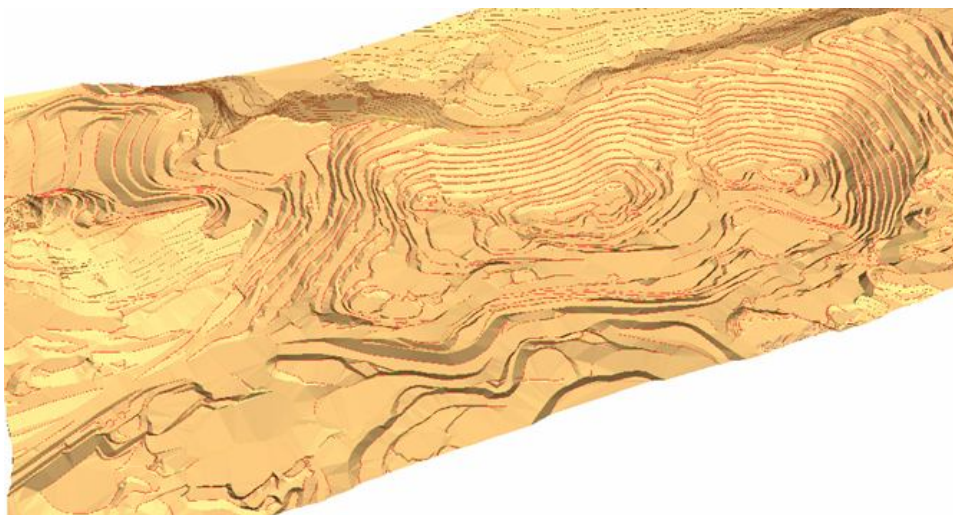


Figura 3.5 – Perfil da cava Mina do Sapecado (MineGeo, 1980).

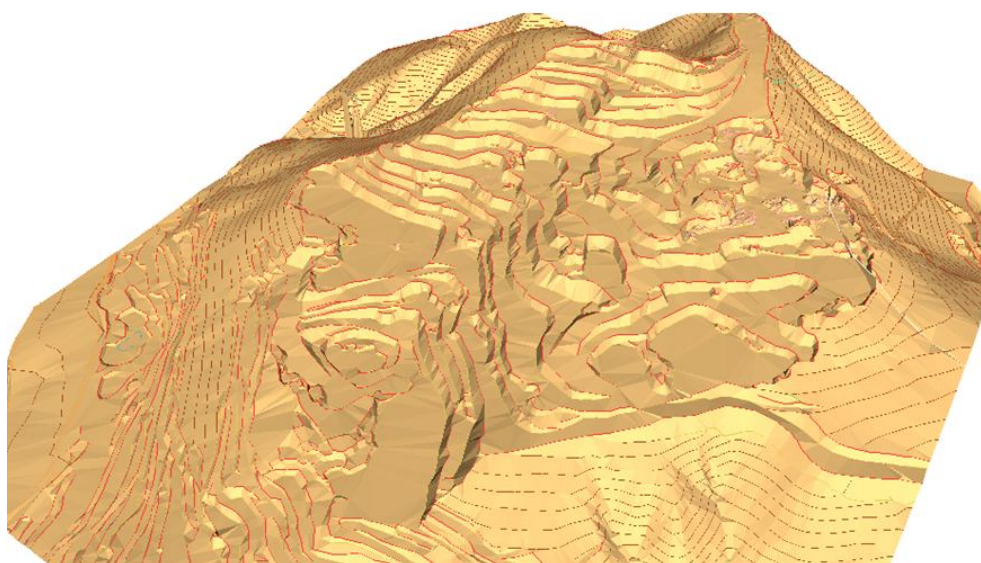


Figura 3.6 – Perfil da cava Mina do Galinheiro (MineGeo, 1980).

3.1.4 – Usina de beneficiamento ITM-D (DIFL – VALE, 2009)

A unidade operacional de beneficiamento da ITM-D processa atualmente minérios itabiríticos com pequena participação de minérios hematíticos, possuindo então operações unitárias de britagem, peneiramento, classificação hidráulica (classificadores espirais e hidrociclones) e operações unitárias de concentração (flotação e espirais concentradoras).

A alimentação da britagem primária é feita por caminhões com capacidade para 150 e 35 toneladas, do tipo Dresser, Caterpillar e Scania, respectivamente. A capacidade de alimentação máxima do sistema é de 2.500 toneladas por hora. A britagem primária do ROM reduz o material a uma fração <180 mm, alimentando uma pilha intermediária na forma de cone, com capacidade total de 120 mil toneladas, anterior à planta de beneficiamento (ITM-D).

O sistema de cone invertido reflete a alimentação direta das minas, não permitindo correções significativas durante as operações, sendo feitas somente com base nos resultados das análises hora a hora da alimentação da deslamagem e da flotação bem como a partição granulométrica média (*split* dos produtos), que são considerados mais críticos em todo o sistema produtivo.

A retomada da pilha intermediária é feita através de alimentadores de velocidade variável instalados sob a pilha. Os alimentadores transferem o minério retomado da pilha intermediária para o circuito de peneiramento. O peneiramento é realizado nas etapas de peneiramento primário, secundário e terciário. O material retido no 1º *deck* do peneiramento primário é transferido para a alimentação da britagem secundária. O produto britado retorna fechando o circuito com as peneiras primárias.

O material retido no 2º *deck* do peneiramento primário alimenta o peneiramento secundário. O material retido no peneiramento secundário constitui o produto *lump ore*. O material passante no 1º *deck* alimenta o 2º *deck*. O material retido no 2º *deck* alimenta o peneiramento terciário composto de duas peneiras. O material retido no 1º *deck* compõe o produto “hematitinha”.

O material retido no 2º *deck* dos peneiramentos secundário e terciário compõe a fração de *sinter feed* grosso (<6,5mm >1,0mm). O material passante no 2º *deck* dos peneiramentos primário, secundário e terciário alimenta o classificador espiral.

O *underflow* do classificador espiral alimenta o circuito de concentração gravítica por espirais concentradoras. O circuito é composto de duas etapas, *rougher* e *cleaner* e o concentrado final é alimentado em outro classificador espiral cujo *underflow* é enviado a uma peneira desaguadora e constitui o produto *sinter feed* fino, sendo o mesmo incorporado ao *sinter feed* grosso, compondo o *sinter feed* final.

O *overflow* dos classificadores espirais é direcionado para a etapa de ciclonagem. A ciclonagem é realizada em dois estágios. O *overflow* do 1º estágio de ciclonagem é direcionado para alimentação do 2º estágio de ciclonagem, e o *underflow* das duas etapas de ciclonagem é direcionado para o espessador de alimentação da flotação.

No espessador de alimentação da flotação é adicionada parte do amido que atua como floculante e depressor promovendo um pré-condicionamento da polpa e dispersando as lamas através do aumento do pH decorrente da soda residual, usada na gelatinização do amido. O *underflow* do espessador de alimentação da flotação é direcionado para o tanque de alimentação da flotação onde é adicionado o restante da solução de amido.

No condicionador é adicionada também a amina, dosada de acordo com a massa de SiO_2 da polpa de alimentação.

Do condicionador a polpa segue por gravidade para as colunas de flotação.

O circuito de flotação é composto de cinco colunas. A operação é feita através de duas colunas *rougher*, uma *cleaner*, uma *recleaner* e uma *scavenger*. O concentrado do estágio *recleaner* é o concentrado final, sendo direcionado para o espessador de concentrado. O rejeito *scavenger* e o rejeito *rougher* se juntam compondo o rejeito final, sendo direcionado para a barragem de rejeitos. A instalação da 5ª coluna de flotação, no ano de 2007, no estágio *rougher*, permitiu o maior controle da flotação, pois com maior tempo de flotação absorve-se maiores variações de sílica na alimentação da flotação.

Na figura 3.7 é apresentado o circuito de concentração de finos da ITM-D Mina do Pico.

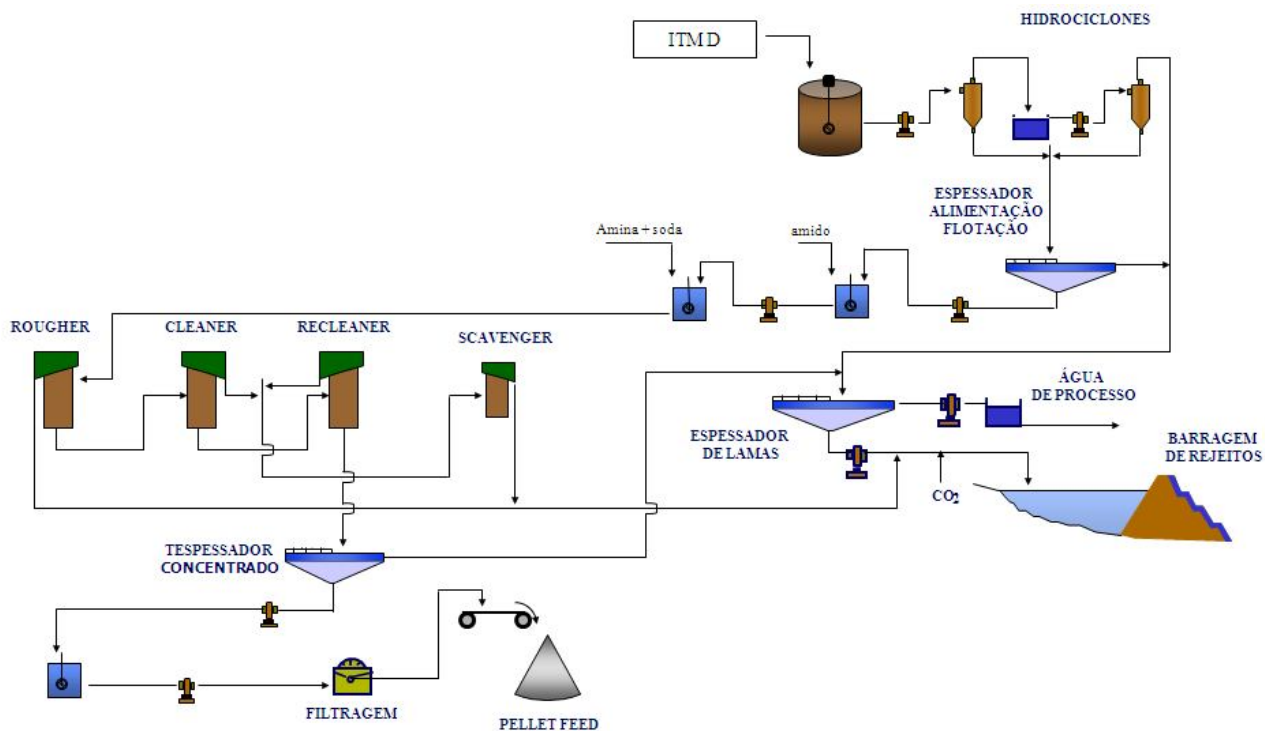


Figura 3.7 – Circuito de concentração de finos da ITM D - Mina do Pico.

É feita adição de CO₂ no tubo que conduz o concentrado final para o espessador de concentrado visando neutralizá-lo e melhorar a performance da filtragem. O rejeito final, que é direcionado para a barragem de rejeitos, também é neutralizado com CO₂.

O espessador de concentrado recebe o concentrado da coluna de flotação *re-cleaner*. O *underflow* do espessador alimenta a etapa de filtragem após atingir a porcentagem de sólidos desejada entre 65% e 70%. No espessador é adicionado floculante com o objetivo de adensar o material e diminuir o torque do mesmo.

O *overflow* do espessador de concentrado é encaminhado para o espessador de lamas.

A torta formada nos filtros de disco a vácuo é descarregada em um transportador de correia e constitui o produto *pellet feed*.

O espessador de lamas é alimentado pelo *overflow* da ciclonagem secundária, *overflow* do espessador da alimentação da flotação e *overflow* do espessador de concentrado. No espessador de lamas é também dosado floculante. A água recuperada no espessador de lamas é encaminhada para o reservatório de água recuperada e de lá distribuída para os pontos de consumo no concentrador (peneiramento, classificação).

Na figura 3.8 é apresentado o fluxograma da usina de beneficiamento ITMD da Mina do Pico.

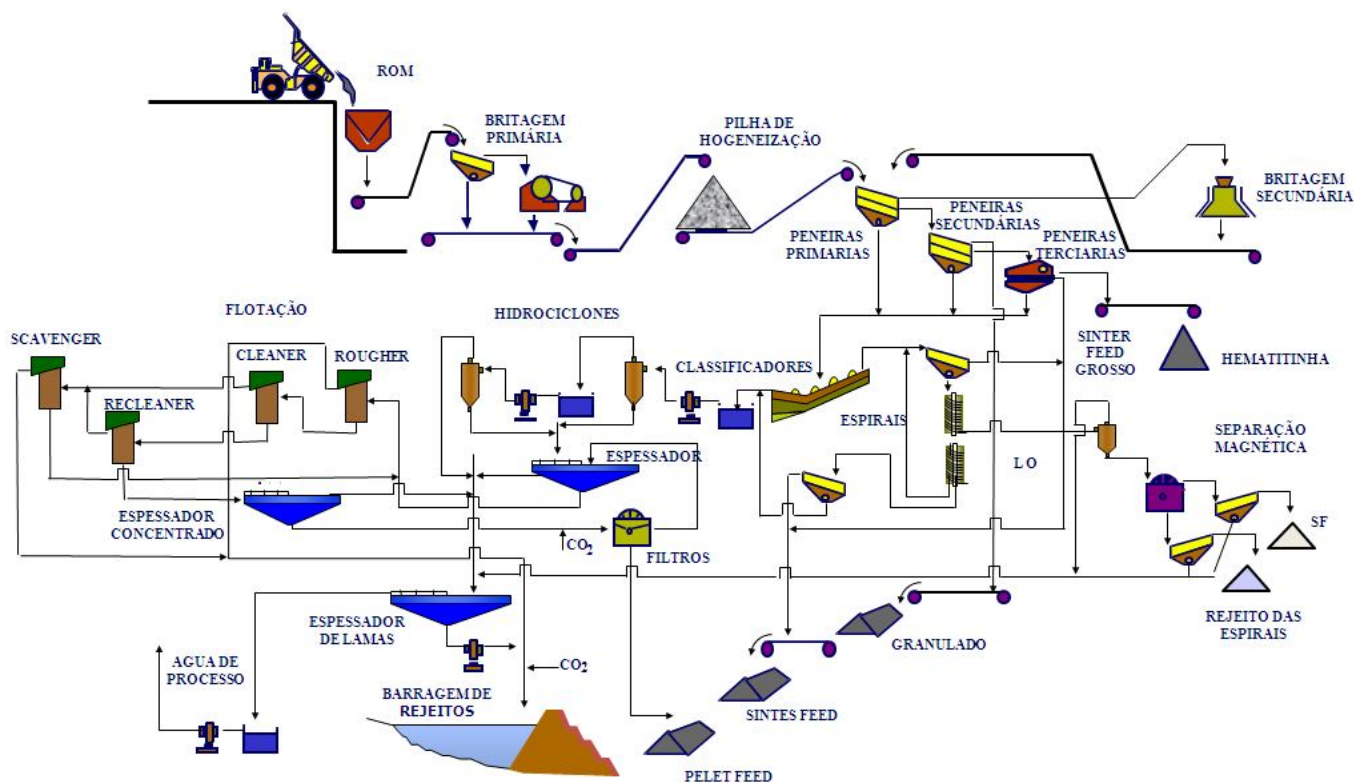


Figura 3.8 - Fluxograma da usina de beneficiamento ITMD da Mina do Pico.

3.2 - Conceito de flotação e aspectos gerais

A flotação é um processo de separação de minerais que faz uso de diferenças entre suas propriedades interfaciais. O processo pode ser usado tanto para concentrar espécies minerais existentes em um determinado minério como também eliminar contaminantes mineralógicos indesejáveis. A concentração de minerais requer condições básicas: liberabilidade, diferenciabilidade e separabilidade dinâmica (Peres, 2001).

A seletividade do processo advém das diferenças nas hidrofobicidade das partículas de diferentes espécies minerais. A separação entre partículas hidrofóbicas e hidrofílicas ocorre em reatores em que fluxos de ar e de água deixam o aparelho em pontos distintos. Poucos são os minerais naturalmente hidrofóbicos. A hidrofobicidade é induzida pela ação de coletores. Os coletores, bem como os espumantes e modificadores serão discutidos no capítulo 3.2.4.

Para efetuar diversas separações mineralógicas em escala industrial, tem-se utilizado predominantemente as interfaces água/ar e água/óleo muito raramente. A seguir serão apresentados alguns tipos de flotação (Leal Filho, 1995).

Flotação em espuma, do inglês *Froth flotation*, faz uso de bolhas de ar (interface água/ar) para efetuar a separação entre minerais. Neste processo, as partículas minerais são suspensas em meio aquoso através do qual percorrem bolhas de ar. Partículas hidrofóbicas interagem com as bolhas de ar e flutuam, sendo transportadas para um leito de espuma de onde são removidas. Partículas hidrofílicas afundam e acompanham a trajetória preferencial da água para fora do sistema.

Flotação em película, do inglês *skin flotation*, ocorre a separação entre os minerais através de uma interface água/óleo constituída por uma fina película de óleo que é formada na superfície da água. As partículas sólidas são despejadas na superfície da água, onde se forma a película de óleo. As partículas hidrofílicas não se molham pelo óleo e afundam. As partículas hidrofóbicas facilmente se molham pelo óleo permanecendo na película pelo tempo suficiente para transbordarem.

Flotação em óleo, do inglês *bulk oil flotation*, a separação entre as partículas ocorre através de uma interface água/óleo. As partículas são agitadas em uma mistura contendo água e óleo. As partículas hidrofílicas permanecem na fase aquosa e afundam. As partículas hidrofóbicas se concentram na interface água/óleo. Quando o sistema entra em repouso, ocorre a separação das fases água e óleo ocasionando a separação das partículas hidrofílicas das hidrofóbicas.

Flotação Gama, do inglês *Gamma flotation*, são utilizadas misturas água/álcool para inibir a molhabilidade das partículas minerais que se deseja flotar e favorecer a molhabilidade das partículas que não se deseja flotar. O controle é através da modulação da tensão superficial da solução água/álcool.

Flotação Carreadora, do inglês *Carrier flotation*, é utilizada para recuperar partículas ultrafinas. Usam-se partículas mais grosseiras previamente hidrofobizadas que se agregam às partículas hidrofóbicas mais finas, viabilizando a interação com as bolhas de ar.

Eletroflotação, é um processo onde eletrodos são inseridos na polpa com o objetivo de gerar bolhas de gás por decomposição da água. As bolhas são precipitadas na superfície das partículas hidrofóbicas.

Floc Flotation, é aplicado na recuperação de partículas finas. As partículas finas são primeiramente submetidas a uma agregação seletiva, seguida de flotação do aglomerado.

De acordo com a estratégia adotada pelo processo para se concentrar um determinado mineral, algumas denominações são utilizadas para caracterizar como a flotação está sendo conduzida. A seguir serão apresentadas essas denominações (Leal Filho, 1995):

Flotação Direta, é o processo de flotação onde as partículas da espécie mineral de interesse devem interagir com a bolha de ar e flutuar, sendo direcionadas para a camada de espuma que será removida do sistema através de transbordo. É utilizada quando o teor do mineral útil é bastante baixo se comparado aos de ganga.

Flotação Reversa, é o processo de flotação onde as partículas dos minerais de ganga são flotadas, ou seja, devem interagir com as bolhas de ar sendo direcionadas para a camada de espuma. As partículas dos minerais de interesse devem permanecer na polpa e afundar.

Flotação Coletiva, ou *Bulk Flotation* é um processo de flotação onde vários minerais com características comuns são flotados em conjunto. É muito utilizada em flotação de sulfetos, onde todos os sulfetos são flotados em uma primeira etapa e em seguida serão separados em concentrados individuais.

Flotação Seletiva, é aquela flotação onde apenas um mineral é flotado. É o caso da flotação da apatita existente nos minérios de fosfato.

Flotação Instantânea, ou *Flash Flotation* é um processo onde a flotação ocorre em curtos intervalos de tempo e imediatamente após a moagem. As partículas liberadas

flotam e são removidas na espuma, enquanto que as partículas mistas retornam ao moinho para uma nova etapa de cominuição e conseqüente flotação.

3.2.1 - Influência da granulometria na flotação

Nenhuma jazida apresenta as mesmas características físicas, químicas, mineralógicas ao longo de toda a sua extensão e volume. As perdas de recuperação se agravam em situações onde o material alimentado no concentrador sofre variações nas suas propriedades.

A distribuição de tamanho entre as partículas a serem separadas é um fator determinante na performance do processo. Todo mineral para responder adequadamente à flotação deve apresentar distribuição granulométrica compatível com as limitações do minério e do processo (Leal Filho, 1995).

Deve-se avaliar o tamanho máximo flotável dos minerais que se quer flotar e o grau de liberação mais adequado. Tais parâmetros definem o tamanho abaixo do qual o minério deverá ser moído. A capacidade dos equipamentos de remover as partículas hidrofílicas que se sedimentam no fundo da célula é muito importante pois, se forem muito grosseiras, poderão aterrar a célula.

Na flotação de minerais metálicos a taxa de captação de partículas abaixo de $20\mu\text{m}$ e acima de $200\mu\text{m}$ é muito mais lenta que aquela das partículas de tamanho intermediário. Para as partículas ultrafinas (abaixo de $20\mu\text{m}$) verifica-se uma relação de forças de viscosidade e eletrostáticas quando o tamanho da partícula é reduzido. Nas partículas grosseiras (acima de $200\mu\text{m}$), verifica-se que não há um contato partícula-bolha eficaz devido a forças hidrodinâmicas. Deve-se considerar a turbulência da polpa como fator importante para o eficaz contato partícula-bolha. A redução da turbulência favorece a aderência da partícula com a bolha de ar durante a flotação (Jameson, 2007).

As lamas influenciam o processo de flotação gerando recobrimentos sobre as partículas ("*slimes coating*"), alterando a rigidez da espuma, interferindo no contato bolha-mineral e tornando pouco efetiva a atuação dos reagentes devido às interações com as lamas que possuem áreas superficiais enormes quando comparadas com as

das partículas do minério. O efeito deletério causado pela presença de lama na flotação se manifesta por perdas de seletividade e de recuperação mássica. Tamanhos de partículas diferentes levam a valores diferentes para as constantes cinéticas de flotação (Oliveira, 2006).

Há um consenso geral de que a taxa de flotação diminui com a redução do tamanho de partícula nas frações finas mas cálculos teóricos não conseguem explicar adequadamente os resultados experimentais e existem controvérsias sobre a partir de qual tamanho o efeito se acentua. A figura 3.9 ilustra o efeito do diâmetro da partícula na taxa específica de flotação. A figura mostra a comparação das taxas previstas teoricamente com os dados experimentais realizados por alguns pesquisadores. A maioria deles fizeram as previsões baseadas em certos modelos de colisão e adesão de partículas com as bolhas de ar. A validade desses modelos pode ser limitada, pois há outros fatores que podem também desempenhar papel significativo. Na ausência de uma teoria plenamente desenvolvida pode-se considerar que a redução da taxa de flotação com tamanho da partícula se deve principalmente à menor probabilidade de colisão (Fuerstenau, 1979).

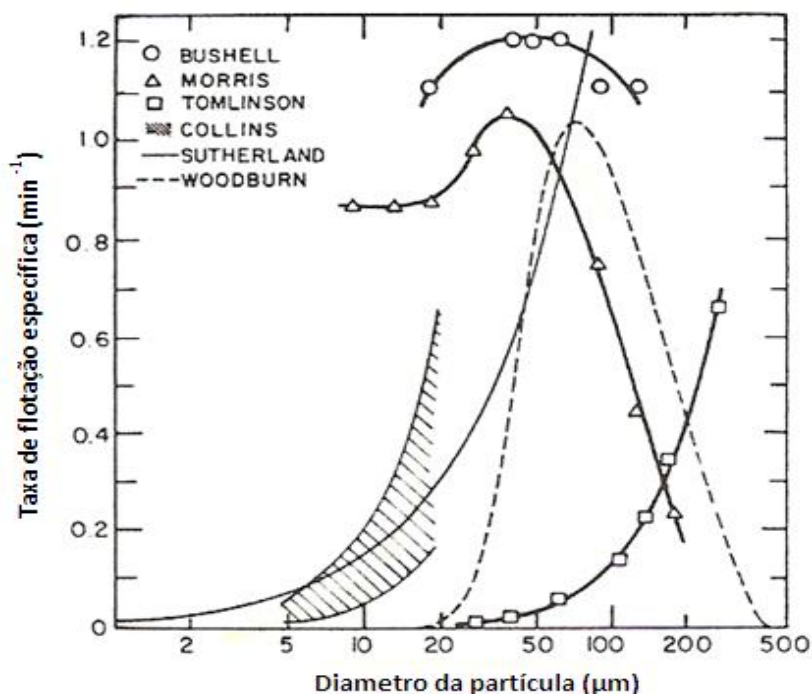


Figura 3.9 – Efeito do diâmetro da partícula na taxa específica de flotação (Fuerstenau, 1979).

3.2.1.1 – Tamanho máximo flotável

O tamanho máximo flotável é definido como o maior diâmetro de partícula capaz de aderir à bolha de ar e flotar. É importante ressaltar que o tamanho máximo flotável não é uma propriedade que um mesmo mineral vá sempre exibir, pois além de ser função da densidade do mineral é importante levar em consideração a capacidade de transporte das bolhas de ar presentes no sistema de flotação. As características de tais bolhas serão função da célula de flotação adotada, seus mecanismos de aeração e da presença de reagentes de flotação no sistema (Leal Filho, 1995).

A importância do tamanho de partícula na etapa de flotação já foi reconhecida há muito tempo como fator importante para o desempenho da flotação. O uso de curvas de recuperação versus tamanho das partículas tornou-se prática usual para determinação do tamanho máximo flotável de uma partícula (Trahar, 1981).

O grau de liberação do mineral-minério é dado pela relação entre a quantidade de mineral útil sob a forma de grãos livres versus quantidade total de mineral útil contido no minério. Para atingir um grau de liberação de 100% é necessário trabalhar com altíssimos graus de redução na etapa de moagem, o que ocasiona uma grande produção de partículas ultrafinas, acompanhada de altos custos operacionais. No processo de cominuição, as fraturas apresentam tendência de se localizar nos contatos intergranulares, possibilitando uma boa liberação dos minerais úteis mesmo para moagens relativamente grosseiras (Leal Filho, 1995).

A diferença de dureza entre os minerais presentes em um minério pode facilitar ou dificultar a flotação, como é o caso de uma mistura composta por quartzo/galena, onde existe uma tendência para o quartzo ser moído mais grosso.

Na flotação de minério contaminado com sílica grossa verifica-se como resultado um concentrado com alto teor de sílica. Isso se deve ao efeito gravitacional que age sobre as partículas de quartzo, não permitindo uma boa interação partícula-bolha, provocando perda na seletividade no processo. As partículas grosseiras apresentam tempo médio de residência bastante superior devido à sua maior velocidade de sedimentação, conforme lei de Stokes (Medeiros et al, 1996).

Na flotação de minério contaminado com quartzo em granulometria mais fina observa-se uma tendência do tempo médio de residência das partículas estar bem próximo ao da fase líquida. A flotação de partículas mais finas apresenta desvantagens como um maior arraste de partículas de sílica para o concentrado, provocando perda na seletividade e perda na eficiência da coleta (Medeiros et al, 1996).

O efeito do tamanho de partícula na flotação pode ser entendido argumentando que existe um aumento na eficiência de colisão e de adesão para as partículas mais grossas até uma determinada granulometria. Com a diminuição do tamanho, as partículas finas colidem com a bolha com baixa energia de colisão (Medeiros et al, 1996).

Estudos foram realizados correlacionando a velocidade de agitação em uma célula de flotação com diferentes tamanhos de bolhas de ar para verificar a cinética da flotação. Em baixas rotações verifica-se que todos os tamanhos de bolhas foram eficazes tendo uma cinética de flotação maior. Em altas rotações a cinética da flotação é menor para as bolhas maiores. Verificou-se então que a recuperação de partículas grosseiras na flotação é mais sensível ao meio químico se comparada à das partículas finas (Vieira e Peres, 2007).

A cinética de flotação de partículas grosseiras de quartzo é controlada pela estabilidade dos agregados formados, ou seja, as forças atrativas devem ser mais fortes que as forças que causam a ruptura do filme partícula-bolha. As forças atrativas são atingidas através da escolha de um coletor seletivo, empregado em dosagem ótima (Vieira e Peres, 2007).

Vieira e Peres (2007) estudaram o comportamento de amostras puras de quartzo de diferentes tamanhos na flotação catiônica reversa, variando a adição de dois diferentes coletores (monoamina e diamina) em determinados valores de pH. As diferentes frações utilizadas foram denominadas fina, média e grossa. O estudo foi realizado através de experimentos laboratoriais com células mecânicas de flotação Denver, modelo D12. A seguir serão reproduzidos os resultados do trabalho acima mencionado, devido à grande relevância da pesquisa em relação ao tema desta dissertação.

Na tabela 3.3 são apresentados os resultados das análises químicas das amostras de quartzo puro.

Tabela 3.3 – Resultado das análises químicas das amostras de quartzo puro (Vieira e Peres, 2007)

Fração	Espécie			
	% SiO ₂	% Fe ₂ O ₃	% Al ₂ O ₃	PPC
grossa	99,71	0,03	0,04	0,20
média	99,63	0,06	0,06	0,23
finas	99,43	0,15	0,12	0,25

Na tabela 3.4 são apresentados os resultados das análises de tamanho das amostras de quartzo puro.

Tabela 3.4 – Resultados das análises de tamanho das amostras de quartzo puro (Vieira e Peres, 2007)

Fração	Espécie		
	Faixa de tamanho (µm)	Retenção analisada (%)	Retenção proposta (%)
grossa	-297 a +150	98,57	100,00
média	-150 a +74	92,92	100,00
finas	-74 a +38	89,29	100,00

Para quartzo fino verifica-se que com adição de monoamina os níveis de recuperação de quartzo são os mesmos para pH 9,0 e 10,0, independentemente da dosagem de coletor. Já para pH 10,5 a recuperação de quartzo foi baixa para baixas dosagens de coletor. Os resultados podem ser explicados pela dissociação da monoamina, ou seja, em pH 9,0 a espécie ionizada prevalece sobre a espécie molecular, em pH 10,0 há um equilíbrio entre a concentração de ambas as espécies e em pH 10,5 a espécie molecular prevalece.

Na figura 3.10, são apresentados os resultados de recuperação de quartzo variando-se a dosagem de monamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho fino (Vieira e Peres, 2007).

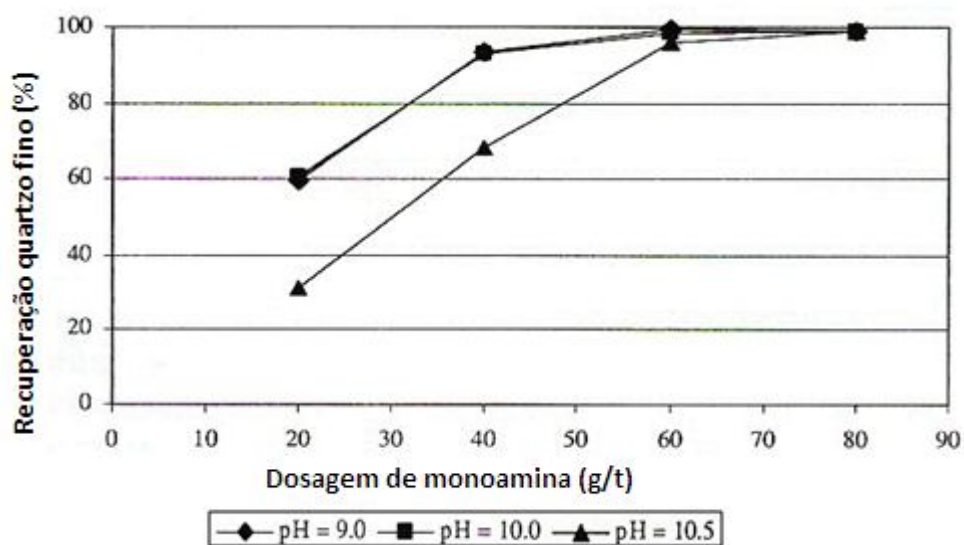


Figura 3.10 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de monoamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho fino (Vieira e Peres, 2007).

Para quartzo médio verifica-se uma dispersão das curvas para diferentes valores de pH. Em pH 9,0 existe a predominância da espécie iônica. A medida que o pH aumenta a eficácia da monoamina diminui, levando a baixa recuperação de quartzo.

Na figura 3.11, são apresentados os resultados de recuperação de quartzo variando-se a dosagem de monamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho médio (Vieira e Peres, 2007).

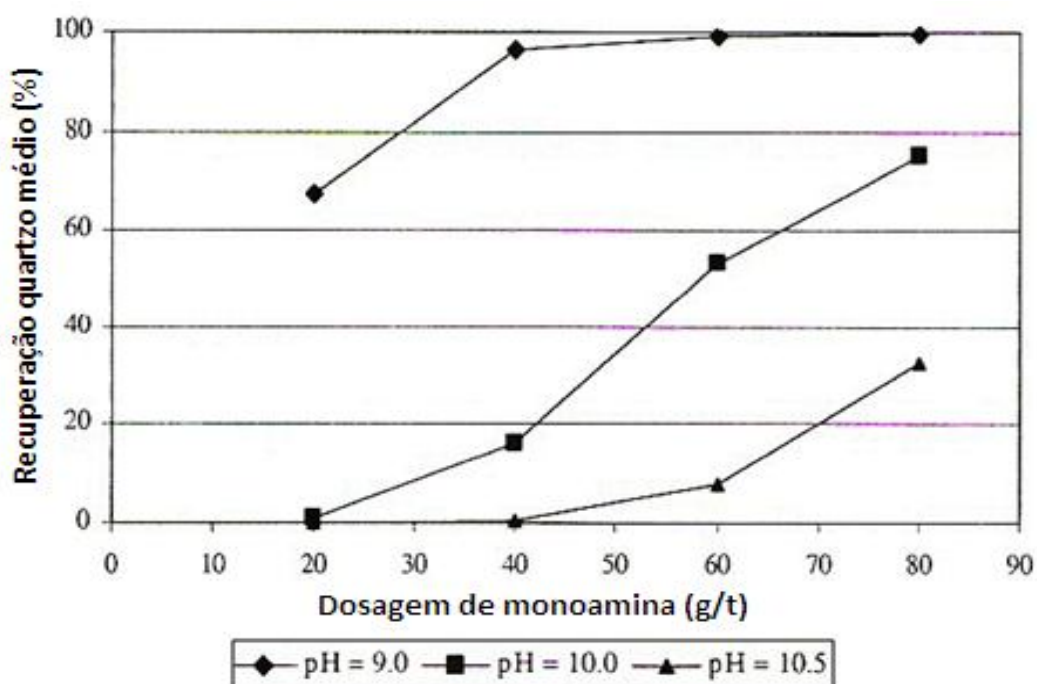


Figura 3.11 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de monoamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho médio (Vieira e Peres, 2007).

Para quartzo grosso a recuperação em pH 10,0 e 10,5 é insignificante em todas as dosagens de monoamina, podendo alcançar no máximo 30% em dosagens elevadas de monoamina (80 g/t).

Na figura 3.12, são apresentados os resultados de recuperação de quartzo variando-se a dosagem de monamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho grosso (Vieira e Peres, 2007).

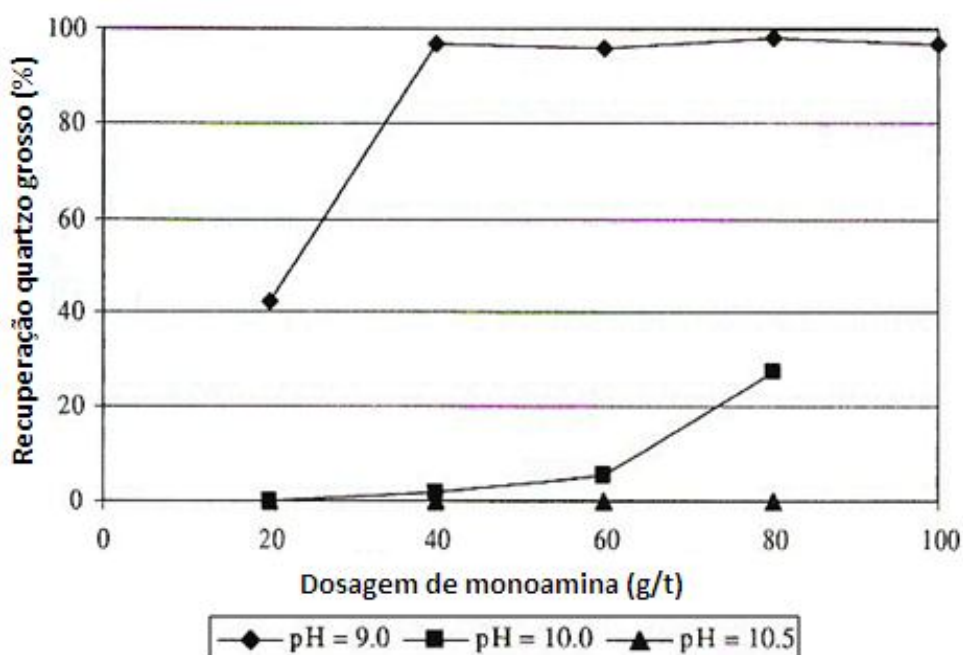


Figura 3.12 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de monoamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho grosso (Vieira e Peres, 2007).

Em uma segunda etapa de investigação, Vieira e Peres (2007) estudaram a flotação de quartzo em diferentes faixas de tamanho na presença de diamina. A recuperação de quartzo é elevada para altas dosagens de diamina em baixos valores de pH. A diamina não é um coletor eficiente para quartzo fino em valores de pH 10,0 e 10,5 mesmo em dosagens elevadas.

Na figura 3.13, são apresentados os resultados de recuperação de quartzo variando a dosagem de diamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho fino (Vieira e Peres, 2007).

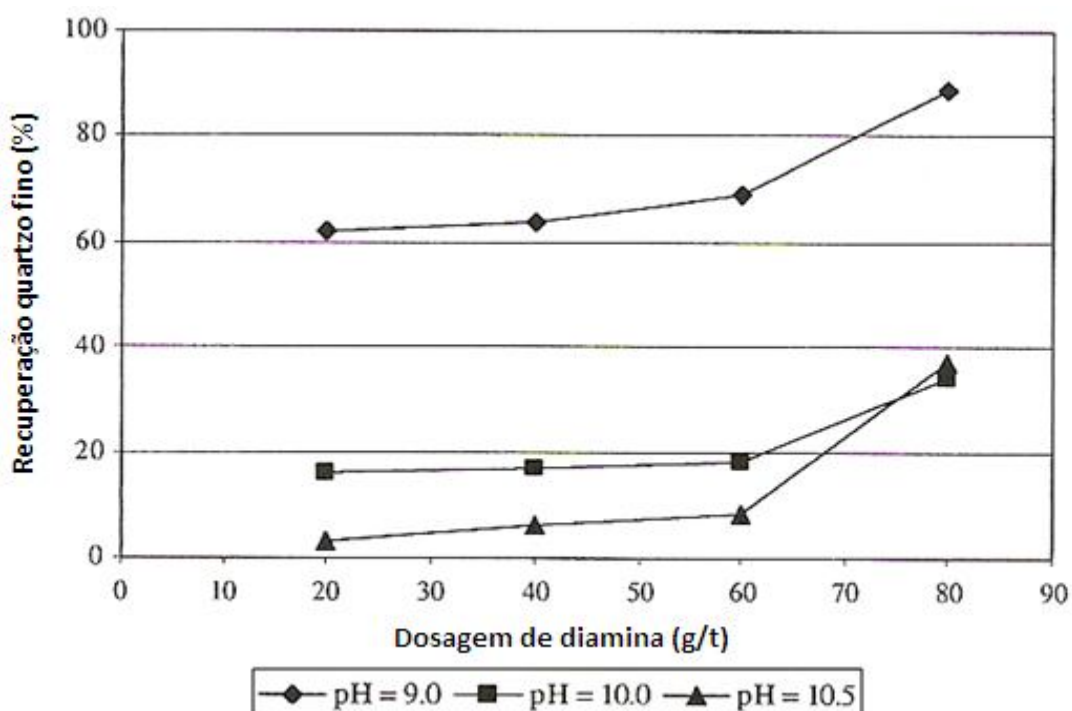


Figura 3.13 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de diamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho fino (Vieira e Peres, 2007).

Comparando-se a figura 3.10 com a figura 3.13, verifica-se que a monoamina é mais eficiente que a diamina na flotação de quartzo fino.

Na figura 3.14, são apresentados os resultados de recuperação de quartzo variando-se a dosagem de diamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho médio (Vieira e Peres, 2007).

Para quartzo médio, com a adição de diamina, verifica-se um forte aumento na recuperação de quartzo quando a dosagem do coletor é aumentada de 40g/t para 60 g/t. O efeito do pH não é tão significativo. Comparando-se a figura 3.11 com a figura 3.14 verifica-se que a monoamina apresenta melhor desempenho na flotação de quartzo médio em pH 9,0, mas as diaminas são mais eficazes em valores de pH mais elevados.

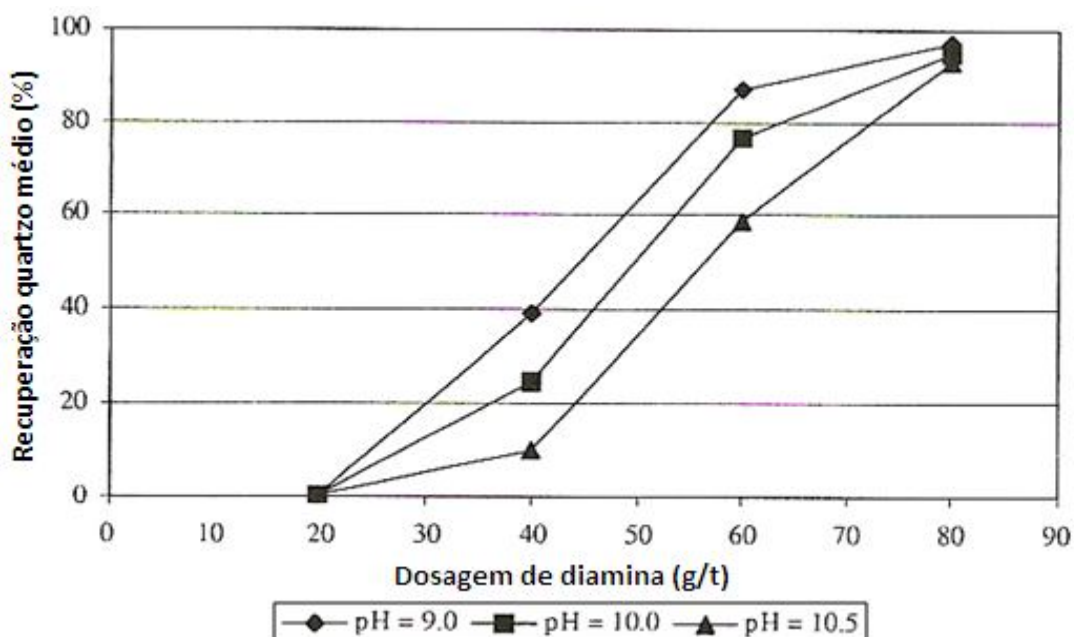


Figura 3.14 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de diamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho médio (Vieira e Peres, 2007).

Para quartzo grosso, com a adição de diamina, os resultados ilustrados na figura 3.15 são similares aos da figura 3.14, mas com as curvas mais espaçadas. Comparando-se a figura 3.12 com a figura 3.15, verifica-se que ambas as aminas são eficazes na recuperação de quartzo grosso em pH 9,0, tendo a monoamina melhor recuperação apenas em dosagem de 40g/t, sendo as diaminas mais eficazes para valores de pH mais elevados. A presença na diamina de dois grupos polares capazes de adsorção na superfície do quartzo grosseiro explica o melhor desempenho do coletor.

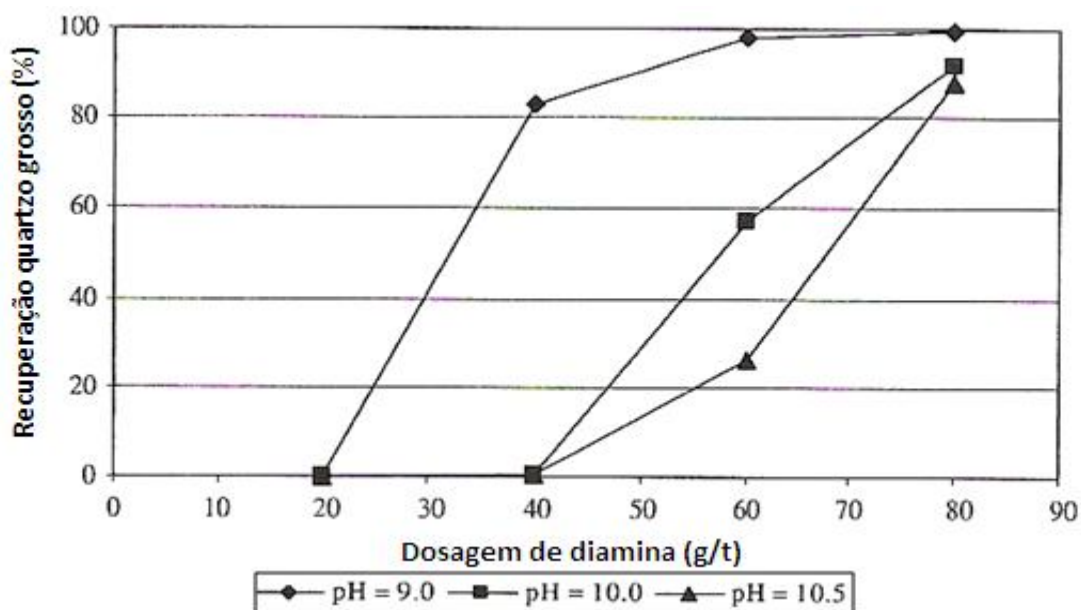


Figura 3.15 – Curva da variação da recuperação de quartzo em função da dosagem de diamina em diferentes valores de pH para partículas de quartzo de tamanho grosso (Vieira e Peres, 2007).

Vieira e Peres (2007) verificaram que o valor de pH mais favorável para a recuperação de quartzo para os tamanhos de partículas estudados foi 9,0 para ambos os tipos de amina (monoamina e diamina). A monoamina é mais eficiente que a diamina na recuperação de quartzo fino. Para valores mais elevados de pH e de dosagem do coletor, a diamina mostrou-se mais eficiente que a monoamina na recuperação de quartzo médio. Na flotação do quartzo grosseiro alta recuperação foi atingida com elevadas dosagens de diamina (acima de 60 g/t) e em pH 9,0.

Atualmente um concentrador de minério de ferro em Minas Gerais opera o circuito de flotação utilizando uma combinação de monoamina com diamina. A proporção de diamina na mistura do coletor varia de 25% a 50%, dependendo do tipo de minério e da especificação do produto (pelota para alto forno ou redução direta) (Vieira e Peres, 2007).

A influência da presença do quartzo fino na alimentação da flotação é importante para que seja atingida uma alta recuperação de quartzo médio e grosseiro na flotação. Na figura 3.16, verifica-se que a recuperação aumentou com o aumento da porcentagem do quartzo fino. O efeito da presença de quartzo fino é mais significativo para a recuperação do quartzo grosseiro que para o médio (Vieira e Peres, 2007).

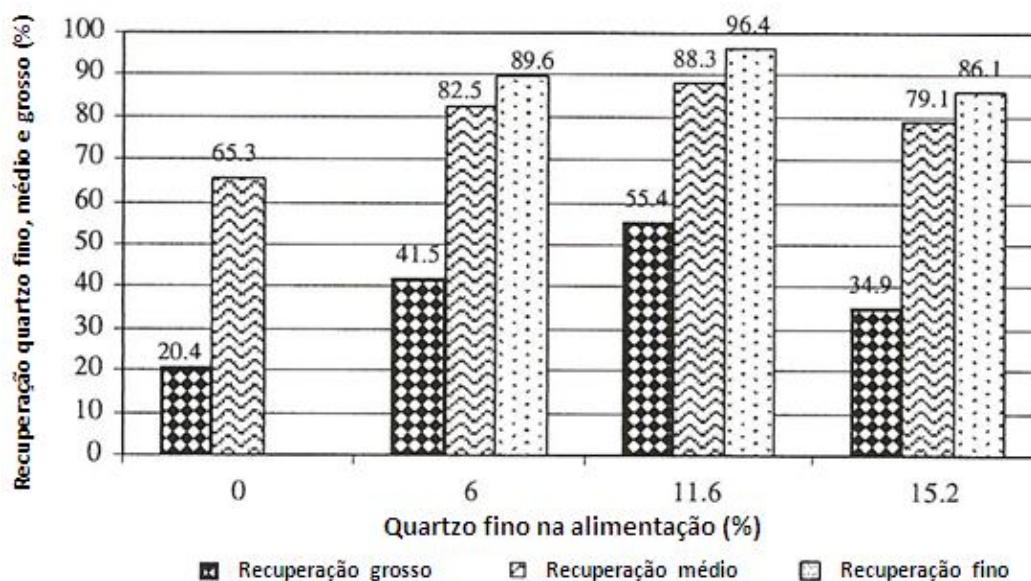


Figura 3.16 – Curva da variação da recuperação de quartzo fino, médio e grosso em função da porcentagem de quartzo fino na alimentação (Vieira e Peres, 2007).

3.2.1.2 – Peneiras de alta frequência

Atualmente encontram-se instaladas e operando em alguns concentradores da Vale as peneiras de alta frequência. A aplicação consiste na etapa após a flotação, ou seja, retirar parte da sílica grossa contida no concentrado da flotação, como por exemplo nos concentradores das minas de Conceição, Cauê e Brucutu.

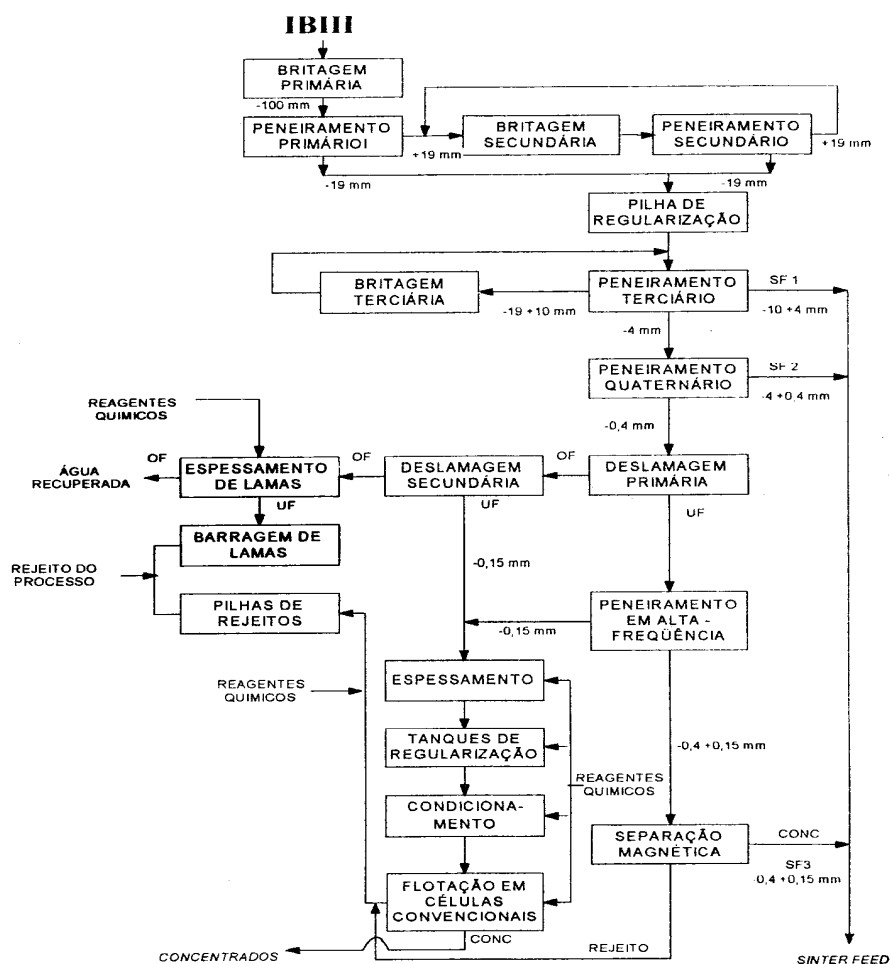
As peneiras de alta frequência de Cauê operam com *sprays* de água para garantir a eficiência. O objetivo do peneiramento é retirar partículas grossas, minimizando o arraste de finos para o *oversize*. As peneiras de alta frequência de Conceição foram adquiridas em 2004 e têm como objetivo gerar *undersize* mais limpo eliminando o contaminante sílica no *oversize* sem perda de recuperação do ferro. Por isso não usam os *sprays* de água para não forçar a passagem da sílica.

As peneiras de alta frequência de Brucutu são aplicadas em duas funções distintas. A primeira aplicação é na classificação em 0,150mm de minério de ferro, onde a fração >0,150mm é encaminhada para a separação magnética e a fração <0,150mm para a deslamagem e flotação. A segunda aplicação é para a remoção de sílica grosseira

presente no concentrado *scavenger* da flotação de minério de ferro. O *undersize* do peneiramento retorna na composição da alimentação da flotação.

A primeira referência ao uso de peneiramento de alta frequência em concentradores de minério de ferro brasileiros foi divulgado por Kaneko et al (1996).

No concentrador da SAMITRI foram instaladas peneiras de alta frequência. O *oversize* (<0,4 >0,15mm) alimentava a separação magnética e o *undersize* alimentava a flotação em células convencionais. A figura 3.17 apresenta o fluxograma ilustrativo da instalação de beneficiamento IB-III da SAMITRI para minérios itabiríticos, que levou a bom desempenho na redução do teor de sílica nos concentrados.



Legenda

SF - Sinter Feed
 CONC - Concentrado
 UF - Underflow

OF - Overflow
 REJ - Rejeito

Figura 3.17 – Fluxograma ilustrativo da instalação de beneficiamento IBIII para minérios itabiríticos – SAMITRI S.A. (Kaneko et al, 1996).

Pode ser vista na figura 3.17 a instalação de peneiras de alta frequência logo após a etapa de deslamagem. O objetivo dessas peneiras era exatamente remover as partículas grosseiras de sílica presentes na polpa, para que a etapa de flotação tenha um desempenho melhor.

A tabela 3.5 apresenta um resumo dos resultados das análises químicas de várias etapas do processo de beneficiamento da IB-III - SAMITRI S.A nos anos de 1994 e 1995 (Kaneko et al, 1996).

Tabela 3.5 – Resumo dos resultados industriais de etapas do processo de beneficiamento da IB-III SAMITRI S.A. (Kaneko et al, 1996)

PARÂMETRO	DR/94			DR/95			DESVIOS (%)		
	GLOBAL	P>0.040	P<0.040*	GLOBAL	P>0.040	P<0.040*	GLOBAL	P>0.040	P<0.040*
% Fe alimentação da deslamagem	54.89	54.73	55.00	52.72	52.95	52.59	-4.12	-3.36	-4.58
% SiO ₂ alimentação da deslamagem	19.18	19.39	19.03	22.78	22.31	23.05	15.80	13.09	17.44
% P alimentação da deslamagem	0.042	0.044	0.039	0.038	0.041	0.037	-10.53	-7.32	-5.41
% Fe alimentação da flotação	53.29	53.12	53.39	51.28	51.02	51.46	-3.92	-4.12	-3.75
% SiO ₂ alimentação flotação	22.20	22.32	22.13	25.22	25.55	24.98	11.97	12.64	11.41
% P alimentação flotação	0.033	0.035	0.031	0.033	0.034	0.033	0.00	-2.94	6.06
% SiO ₂ concentrado	0.99	0.93	1.03	0.98	0.95	0.93	-1.02	2.11	-10.75
% P concentrado	0.040	0.043	0.036	0.039	0.044	0.037	-1.94	1.71	2.94
% Recuperação de Fe flotação	76.19	79.16	74.26	78.79	75.26	80.55	3.30	-5.18	7.81
Índice de Seletividade	89.19	95.78	84.81	90.97	88.94	93.00	1.96	-7.69	8.81
Relação concentração P deslamagem	0.79	0.80	0.79	0.87	0.83	0.89	9.52	4.08	10.88
Relação concentração P flotação	1.21	1.23	1.17	1.19	1.29	1.13	-1.94	4.52	-3.32
Relação concentração P total	0.95	0.98	0.93	1.03	1.07	1.01	7.77	8.41	7.92

Pode-se verificar na tabela 3.5 uma alta recuperação de sílica no flotado, pois, para um teor de sílica de 22,20% na alimentação da flotação, no concentrado o teor chega a 0,99%.

A baixa flotação das frações granulométricas mais grossas (> 0,150 mm) tem sido responsável por sérios problemas que ocorrem em diversos circuitos de flotação de minérios de ferro, pois além de sobrecarregar o circuito, as partículas grosseiras de quartzo contaminam o concentrado.

Após a instalação de peneiras de alta frequência antes da etapa de flotação, foi possível atingir com facilidade o objetivo de produzir *pellet feed* para redução direta.

A implantação do projeto na SAMITRI em 1998 mostrou um aumento do rendimento operacional e um ganho de aproximadamente 10% na recuperação total da usina.

Para substituição do circuito existente foram contempladas três opções de concentração e dentre a concentração por espirais, concentração em separadores magnéticos de alta intensidade e concentração por flotação, a flotação foi a que apresentou os melhores resultados de recuperação e qualidade química. (Quintão et al, 1999).

O circuito definido após a implantação do projeto pode ser visto na figura 3.18 (Quintão et al, 1999).

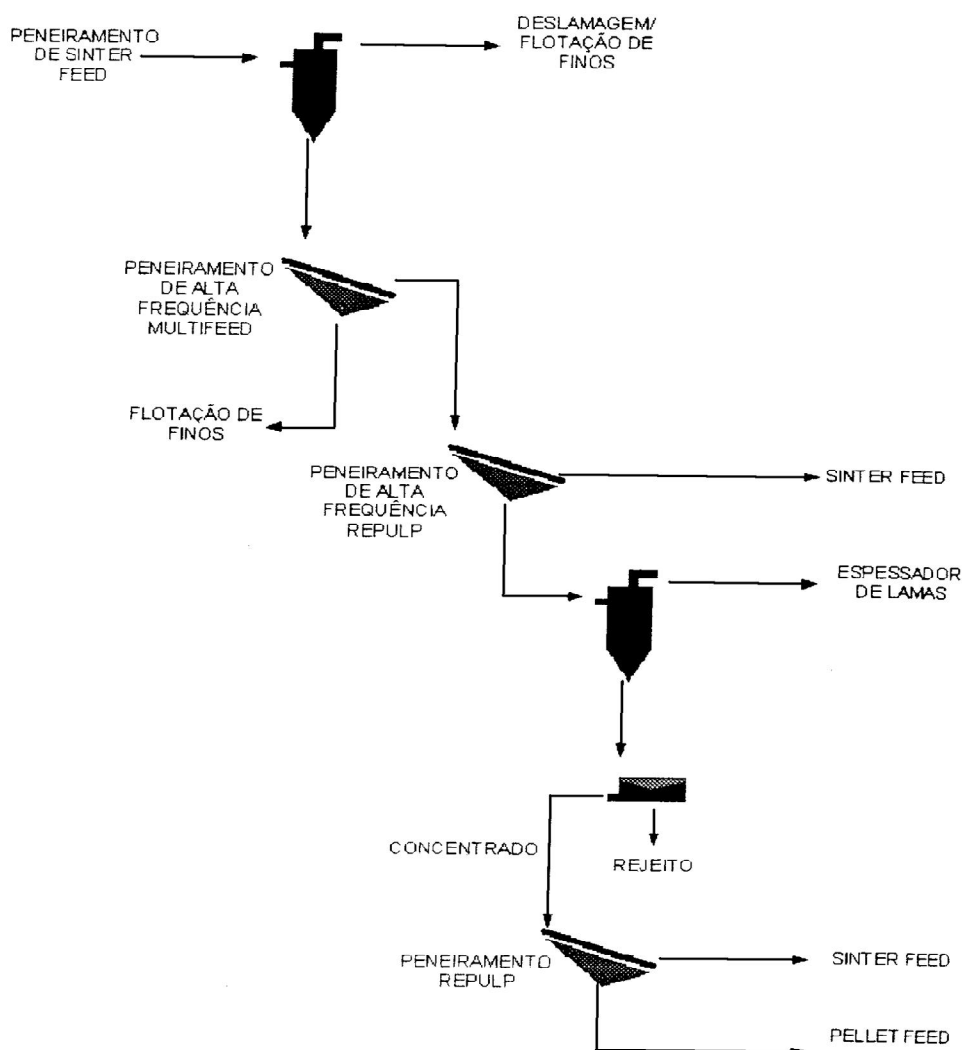


Figura 3.18 – Fluxograma do circuito definido pela SAMITRI para implantação do projeto (Quintão et al, 1999).

A pré-operação do circuito de peneiramento de alta frequência e flotação foi iniciada em 1998 para a produção de *sinter feed* e *pellet feed*. A estabilização do circuito somente foi alcançada após três etapas de pré-operação, pois vários problemas foram identificados durante o *start up* e várias modificações foram necessárias.

Na 1ª. etapa foi registrado problema de sedimentação de material nas células de flotação, sendo então alterado o *top size* de alimentação de 0,6mm para 0,35mm e mesmo assim persistia a sedimentação de material. Na 2ª. etapa, após várias modificações de ajuste no circuito, os resultados ainda eram insatisfatórios, devido a dificuldades de manter a polpa em suspensão. Na 3ª. etapa, após vários ajustes no circuito, foi atingida a estabilidade da operação, conseguindo-se resultados satisfatórios de qualidade e recuperação (Quintão et al, 1999).

Na tabela 3.6, são apresentados os resultados obtidos na 3ª. etapa de pré-operação, onde foi atingida a estabilidade da operação (Quintão et al, 1999).

Tabela 3.6 – Resultados obtidos na 3ª. etapa de pré-operação da implantação do projeto SAMITRI (Quintão et al, 1999)

Taxa de alimentação da flotação (t/h)	150 - 180
Teor de sílica na alimentação da flotação (%)	17 - 28
Recuperação da flotação (%)	60,0
Recuperação para <i>sinter feed</i> (%)	80,0
Recuperação para <i>pellet feed</i> (%)	20,0
Teor de sílica do <i>sinter feed</i> (%)	4,5
Teor de sílica do <i>pellet feed</i> (%)	1,0

Futuramente, no concentrador ITM-D do Complexo Mina Itabiritos pretende-se instalar peneiras de alta frequência antes da etapa da flotação, objetivando a retirada da fração grosseira de sílica presente na polpa de alimentação da flotação. Na figura 3.19 pode ser vista a proposta de fluxograma do concentrador ITM-D após a instalação das peneiras de alta frequência.

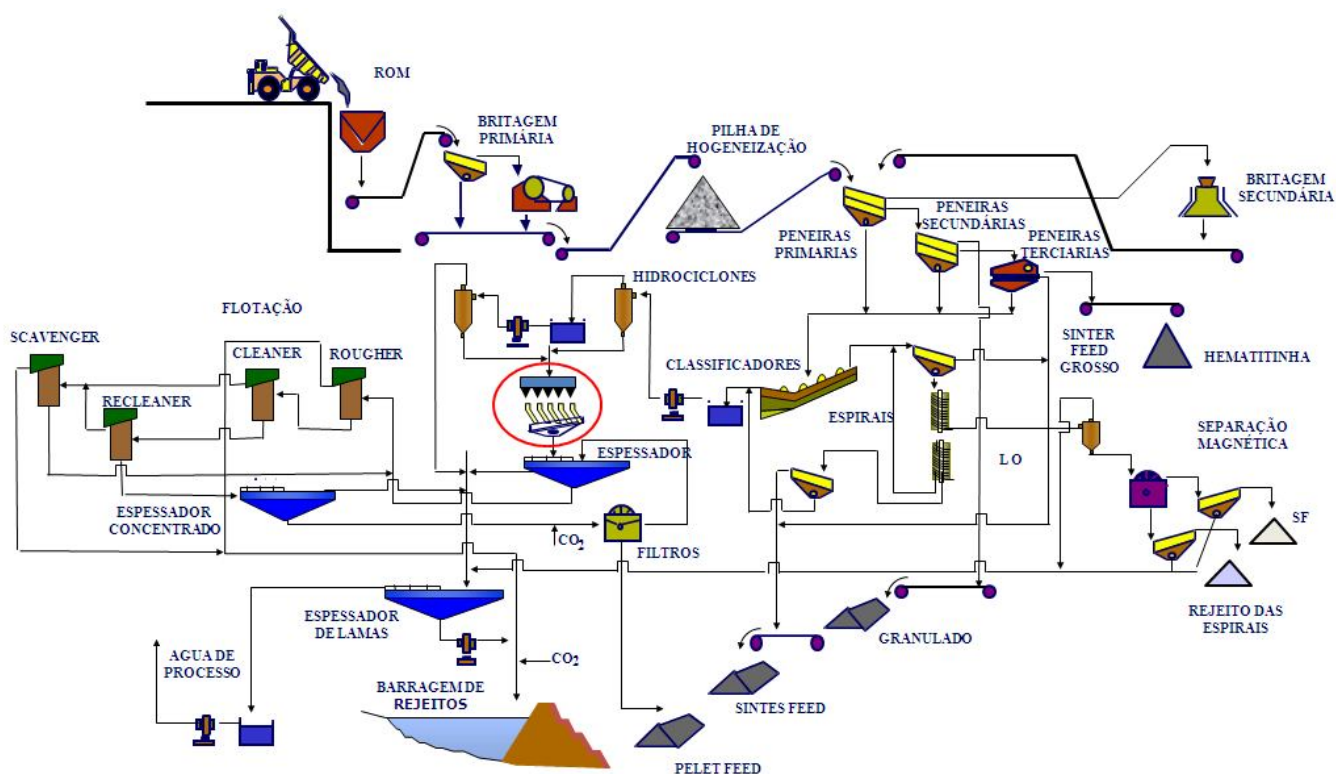


Figura 3.19 – Proposta de fluxograma do concentrador ITM-D após a instalação das peneiras de alta frequência.

3.2.1.3 – Influência das partículas finas e ultrafinas

As partículas finas e ultrafinas presentes nos minérios de ferro têm interferido negativamente nos processos de concentração, bem como nos processos que atuam nas diferenças existentes entre as propriedades físico-químicas de superfície dos minerais no processo de flotação.

Pode-se classificar as partículas do ponto de vista da escala industrial nas operações de processo e beneficiamento no seguinte:

- partículas finas: 0,150mm a 0,010 mm;
- partículas ultrafinas: 0,010mm a 0,001 mm;
- partículas coloidais: abaixo de 0,001 mm.

As partículas ultrafinas e coloidais geralmente são as lamas contidas nos minérios de ferro. O processo de deslamagem juntamente com o espessamento tem sido o responsável pela remoção dessas lamas antes da alimentação da etapa de flotação. As partículas finas e ultrafinas presentes na polpa da alimentação da flotação causam um aumento significativo da superfície específica das espécies, o que dificulta a separação dos minerais.

Na flotação catiônica reversa de minério de ferro, os efeitos provocados podem ser (Castro, 2002):

- mudança no comportamento cinético das partículas, ocasionando recobrimentos preferenciais sobre a superfície de partículas maiores (*slimes coating*);
- mudança no comportamento hidrodinâmico das partículas, podendo quase atingir o tempo de residência da fase líquida dentro das células de flotação, podendo ser direcionada tanto para o flotado quanto para o afundado;
- a elevada reatividade das partículas pode levá-las a reagir quimicamente com as espécies coletoras e depressoras do sistema, proporcionando redução da coleta dos minerais de interesse, além de proporcionar o aumento do consumo desses reagentes envolvidos no processo;
- aumento da solubilização, principalmente de determinados minerais, em especial da classe dos argilo-minerais contidos nos minérios de ferro.

Existe um consenso, proveniente de estudos já realizados, onde a taxa de flotação decresce com a diminuição do tamanho das partículas, isto para determinada granulometria, na qual as partículas são classificadas como lamas (Fuerstenau, 1980).

Entende-se como sendo *slimes coating* a adesão de partículas ultrafinas e colóides à superfície de partículas mais grossas. Essa adesão se dá através de forças intermoleculares semelhantes às forças existentes nas interações entre partículas e bolhas de ar (Castro, 2002).

Deve-se considerar que a influência das lamas na flotação depende da composição dos minérios e das condições da flotação. O aumento da solubilidade das lamas é prejudicial na flotação seletiva de minerais não-sulfetos por certos coletores (Boulos et al, 1970).

Rabelo (1994) quantificou o impacto negativo das lamas no processo de flotação, ilustrado na figura 3.20. Pequenas proporções de lamas na alimentação causam uma perda elevada de ferro no rejeito, enquanto o efeito na sílica no concentrado só começa a ser significativo para maiores quantidades de lama.

Montenegro (2001) modelou a flotabilidade, ou seja, a probabilidade de uma determinada partícula ser coletada de um sistema constituído de j elementos químicos e i faixas granulométricas. Os resultados obtidos em coluna piloto e industrial indicaram que, na flotação reversa de minério de ferro, a flotabilidade de minerais portadores de ferro liberados é maior para partículas finas e é proporcional à dosagem de coletor/espumante. Isso se deve a dois fenômenos que ocorrem simultaneamente. A flotabilidade aumenta devido ao arraste mecânico e à flotação verdadeira, pois o transporte de água para o flotado é proporcional à dosagem de espumante e a adsorção não específica do coletor é proporcional à sua dosagem. O aumento na flotabilidade das partículas de maior granulometria se deve, muito provavelmente, à existência de partículas mistas.

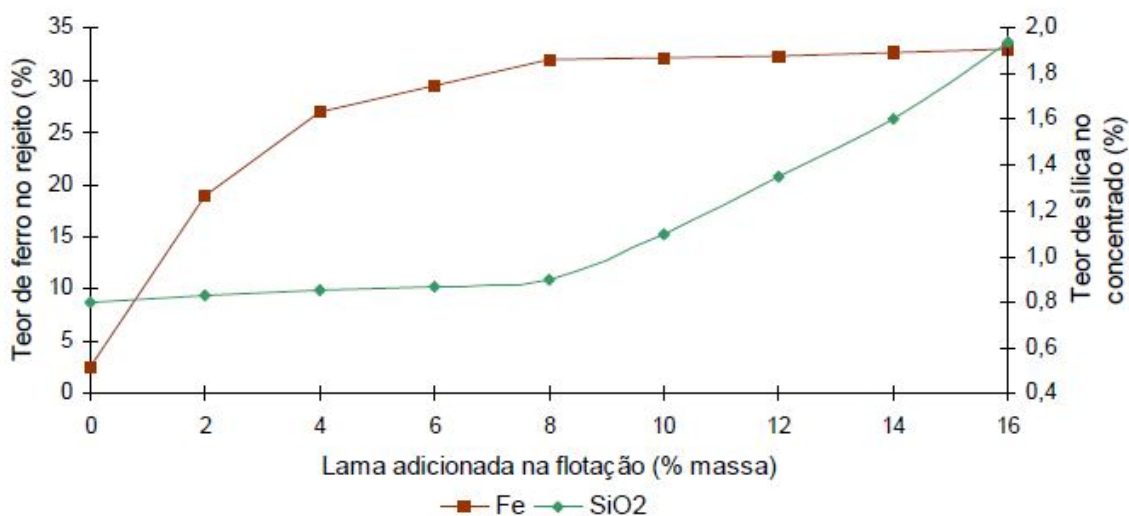


Figura 3.20 – Efeito do percentual de lamas na flotação (Rabelo, 1994).

3.2.2 – Flotação de Oxi-minerais

Os oxi-minerais constituem um universo amplo e diversificado. Entre os diversos minerais oxidados verificam-se diversas diferenças de composição química, estrutura cristalina e solubilidade em água. O elemento comum a todos esses compostos é o oxigênio. A fração volumétrica dominante na estrutura cristalinoquímica desses minerais é constituída pelo elemento oxigênio e os íons O⁻ ou OH⁻ (Brandão, 1995).

As ligações entre o oxigênio e os outros elementos é predominantemente iônica e/ou covalente, raramente as ligações de hidrogênio estão presentes.

Quase todos os oxi-minerais apresentam superfícies de fratura polares, devido ao rompimento de ligações total ou parcialmente iônicas. As superfícies apresentam alta afinidade com a água, tendo caráter hidrofílico. Quase todos os oxi-minerais só flotarão se sua superfície originalmente hidrofílica for tornada hidrofóbica, através da adsorção de algum coletor apropriado (Peres, 2001).

Em vários sistemas de oxi-minerais e coletores, a adsorção pode ser considerada como uma superposição de processos químicos e físicos. Em vários outros casos ele parece ser puramente físico em sua natureza. Experimentalmente verifica-se que este é o caso para a maioria dos sistemas envolvendo aminas.

O processo de quimissorção é o mecanismo predominante em muitos sistemas minerais, especialmente no caso de ácidos carboxílicos de cadeia longa ou seus sabões alcalinos. Elevadas densidades de adsorção e recuperações na flotação de minerais, com coletores aniônicos, em faixa de pH onde o potencial zeta é negativo, sugerem adsorção química do coletor (Peres, 2001).

É muito comum em sistemas de flotação a ocorrência simultânea e superposta das adsorções químicas e físicas, levando-se em consideração os tipos de ligações possíveis na adsorção de coletores na interface sólido/líquido (Peres, 2001):

- Ligação normal: é desenvolvida entre o mineral e o grupo polar do coletor e pode ser de natureza física ou química;

- Ligação lateral: desenvolvida pelas espécies adsorvidas entre si, tendo como exemplo as ligações de van der Waals entre as cadeias de hidrocarbonetos dos coletores.

3.2.3 – Aspectos cinéticos da flotação

No processo de flotação, as bolhas de ar são injetadas em polpas contendo uma mistura de partículas, sendo que somente minerais hidrofóbicos são coletados na superfície dessas bolhas e saem do sistema. O processo é usado para a separação de partículas sólidas. Um número complexo de aspectos de interação química e física é envolvido no processo de flotação (Souza, 2005).

Na flotação, um parâmetro importante é a cinética do processo, onde se estuda a variação da massa do mineral flotado de acordo com o tempo de flotação. Mantendo-se constantes as variáveis operacionais, a relação algébrica entre os parâmetros mencionados acima é a equação da taxa de flotação. A avaliação das equações de taxa pode ser baseada em suposições ou em fatos estabelecidos sobre o mecanismo do processo, ou, mais comumente, determinada empiricamente ou por analogia química (Souza, 2005).

A equação que representa a cinética de flotação pode ser assim expressa (Souza, 2005):

$$dC(t)/dt = KC^{-n}(t) \quad (1)$$

onde,

$$C = M / V$$

$C(t)$: concentração de sólidos no tempo t ;

t : tempo de flotação;

n : ordem do processo;

K : constante da taxa de flotação;

M : massa de sólidos;

V : volume de polpa.

No processo de flotação, para que a união partícula/bolha tenha sucesso, não basta que a partícula seja hidrofóbica e a bolha seja estável. É necessário o cumprimento de um critério cinético, onde uma barreira energética deve ser vencida para que ocorra a adesão partícula/bolha dentro de um intervalo de tempo (Leal Filho, 1995).

A barreira energética é compreendida se for apresentada como uma resistência natural ao adelgaçamento exibida por filmes líquidos existentes ao redor de partículas e bolhas que se aproximam e que são capazes de impedir um contato mais íntimo entre ambas. O adelgaçamento desses filmes líquidos é condição essencial para coleta da partícula pela bolha (Leal Filho, 1995).

3.2.4 – Reagentes na flotação

Os reagentes empregados na flotação são compostos orgânicos ou inorgânicos que objetivam controlar as características interfaciais envolvidas no processo. Conforme a função específica em um sistema de flotação os reagentes podem ser divididos em coletores, espumantes e modificadores ou reguladores.

Na flotação catiônica reversa de minérios de ferro são usadas aminas como coletor/espumante e amido como depressor de óxidos de ferro. Coletores são surfatantes que se adsorvem na interface sólido/líquido, transformando o caráter das superfícies minerais de hidrofílico para hidrofóbico. Os coletores empregados na flotação de oxi-minerais são designados como compostos ionizáveis não tio (Leja, 1982).

Os espumantes são compostos não-iônicos cuja ação faz-se sentir na interface líquido/ar através de uma redução na tensão superficial. Os espumantes são responsáveis por gerar uma camada estável de espuma para viabilizar o enriquecimento do produto flotado. Na flotação catiônica reversa de minérios de ferro a amina exerce tanto o papel de coletor quanto o de espumante. Existem evidências de que a substituição parcial de amina por espumante de ação específica seria vantajosa, tanto em termos de custos, quanto no que tange ao desempenho da flotação (Silva, 2004).

As ações dos modificadores são bastante distintas (Peres, 2001):

- controle do pH da polpa adicionando ácidos e bases;
- através da adição de coagulantes, floculantes e dispersantes faz-se o controle do estado de agregação das partículas na polpa;
- a adição de agentes ativadores torna mais eficaz a ação dos coletores;
- a adição de agentes depressores inibe a ação do coletor.

A flotação reversa de minério de ferro é realizada em pH em torno de 10,0 onde a superfície do quartzo é altamente negativa. Em pH em torno de 10,0 a adsorção de aminas sobre a superfície do quartzo se dá por atração eletrostática entre o cátion e a superfície do mineral carregada negativamente. A carga negativa superficial do quartzo nesta faixa de pH é maior que a carga negativa superficial da hematita.

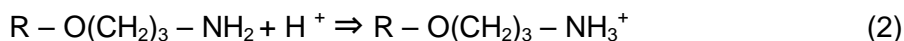
3.2.4.1 – Aminas

São compostos orgânicos derivados da amônia (NH_3). A amina primária é aquela onde está presente somente um radical apolar. Aminas contendo dois, três ou quatro grupos carbônicos ligados ao átomo de nitrogênio são chamadas aminas secundárias, terciárias ou derivados de sal quaternário de amônia. (Fuerstenau et al, 1985)

O nível de adição de amina no processo de flotação é função da capacidade de carregamento e da granulometria da polpa. Todas as aminas empregadas em flotação de minérios de ferro são eteraminas, que resultam da modificação de aminas primárias mediante a introdução, entre o radical e o grupo NH_2 , de um grupo $\text{O} - (\text{CH}_2)_3$. A medida que o comprimento da cadeia carbônica aumenta, a solubilidade da amina é reduzida (Peres e Araújo, 2009).

As aminas com mais de cinco átomos de carbono apresentam baixíssima solubilidade em água. Essa solubilidade pode ser aumentada mediante a neutralização parcial com ácido acético (Saube, 1986).

A principal propriedade das eteraminas empregadas em flotação, em meio aquoso, é a hidrólise ou dissociação:



Na equação (2) verifica-se que a acidez favorece a forma ionizada, e a alcalinidade a forma molecular. Em pH em torno de 10,5 situa-se a condição que leva ao equilíbrio entre as concentrações das duas espécies. A concentração da forma catiônica se aproxima de 100% em pH 9,0, o mesmo ocorrendo com a forma molecular, a partir de pH 11,5. A forma iônica é solúvel e se adsorve facilmente sobre a superfície do quartzo, por um mecanismo de atração eletrostática, já que a superfície do mineral está carregada negativamente em valores de pH superiores a 2,5 (Saube, 1986).

Além das etermonoaminas, usualmente empregadas na flotação reversa de minérios, a recuperação de quartzo pode ser favorecida pelo uso de eterdiaminas (Magriotis, 1995).

As eterdiaminas foram incorporadas na prática industrial da Samarco (Mapa, 2006).

3.2.4.2 – Amido

A seletividade na flotação catiônica de quartzo em minérios de ferro é alcançada através da adição de um reagente modificador que, adsorvendo-se seletivamente nos minerais oxidados de ferro, mantém sua superfície hidrofílica. Os reagentes modificadores mais utilizados neste sistema de flotação são o amido e seus derivados.

O amido é um polímero natural (polissacarídeo), formado pela condensação de moléculas de α -D (+) glicose, através de ligações do tipo α -1,4 (amilose) e α -1,6 (amilopectina) (Peres e Araujo, 2009).

A proporção amilopectina/amilose na fração amilácea das diversas substâncias vegetais, ou mesmo no caso de variedades de um mesmo vegetal, pode diferir bastante. No caso do amido de milho, a relação 3/1 prevalece para as modalidades comuns do milho amarelo. A composição da fração amilácea se aproxima de amilopectina pura no caso do milho ceroso (Peres e Araújo, 2009).

Os amidos de milho não-modificados apresentam um alto peso molecular. Além da elevada hidrofiliabilidade das macromoléculas devido à presença dos grupos OH na unidade básica, o tamanho da molécula faz com que ela se estenda na solução agindo como “ponte” entre as partículas minerais na polpa. Este fenômeno é designado como floculação. No caso dos minérios de ferro ocorre uma floculação seletiva da hematita, que favorece seu direcionamento para o afundado.

4. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia do estudo realizado visando investigar o efeito do *scalping* de quartzo grosso na flotação.

4.1 – Materiais

4.1.1 – Amostras minerais

A amostra utilizada no estudo foi proveniente de uma composição de dois tipos de itabiritos de cavas diferentes do Complexo Mina Itabiritos. Foram coletadas em maio de 2009, no concentrador ITM-D do complexo Mina Itabiritos, 2 tambores de 200L (aproximadamente 500kg) de polpa de minério de ferro proveniente do *underflow* das duas etapas de deslamagem (1ª e 2ª etapa de deslamagem).

A coleta foi realizada pontualmente, em momentos de operação da usina onde o circuito apresentava-se estável com alimentação que objetivou representar os itabiritos friáveis, constituídos por itabiritos ricos e pobres, silicosos. A figura 4.1 apresenta foto do momento da coleta da amostra do concentrador ITM-D.



Figura 4.1 – Momento da coleta da amostra no concentrador ITM-D.

A amostra global foi composta por fluxo de minério proveniente das três minas atualmente em operação no Complexo Mina Itabiritos: Mina do Galinheiro, Mina do Sapecado e uma pequena porção de minério da Mina do Pico, que sofre hoje apenas pequenas operações de lavra para acertos de taludes. As características tipológicas dessas três minas apresentam minérios silicosos de faixas granulométricas variadas.

4.1.2 – Reagentes

Nos ensaios foram utilizados os seguintes reagentes:

- acetato de eteramina (EDA 3B) como coletor de quartzo;
- amido de milho como depressor de minerais contendo ferro. Para a gelatinização do amido foi utilizada solução de soda cáustica (NaOH) na razão em massa amido/soda 4:1 ;
- soluções de NaOH e HCl, como moduladores de pH.

4.1.3 – Equipamentos

Durante os ensaios, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- peneiras quadradas com tela de aço inox, caixilho em ferro zincado 500 x 500 X 100mm;
- célula de flotação: Denver - Ratio 1-1 cod LU mod 52 01/110;
- medidor de pH;
- materiais usuais de laboratório (bandejas; balanças, cronômetros, béqueres, provetas, pás coletoras);
- multipicnometro Quantachome série 11404082001 mod MVP 6DC.

4.2 – Métodos

4.2.1 – Preparação e caracterização das amostras

A amostra global encaminhada ao Centro de Tecnologia de Ferrosos da VALE (CTF) foi tratada da seguinte forma:

1º - desaguamento (filtro de pressão), desagregação, homogeneização e quarteamento;

2º - divisão da amostra global em 2 subamostras (1 e 2). A subamostra 1 seria utilizada para todo o processo de análise caso atendesse a distribuição granulométrica juntamente com a porcentagem de lamas contida e a subamostra 2 caso não atendesse a distribuição granulométrica juntamente com a porcentagem de lamas contida, sendo encaminhada a um processo de adequação passando por uma etapa de deslamagem;

3º - a subamostra 1 foi amostrada para análise granulométrica, análise química e análise química por faixa de tamanho;

4º - a subamostra 1 foi homogeneizada e dividida em 2 alíquotas (1 e 2). Na alíquota 1 foram feitos testes de flotação em bancada para definir a melhor condição do teste (teste padrão), ou seja, melhor pH, dosagem de coletor e depressor. Após definidas as melhores condições foram realizados testes de flotação em bancada, cinética de flotação, analisando-se no concentrado e no rejeito a química global;

5º - a alíquota 2 foi peneirada, simulando o peneiramento de alta frequência (corte em 0,150mm). Foram analisadas a granulometria, química global e química por faixa do *undersize* proveniente da peneira e química do *oversize*. O *undersize* foi encaminhado para os testes de flotação em bancada para definir a melhor condição do teste (teste padrão), ou seja, melhor pH, melhor dosagem de coletor e depressor. Após definidas as melhores condições foram realizados testes de flotação em bancada, cinética de flotação, analisando-se no concentrado e no rejeito a química global e por faixa.

Na figura 4.2 é apresentada a sequência de realização dos testes.

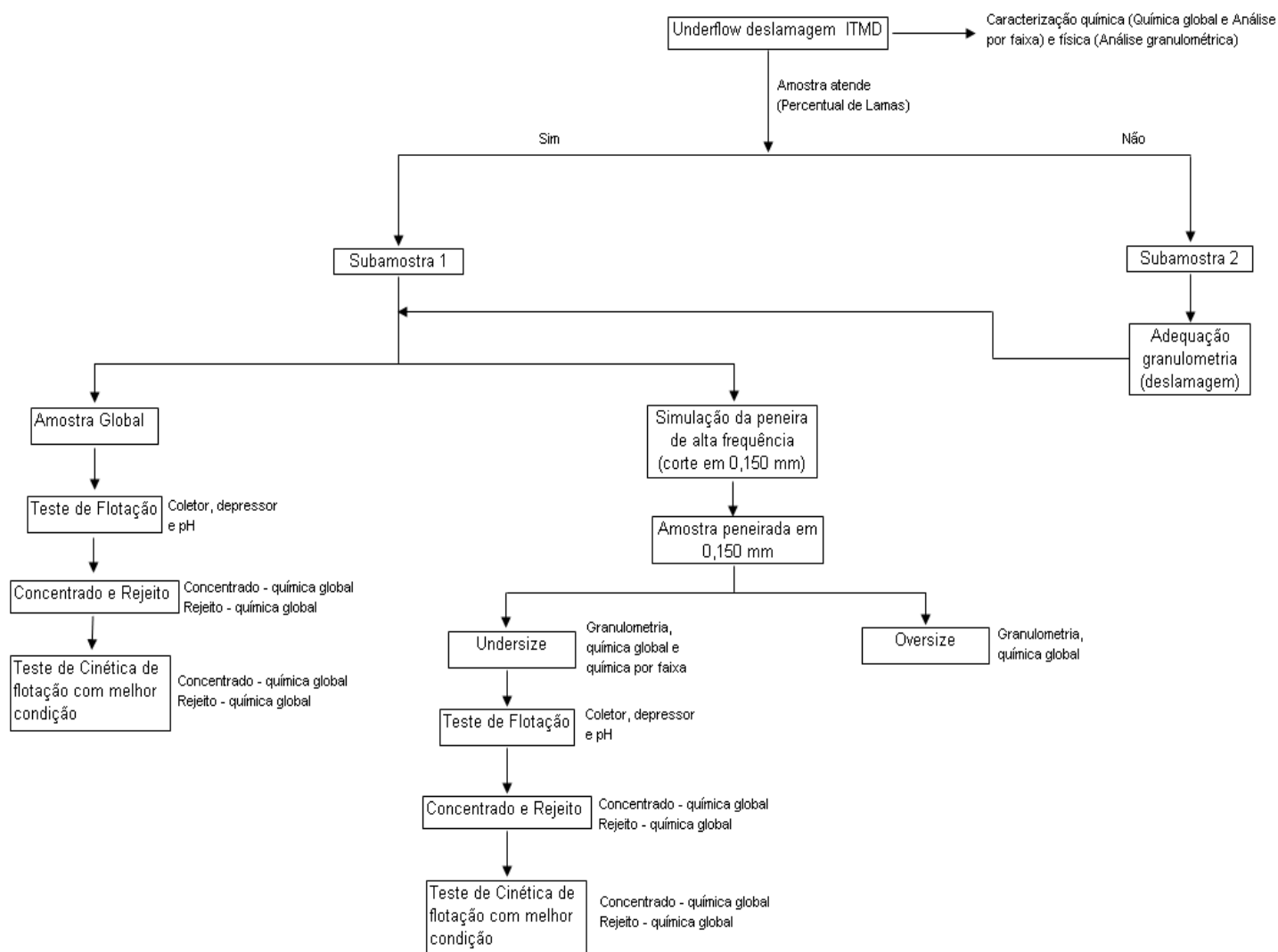


Figura 4.2 – Fluxograma de testes.

4.2.2 – Ensaios

Os ensaios foram executados seguindo o procedimento padrão (PROs) para análises granulométricas e ensaios de flotação do Centro Tecnológico de Ferrosos da VALE - CTF e as análises químicas foram realizadas no laboratório químico da VALE localizado no Complexo Mina Itabiritos - Mina do Pico.

4.2.2.1 – Análise granulométrica

O ensaio de peneiramento foi realizado em escala laboratorial utilizando conjunto de peneiras montadas em peneirador Manupen. O objetivo do peneiramento foi separar o material em frações de tamanhos, podendo assim identificar as partículas grosseiras de quartzo com tamanhos acima de 150 μm .

Para a realização dos ensaios laboratoriais de peneiramento foram obedecidos os seguintes procedimentos:

- foi montado o conjunto de peneiras no peneirador Manupen obedecendo à sequência em ordem crescente: Fundo; 37 μm ; 44 μm ; 53 μm ; 75 μm ; 105 μm ; 150 μm ; 210 μm e 300 μm . O peneiramento na faixa de 150 μm a 37 μm foi realizado a úmido e o sub peneiramento realizado em *cyclosizer*;
- foram retiradas as peneiras individualmente, transferindo-se a massa retida para as bandejas, que foram levadas a estufa com temperatura de $105 \pm 5^\circ \text{C}$ e posteriormente pesadas as massas retidas (MR) de cada fração;
- a análise granulométrica foi validada através do cálculo da diferença entre soma das massas das frações em relação a massa alimentada que não ultrapassou 2,5%, sendo o valor de referência para peneiramento a úmido 3% (ABNT NBR ISO 4701);

A figura 4.3 apresenta a foto do momento da pesagem das massas retidas de cada fração durante ensaio de análise granulométrica realizado no Centro de Tecnologia de Ferrosos da VALE (CTF).



Figura 4.3 – Momento da pesagem das massas retidas de cada fração durante ensaio de análise granulométrica realizado no Centro de Tecnologia de Ferrosos da VALE (CTF).

4.2.2.2 – Ensaio de Flotação

Os ensaios de flotação, em escala laboratorial, para definição da melhor condição, foram realizados com variação de dosagens de amina e amido.

Na tabela 4.1 é apresentada a matriz com as escolhas 1, 2 e 3 relativa às variáveis para determinação da(s) melhor(es) condições para realização do ensaio de cinética de flotação.

Tabela 4.1 – Matriz com as escolhas 1, 2 e 3 relativa às variáveis para determinação da melhor condição para ensaio de cinética de flotação

Variáveis	Escolha 1	Escolha 2	Escolha 3
Coletor	25 g/t	35 g/t	45 g/t
Depressor	500 g/t	700 g/t	900 g/t
pH	9,5	10,5	11,0

Assim foram realizados 124 ensaios conforme descrito abaixo:

- definição da melhor condição (ensaio padrão) = $27 \times 2 = 54$ (são 27 ensaios com duplicata);
- ensaio de flotação e cinética com a melhor condição = $4 \times 2 = 8$ (são 4 ensaios com duplicata);
- definição da melhor condição (ensaios padrão para a amostra com *scalping* de quartzo) *undersize* = $27 \times 2 = 54$ (são 27 ensaios com duplicata);
- ensaios de flotação e cinética com a melhor condição (ensaios padrão para a amostra com *scalping* de quartzo) *undersize* = $4 \times 2 = 8$ (são 4 ensaios com duplicata).

Os valores determinados na tabela 4.1 são relativos às variáveis escolhidas para a determinação do teste padrão. A escolha desses valores é justificada a seguir:

coletor: teor de SiO_2 na alimentação x dosagem de coletor na usina;

- Na prática industrial verifica-se que o teor de SiO_2 na alimentação varia em média entre 10% e 35% e a dosagem de coletor para essa faixa de SiO_2 varia em média entre 25g/t e 45g/t. Por isso foi feita a escolha conforme tabela 4.1;

depressor: teor de Fe na alimentação x dosagem de depressor na usina

- Na prática industrial verifica-se que o teor de Fe na alimentação varia em média entre 40% e 55% na alimentação e a dosagem de depressor para essa faixa de Fe varia em média entre 500g/t e 900g/t. Por isso foi feita a escolha conforme tabela 4.1.

pH: uma das principais propriedades dos compostos ionizáveis não tio dos quais fazem parte os derivados de amônia (aminas primárias e sais quartenários de amônio) é a propensão a hidrólise ou dissociação, governada pelo pH da solução, que afeta fortemente a atividade superficial através da predominância da espécie iônica ou da molecular. Assim como regra geral simplificada a forma iônica atua como coletor e a molecular como espumante. Em função desta propriedade foram escolhidos três valores de pH onde a amina apresenta tanto a forma iônica quanto a molecular conforme mostrado na figura 4.4 (Peres, 2001).

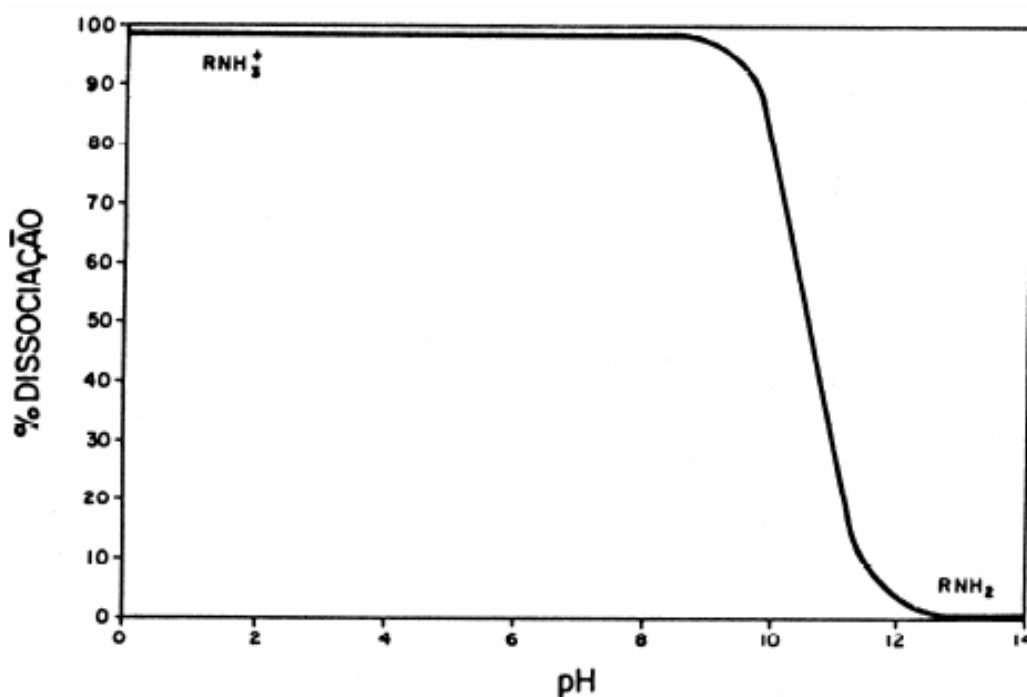


Figura 4.4 – Curva esquemática de dissociação para aminas primárias, em função do pH (Peres, 2001).

A preparação dos reagentes utilizados nos ensaios de flotação obedeceu aos seguintes procedimentos:

- todas as soluções foram preparadas com água destilada a temperatura ambiente;
- preparou-se a solução de soda adicionando NaOH (em lentilhas) a 2,5% em um béquer com água destilada. Com um bastão de vidro sob agitação toda a soda dissolveu-se. Foi completado com água destilada até que fosse atingido o volume desejado;
- preparou-se a suspensão de depressor a 10%, condicionando-a por 3 (três) minutos;
- adicionou-se a solução de soda preparada à suspensão de depressor preparada anteriormente para o processo de gelatinização, deixando no agitador magnético sob agitação;

- preparou-se o coletor em um béquer adicionando água destilada, deixando por 5 (cinco) minutos no agitador magnético. Foi completado com água destilada até que fosse atingido o volume desejado.

Para a realização dos ensaios laboratoriais de flotação foram obedecidos os seguintes procedimentos:

- foi calculado o volume de reagentes (depressor e coletor) juntamente com a quantidade de água a ser adicionada na cuba, para atingir a porcentagem de sólidos de 50%;
- a célula de flotação foi ligada sem pré-aeração com a rotação de 1500 rpm, esperou-se a polpa ficar homogênea. Mediu-se o pH inicial e adicionou-se o volume calculado de depressor. Condicionou-se por 5 minutos, mediu-se novamente o pH, com 2 minutos de condicionamento e ao final do tempo de condicionamento;
- corrigiu-se o valor de pH para o valor estipulado (pH final da flotação), adicionando NaOH 5%, se o pH na cuba estivesse abaixo do especificado ou HCl 5%, se o pH na cuba estivesse acima do especificado;
- adicionou-se a solução do coletor de uma vez e condicionou-se durante 1 minuto;
- preparou-se um volume de água destilada, para avolumar a polpa, com o pH que seria utilizado na flotação sempre quando foi necessário;
- abriu-se totalmente a aeração, coletando-se delicadamente a espuma, em bandejas, até a exaustão;
- o flotado e afundado colhidos foram secados a $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- foi realizada a pesagem dos produtos da flotação, flotado e afundado, e com os valores obtidos fechou-se o balanço de massa (% recuperação mássica);
- após a realização dos ensaios de flotação, as amostras obtidas foram encaminhadas para preparação e análise química.

A figura 4.5 apresenta foto dos momentos dos ensaios de flotação realizados no Centro de Tecnologia de Ferrosos da VALE (CTF).



Figura 4.5 – Momentos dos ensaios de flotação realizados no Centro de Tecnologia de Ferrosos da VALE (CTF).

A figura 4.6 apresenta foto de uma das amostras após ensaio de flotação e secagem.

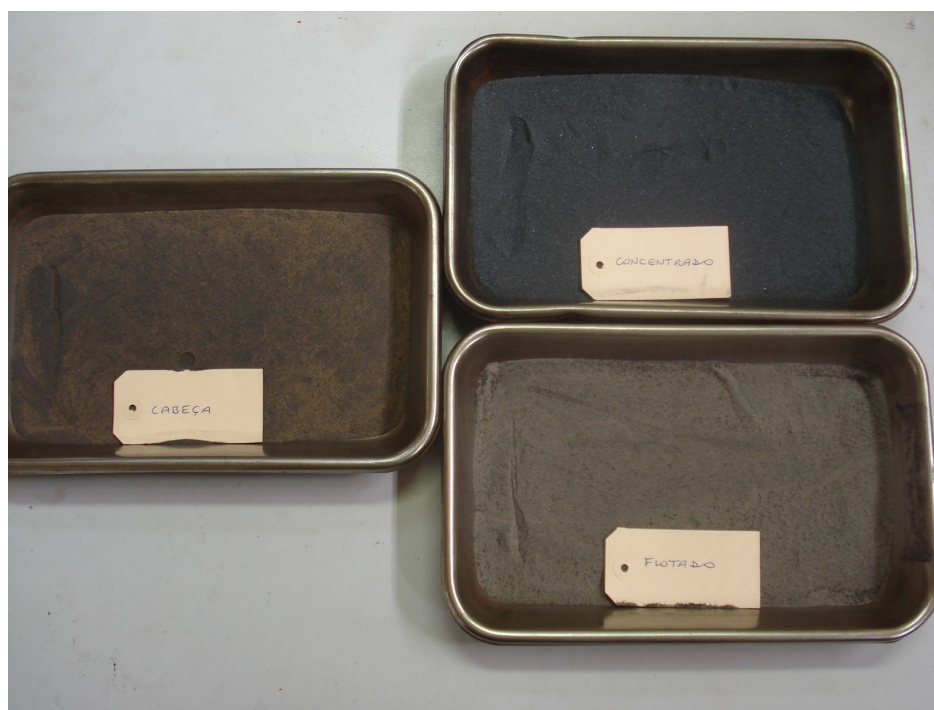


Figura 4.6 – Foto de uma das amostras após ensaio de flotação e secagem.

4.2.3 – Análise química

As análises químicas foram realizadas em laboratório químico da VALE localizado no Complexo Mina Itabiritos - Mina do Pico. O teor de ferro foi determinado por via úmida, através de dicromatometria, ou seja, titulação usando-se dicromato de potássio em solução e preparada por ataque ácido da amostra. Os demais teores foram determinados por um espectrômetro de plasma acoplado indutivamente, da marca SPECTRO, modelo SPECTROFLAME, através da fusão da amostra com uma mistura 2 + 1 de carbonato de sódio + tetraborato de sódio e posterior dissolução em ácido clorídrico.

A figura 4.7 apresenta foto das amostras embaladas e identificadas após realização dos ensaios de flotação.



Figura 4.7 – Amostras embaladas e identificadas após ensaios de flotação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados e discutidos neste capítulo os resultados encontrados nos testes realizados, dentre eles tem-se:

- a distribuição granulométrica e química por faixa considerando ou não as peneiras de desbaste;
- a flotação englobando a dosagem de reagente, o resultado do teor de sílica no concentrado, IS (índice de seletividade), RM (recuperação mássica), RFe (recuperação metálica do ferro) e ES (eficiência de separação). As definições destes parâmetros de avaliação são encontradas no formulário de siglas.

5.1 – Caracterização física e química da amostra global e da amostra peneirada em 0,150mm, simulando o *scalping* antes da alimentação da flotação

As amostras, divididas conforme fluxograma mostrado na figura 4.2, foram caracterizadas física e quimicamente através de análise granulométrica, análise química global e por faixa buscando conhecer a distribuição dos elementos presentes.

5.1.1 – Amostra Global

5.1.1.1 – Análise Granulométrica

Os resultados da distribuição granulométrica da amostra global, tabela 5.1 e figura 5.1, mostram que não há presença significativa de lamas (<0,090 mm) e partículas grossas (> 0,150 mm), respectivamente 2,70% e 2,57%.

A partir do percentual de lama obtido na análise granulométrica da amostra global definiu-se que a sub-amostra 2 não seria processada, pois este percentual não é considerado prejudicial.

Tabela 5.1 – Análise granulométrica do *underflow* dos ciclones da deslamagem do concentrador ITM-D da Mina do Pico obtida por peneiramento e cyclosizer

Amostra	Densidade de Cabeça (g/cm ³):		4,25
	% umidade :		11,74
Abertura (mm)	% Retida Simples	% Retida Acumulada	% Passante
0,300	0,03	0,03	99,97
0,210	0,62	0,65	99,35
0,150	1,92	2,57	97,43
0,106	8,78	11,35	88,65
0,075	13,96	25,31	74,69
0,053	22,52	47,83	52,17
0,045	11,79	59,62	40,38
0,038	15,36	74,98	25,02
0,0300	2,48	77,46	22,54
0,0217	10,76	88,22	11,78
0,0164	6,73	94,95	5,05
0,0113	2,00	96,95	3,05
0,009	0,35	97,30	2,70
-0,009	2,70	100,00	0,00

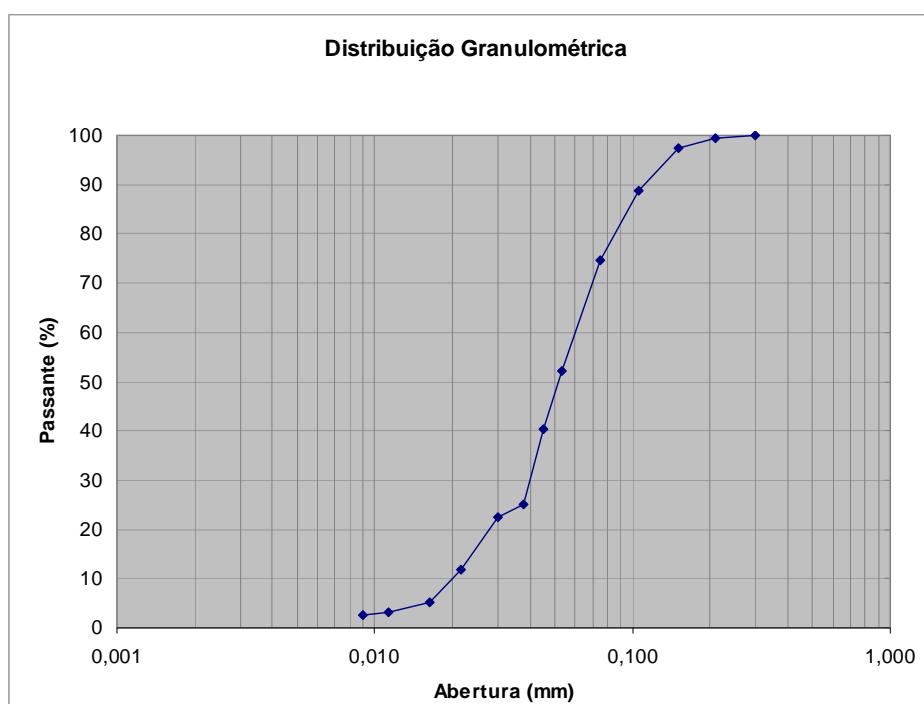


Figura 5.1 - Curva Granulométrica da amostra global.

5.1.1.2 - Análise química por faixa

Os resultados da análise química global e por faixa da amostra são apresentados na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Análise química por faixa do *underflow* dos ciclones da deslamagem do concentrador ITM-D da Mina do Pico

Abertura (mm)	% R. Simples	Teores								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
0,210	0,65	11,26	82,10	0,910	0,018	0,863	0,062	0,045	0,040	0,90
0,150	1,92	10,65	83,10	0,290	0,010	0,229	0,051	0,031	0,012	0,27
0,106	8,78	21,27	71,20	0,160	0,010	0,080	0,054	0,024	0,013	0,21
0,075	13,96	36,47	48,35	0,160	0,010	0,140	0,064	0,030	0,019	0,24
0,053	22,52	52,00	25,33	0,120	0,010	0,100	0,059	0,032	0,021	0,22
0,045	11,79	60,01	13,38	0,120	0,010	0,105	0,059	0,030	0,023	0,27
0,038	15,36	64,46	7,29	0,120	0,010	0,085	0,054	0,026	0,022	0,18
0,0217	13,24	69,02	0,72	0,100	0,010	0,067	0,060	0,026	0,022	0,19
-0,0217	11,78	62,11	9,60	0,390	0,018	0,300	0,064	0,028	0,034	0,51
	Global Calculada	52,38	24,75	0,17	0,011	0,129	0,059	0,029	0,022	0,26
	Global Analisada	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24

Na tabela 5.2, verifica-se que 2,57% da amostra está retida em 0,150 mm e este percentual de massa contém elevado teor de sílica, 82,85%. Considerando, como exemplo, uma usina com 4 Mt/ano de alimentação, este percentual representaria aproximadamente 102.000 t de material com teor de sílica de 82,85% sendo alimentado na flotação.

A figura 5.2 mostra a distribuição dos elementos por faixa. Observa-se que os teores de Fe estão distribuídos preferencialmente nas frações mais finas (abaixo de 0,075mm) e a sílica preferencialmente na fração mais grossa (acima de 0,075 mm) estando 8,6 % distribuído nas malhas acima 0,150 mm.

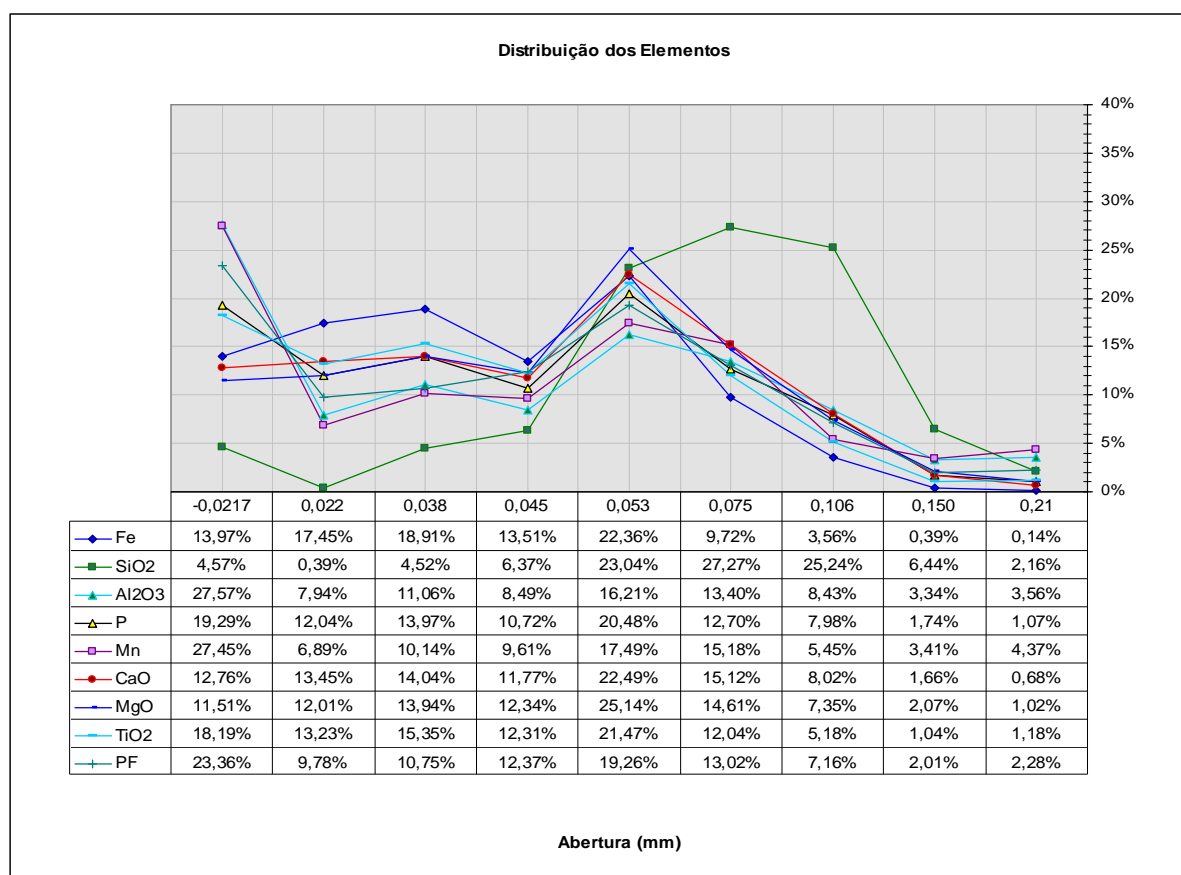


Figura 5.2 – Distribuição dos elementos químicos por faixa na amostra do *underflow* dos ciclones concentrador ITM-D da Mina do Pico.

5.1.2 – Amostra peneirada em 0,150 mm

5.1.2.1 - Análise granulométrica

A distribuição granulométrica do *undersize* do peneiramento em 0,150 mm da amostra global é apresentado na tabela 5.3 e figura 5.3, onde observa-se que o percentual de lama (<0,090 mm), como esperado, ainda é baixo sendo de 2,46%.

Tabela 5.3 – Análise granulométrica da amostra peneirada em 0,150 mm

Amostra	Densidade de Cabeça (g/cm ³):		4,29
	% umidade :		6,50
Abertura (mm)	% Retida Simples	% Retida Acumulada	% Passante
0,300	0,00	0,00	100,00
0,210	0,00	0,00	100,00
0,150	0,00	0,00	100,00
0,106	9,01	9,01	90,99
0,075	14,33	23,34	76,66
0,053	23,11	46,45	53,55
0,045	12,10	58,55	41,45
0,038	15,77	74,32	25,68
0,0300	2,54	76,86	23,14
0,0217	11,05	87,91	12,09
0,0164	6,91	94,82	5,18
0,0113	2,05	96,87	3,13
0,009	0,36	97,23	2,77
-0,009	2,77	100,00	0,00

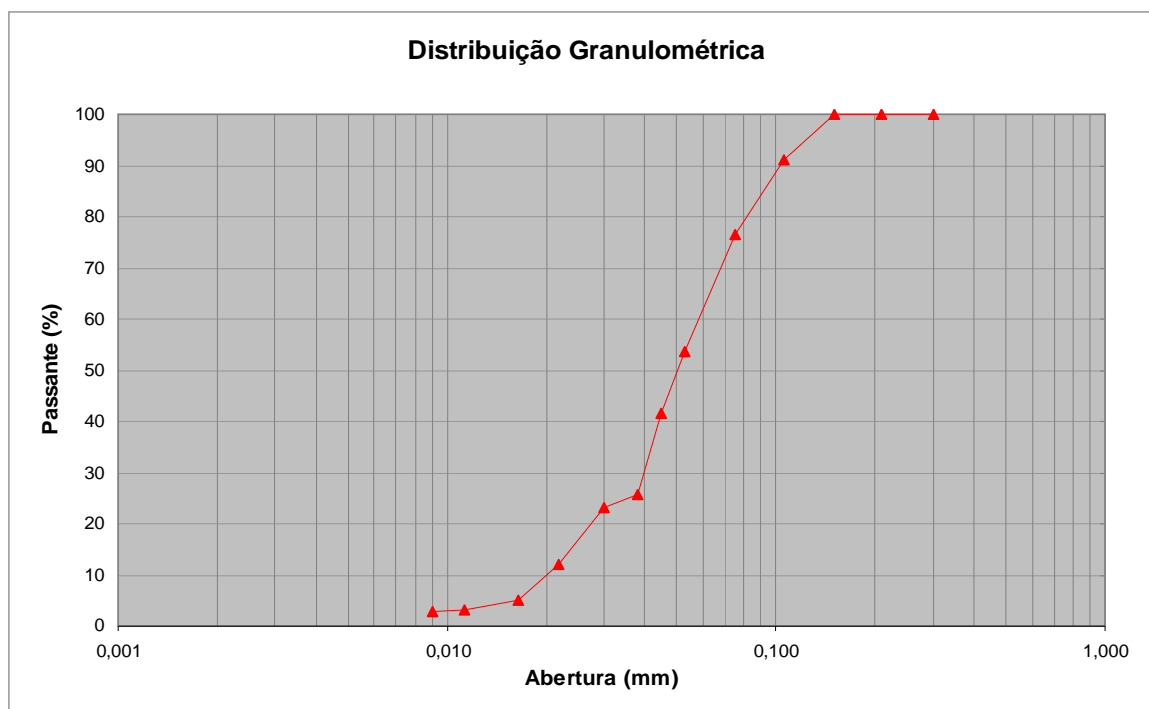


Figura 5.3 - Curva Granulométrica da amostra peneirada em 0,150 mm.

5.1.2.2 - Análise química por faixa

Os resultados da análise química global e por faixa da amostra peneirada em 0,150mm são apresentados na tabela 5.4 e a distribuição dos elementos pode ser vista na figura 5.4.

Tabela 5.4 – Análise química por faixa da amostra peneirada em 0,150mm

Abertura (mm)	% R. Simples	Teores								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
0,106	7,44	21,20	67,35	0,160	0,010	0,064	0,010	0,010	0,017	0,21
0,053	19,00	50,60	29,27	0,120	0,010	0,085	0,010	0,010	0,019	0,22
0,045	14,79	59,70	15,03	0,120	0,010	0,083	0,010	0,010	0,020	0,27
0,038	10,29	63,60	8,55	0,120	0,010	0,082	0,010	0,010	0,014	0,18
0,0217	16,45	69,00	0,83	0,100	0,010	0,061	0,010	0,020	0,016	0,19
-0,0217	17,49	63,70	8,61	0,230	0,013	0,137	0,029	0,020	0,032	0,20
Global Calculada		54,38	22,34	0,14	0,011	0,087	0,013	0,013	0,020	0,22
Global Analisada		53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22

A figura 5.4 mostra que a distribuição da SiO₂ é maior nas frações acima de 0,045mm.

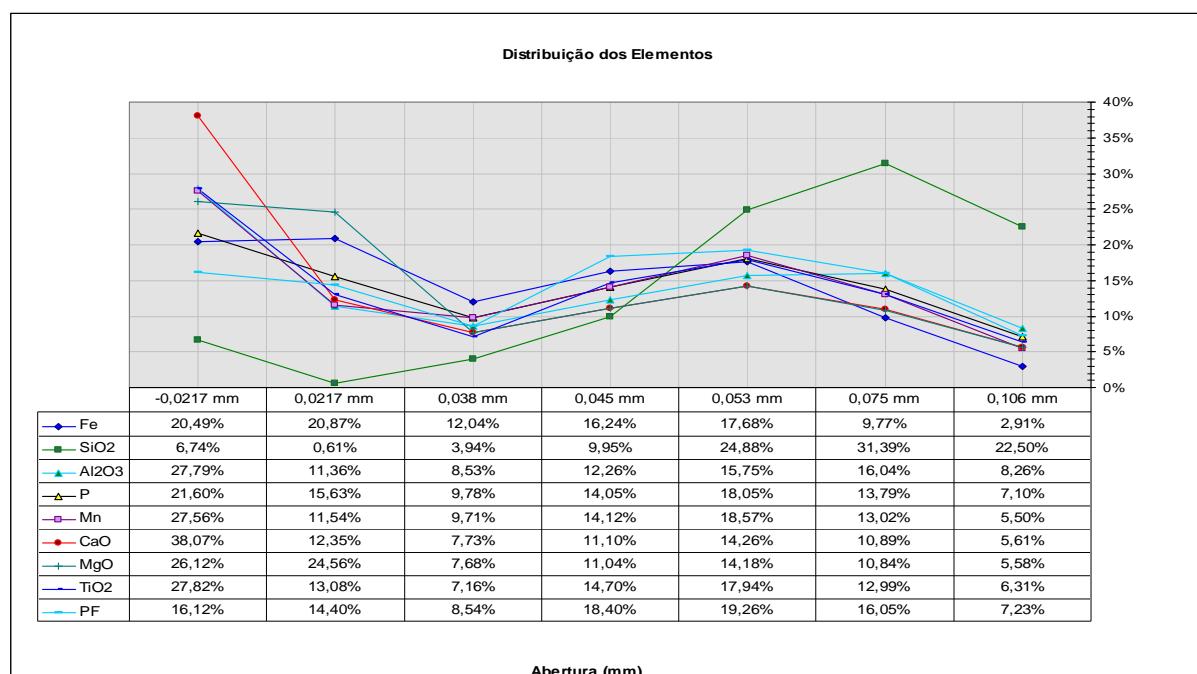


Figura 5.4. – Distribuição dos elementos químicos por faixa do *underflow* dos ciclones da deslamagem do concentrador ITM-D da Mina do Pico, após peneiramento em 0,150mm.

A tabela 5.5 mostra a análise química do *oversize* da amostra global peneirada em 0,150mm. Estes resultados mostram que esta massa apresenta baixo teor de Fe podendo ser considerada rejeito. Logo não foi avaliada nenhuma rota para sua concentração.

Tabela 5.5 – Análise química do *oversize* do peneiramento em 0,150 mm

Amostra	Teores								
	Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
Oversize do peneiramento em 0,150 mm	10,80	82,85	0,45	0,012	0,390	0,054	0,035	0,019	0,43

5.2 – Ensaio de flotação em escala de bancada

Foram realizados ensaios de flotação em duplicata variando pH, dosagem de coletor e dosagem de depressor para cada amostra avaliada. O objetivo desses ensaios é avaliar a dosagem de coletor e depressor sugerida na metodologia bem como o comportamento das duas amostras sob as mesmas condições, além de identificar diferenças significativas nos teores de sílica dos concentrados obtidos a partir das amostras sem e com peneiramento em 0,150mm que simulou a instalação de peneiras desbastadoras antes da alimentação da flotação.

5.2.1 – Amostra Global

O resumo dos ensaios de bancada realizados com a amostra global nas condições estabelecidas na metodologia são apresentados a seguir.

As figuras 5.5, 5.6 e 5.7 mostram as correlações entre os teores de SiO₂ no concentrado, Fe no rejeito e a dosagem de coletor para diferentes valores de pH. Os resultados completos dos ensaios são apresentados no anexo 1.

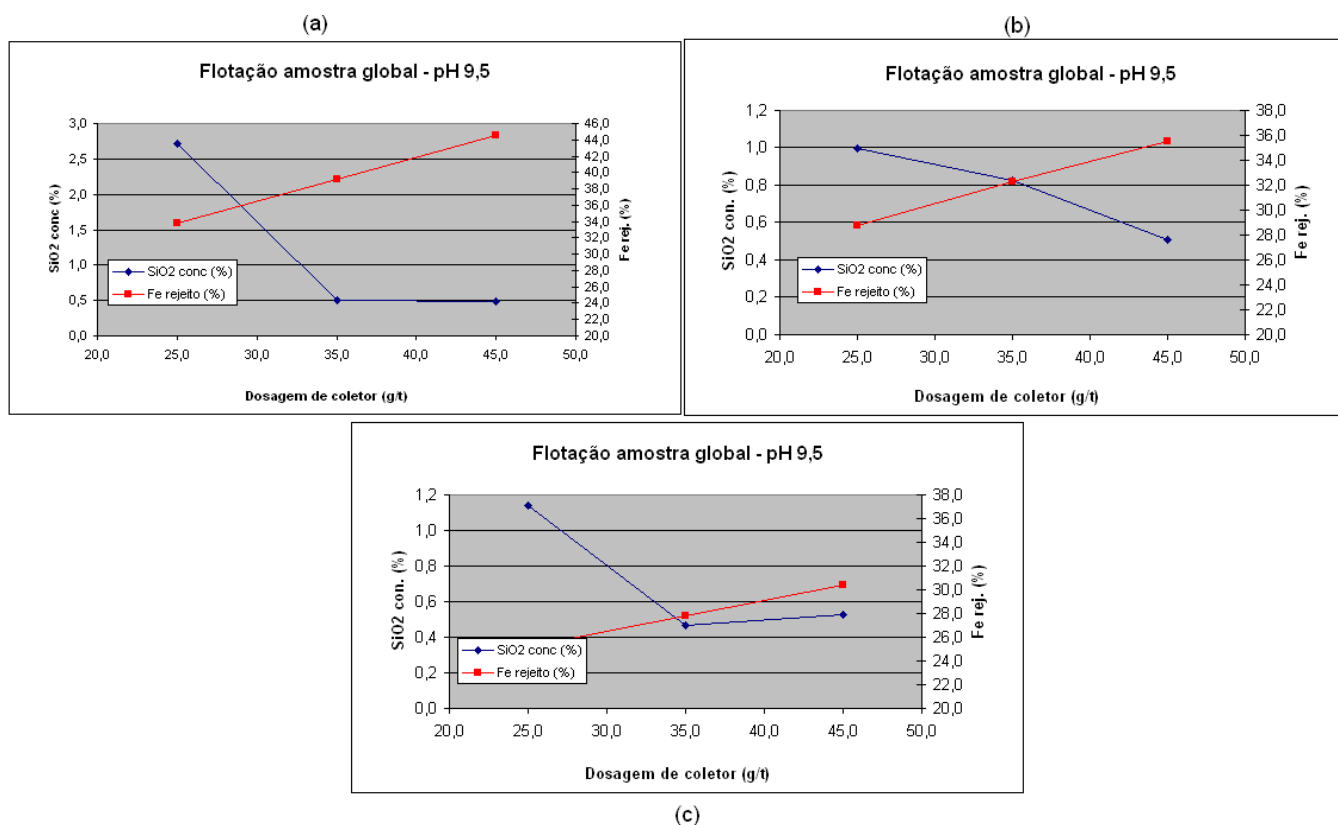


Figura 5.5 - Amostra Global: Dosagem de coletor x teor SiO₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor Fe no rejeito em pH 9,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

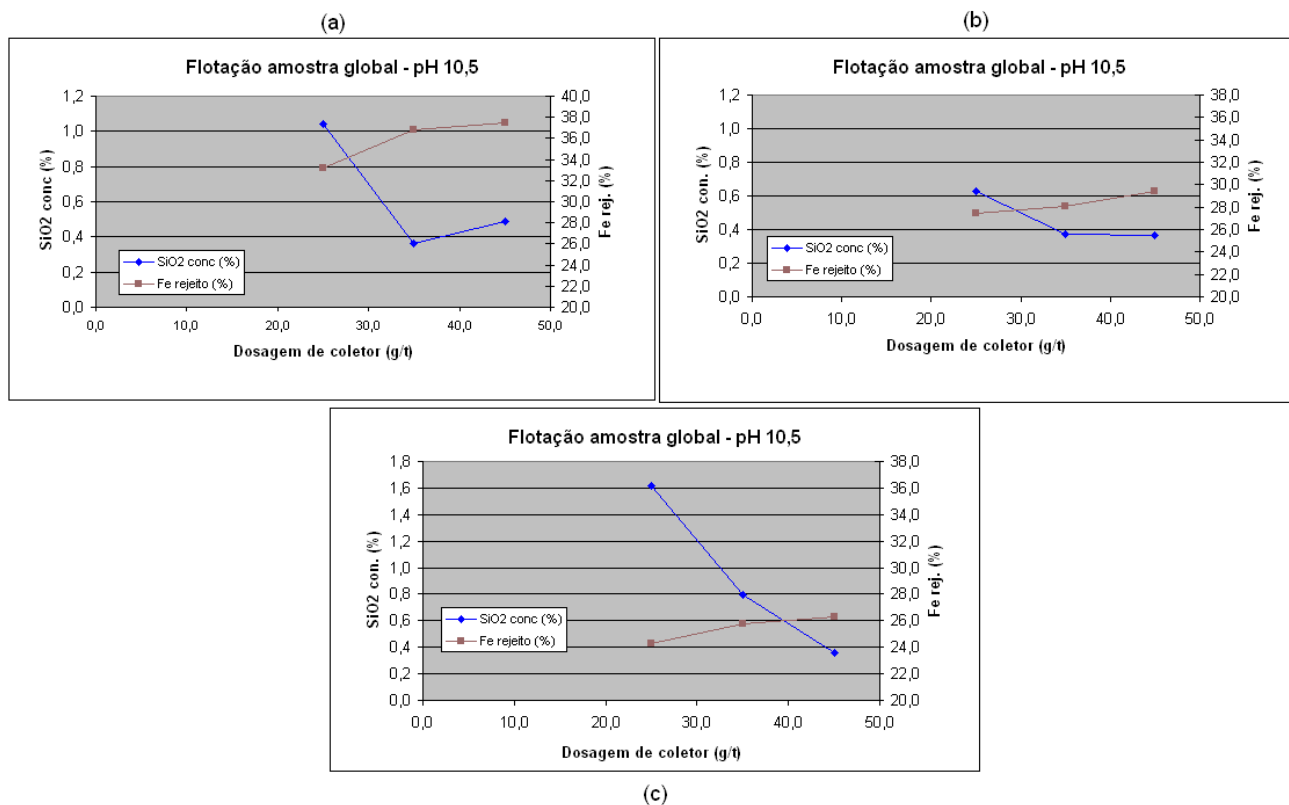


Figura 5.6 - Amostra Global: Dosagem de coletor x teor de SiO₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor de Fe no rejeito em pH 10,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

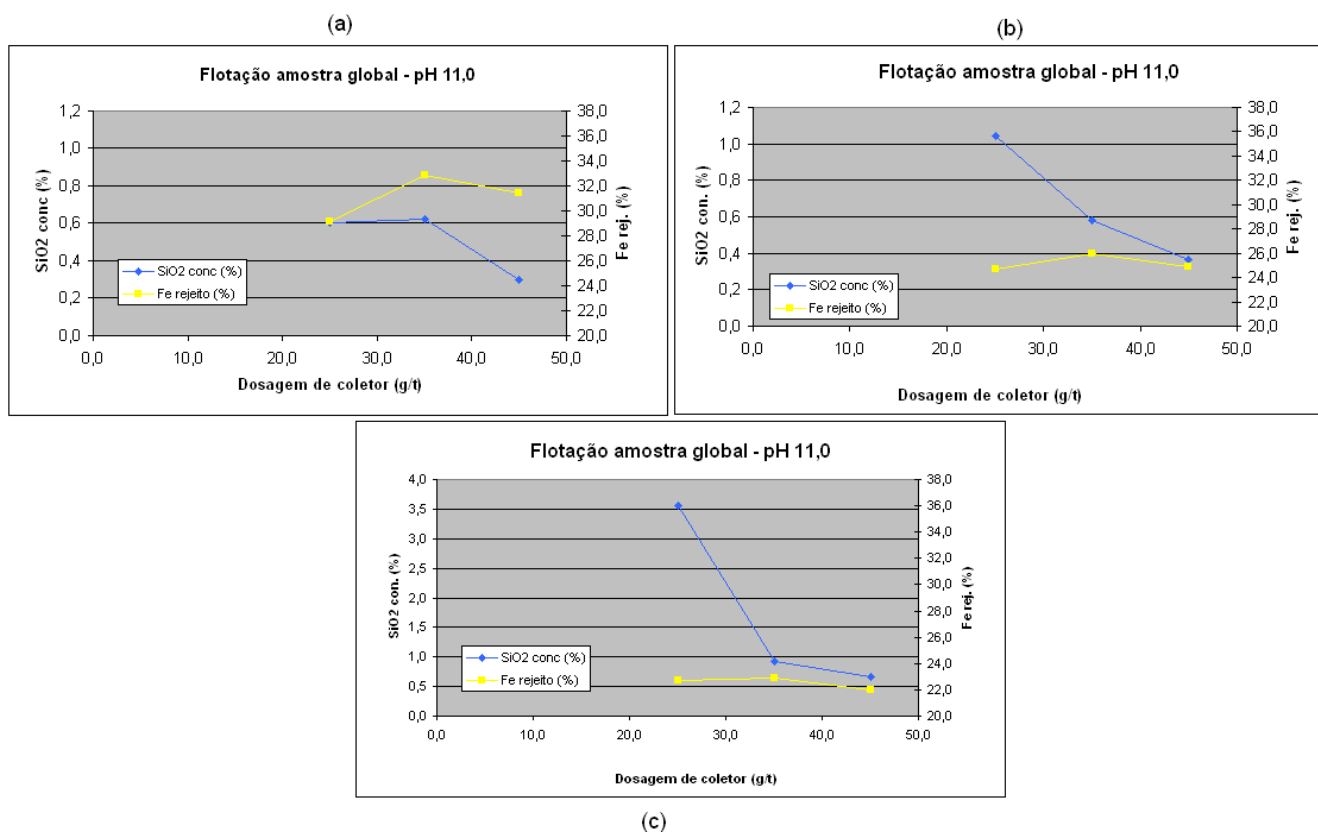


Figura 5.7 - Amostra Global: Dosagem de coletor x teor de SiO₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor de Fe no rejeito em pH 11,0. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

Os menores teores de SiO₂ nos concentrados (próximo de 1,0%) foram obtidos com as dosagens de 35 e 45 g/t de amina para quaisquer valores de pH. Os maiores teores de SiO₂ nos concentrados obtidos com a dosagem de amina de 25 g/t, podem estar associados à influência da concentração dos reagentes no sistema. Verifica-se, também, que os menores teores de Fe no rejeito foram obtidos em pH 11,0 para quaisquer dosagens de coletor.

As figuras 5.8, 5.9 e 5.10 mostram a correlação entre Índice de Seletividade (IS), Recuperação Metálica (Rec Fe) e dosagem de coletor para diferentes valores de pH.

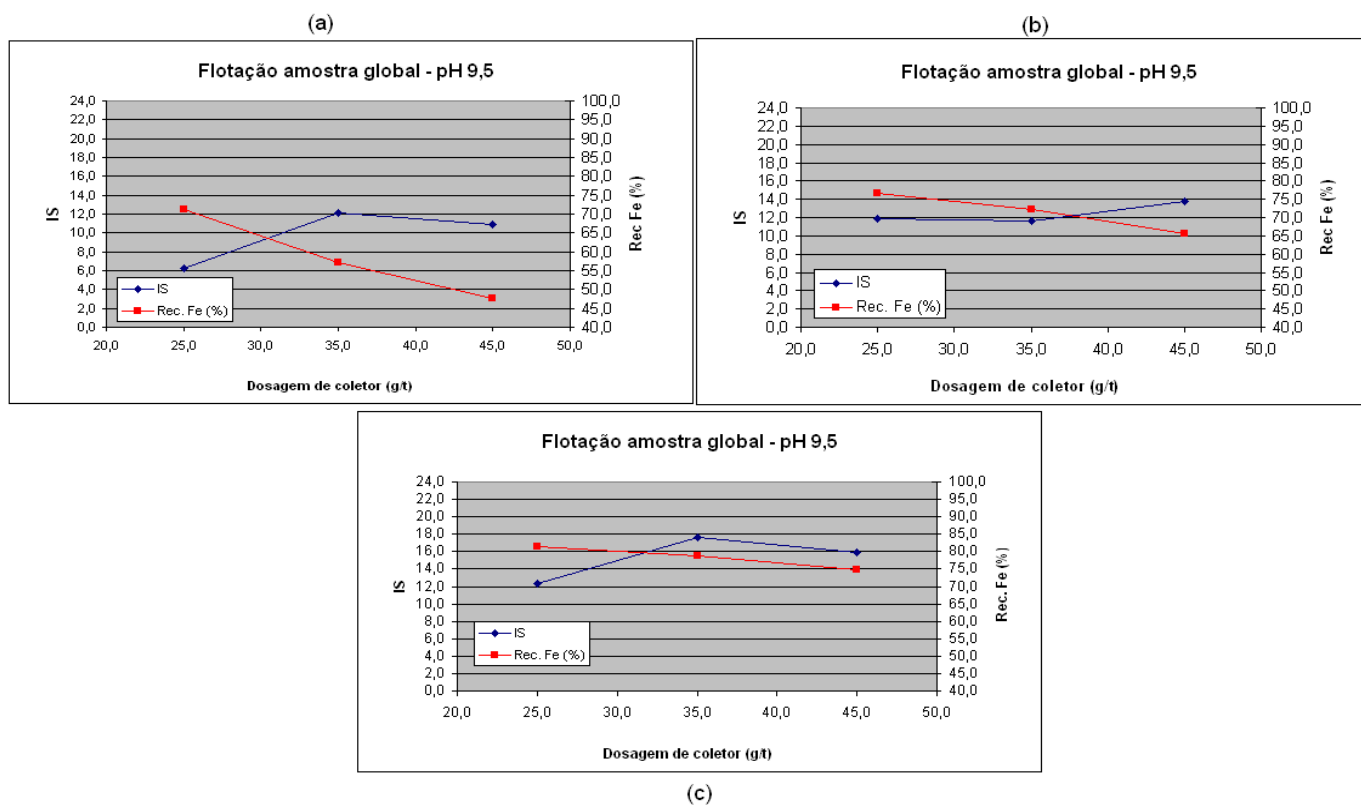


Figura 5.8 - Amostra Global: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 9,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

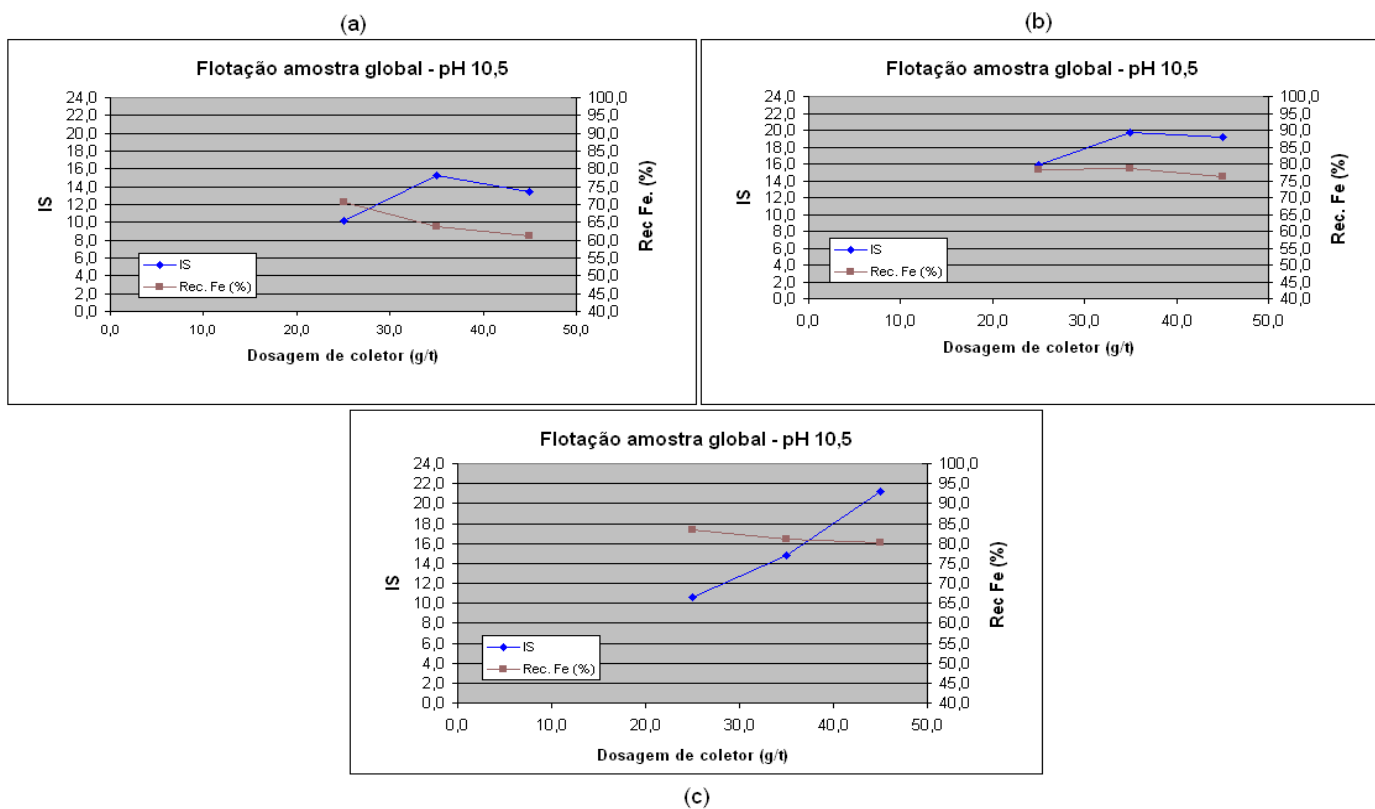


Figura 5.9 - Amostra Global: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 10,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

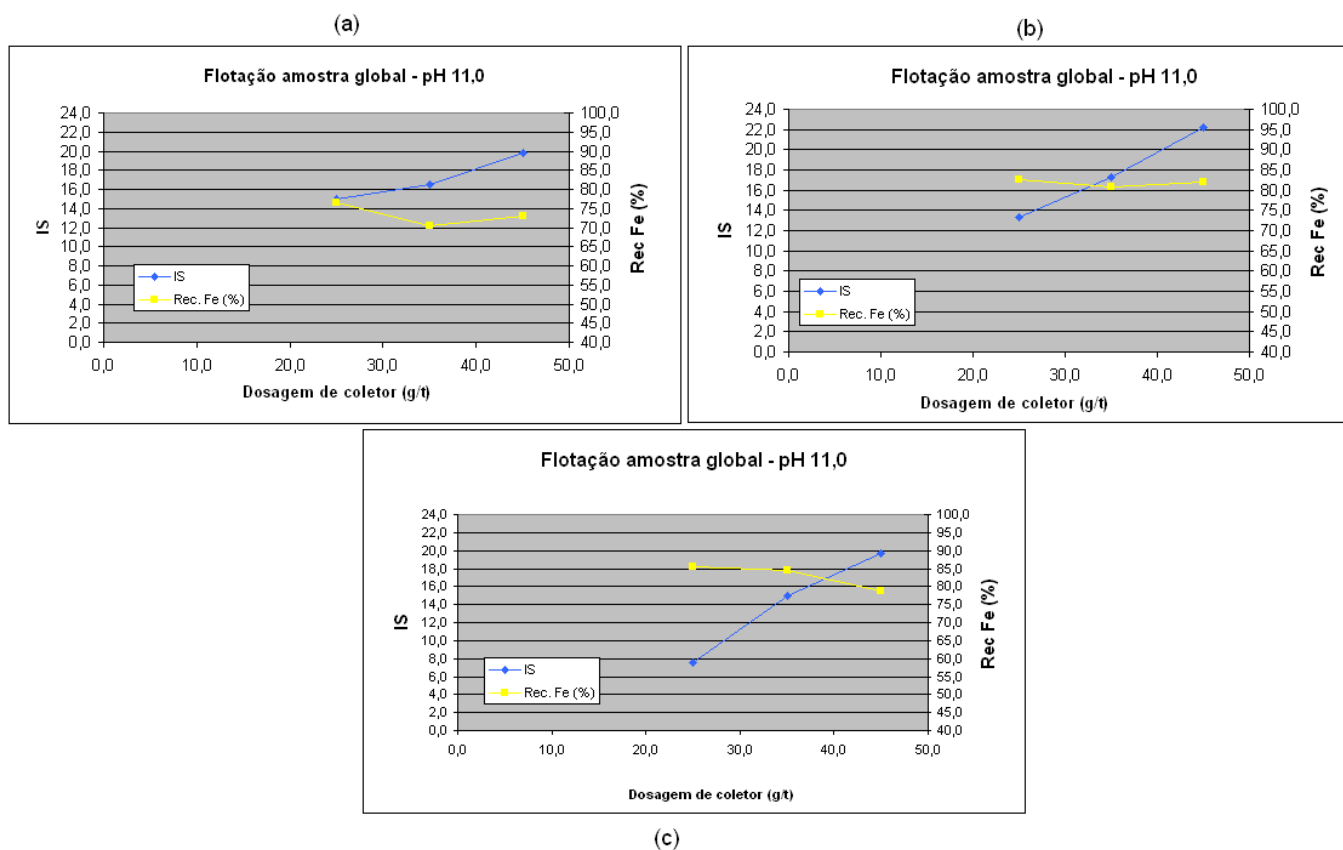


Figura 5.10 - Amostra Global: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 11,0. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

Os índices de seletividade obtidos foram maiores nas dosagens de 35 e 45 g/t de amina, confirmando os menores teores de SiO_2 nessas dosagens.

A figura 5.11 apresenta as correlações entre dosagens de coletor e Eficiência de Separação nos três valores de pH avaliados.

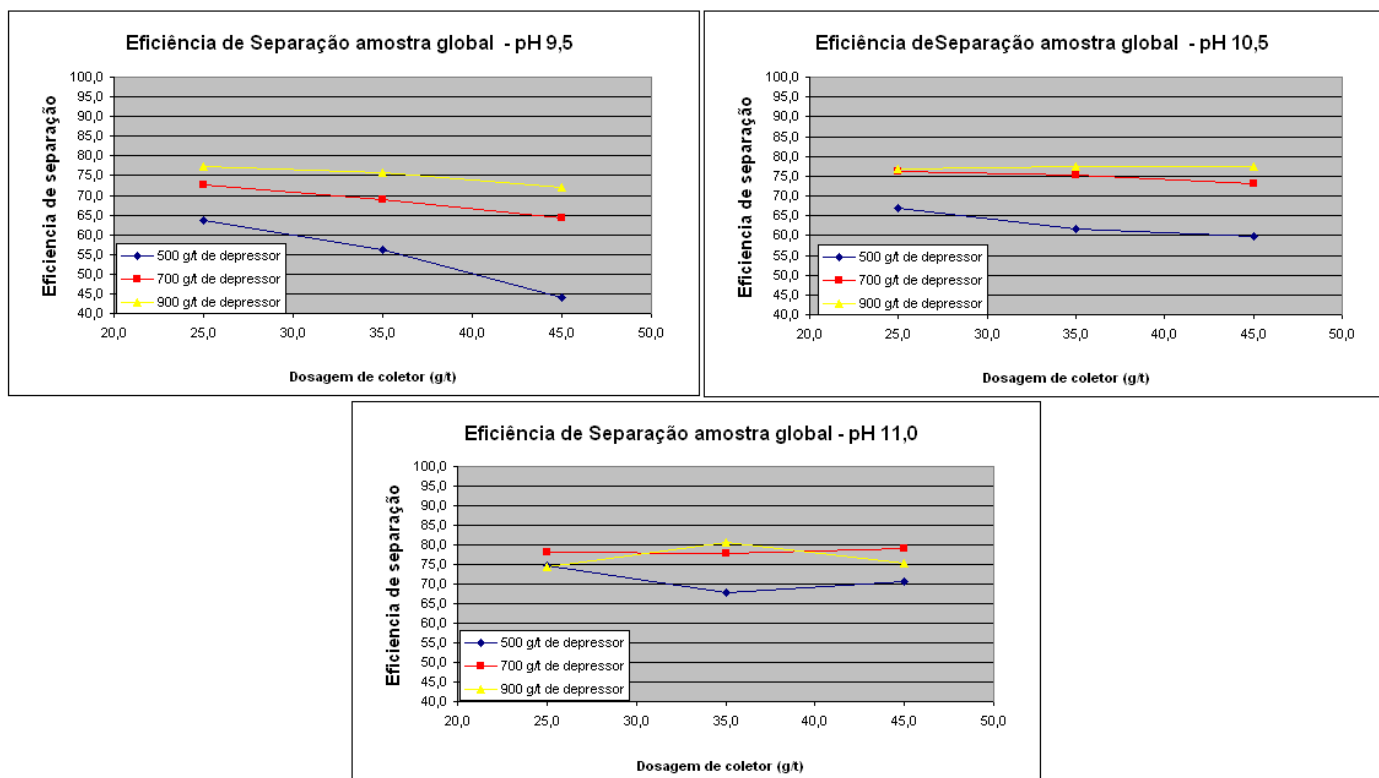


Figura 5.11 – Amostra Global: Dosagem de coletor x Eficiência Separação.

Verifica-se que a eficiência de separação atinge um valor máximo e começa a decrescer com o aumento da dosagem de amina até um determinado valor, estabilizando-se em seguida. Não foi verificada a dosagem de estabilização no conjunto de dados avaliados, todavia, para a dosagem de 900 g/t em pH 10,5, verifica-se que não houve variação nos resultados da eficiência.

5.2.2 – Amostra Peneirada em 0,150 mm

Para os ensaios realizados com a amostra peneirada em 0,150mm foram também avaliadas e plotadas as correlações entre os teores de SiO_2 no concentrado, Fe no rejeito, Índice de Seletividade (IS), Recuperação Metálica (Rec Fe), Eficiência de separação (ES) e a dosagem de coletor para os três níveis de pH avaliados.

Os resultados resumidos desses ensaios são apresentados nas figuras 5.12, 5.13 e 5.14. Os resultados completos dos ensaios são apresentados no anexo 2.

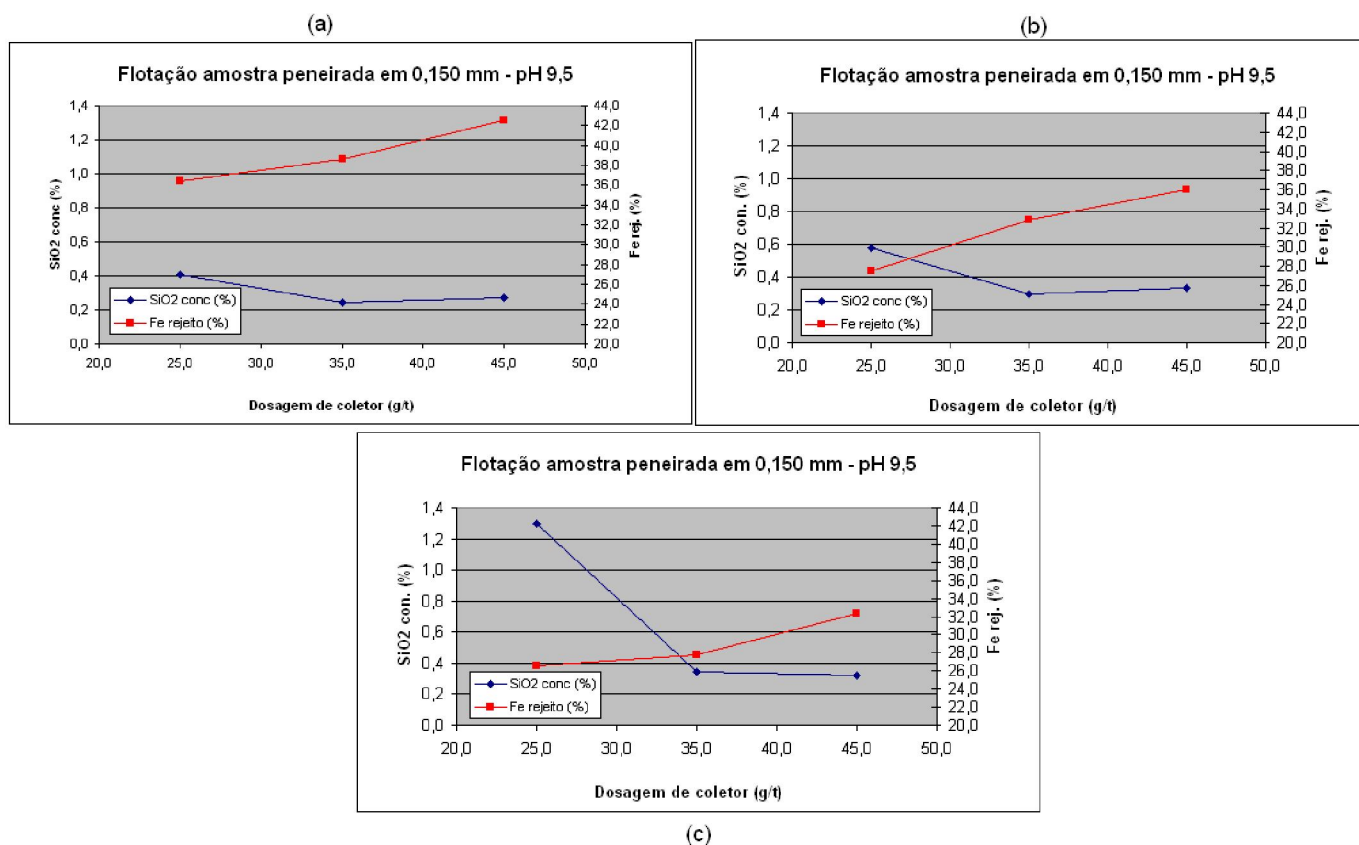


Figura 5.12 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x teor SiO₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor Fe no rejeito em pH 9,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

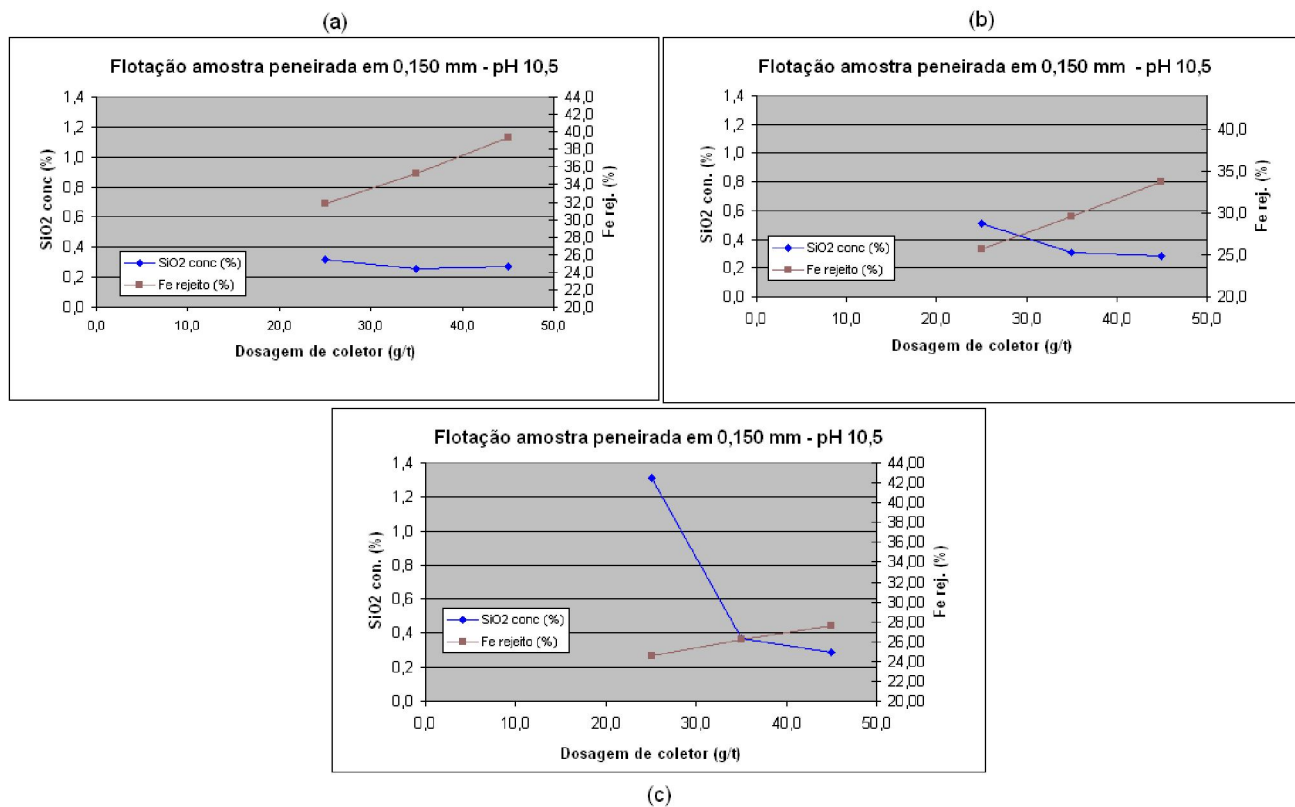


Figura 5.13 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x teor de SiO₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor de Fe no rejeito em pH10,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

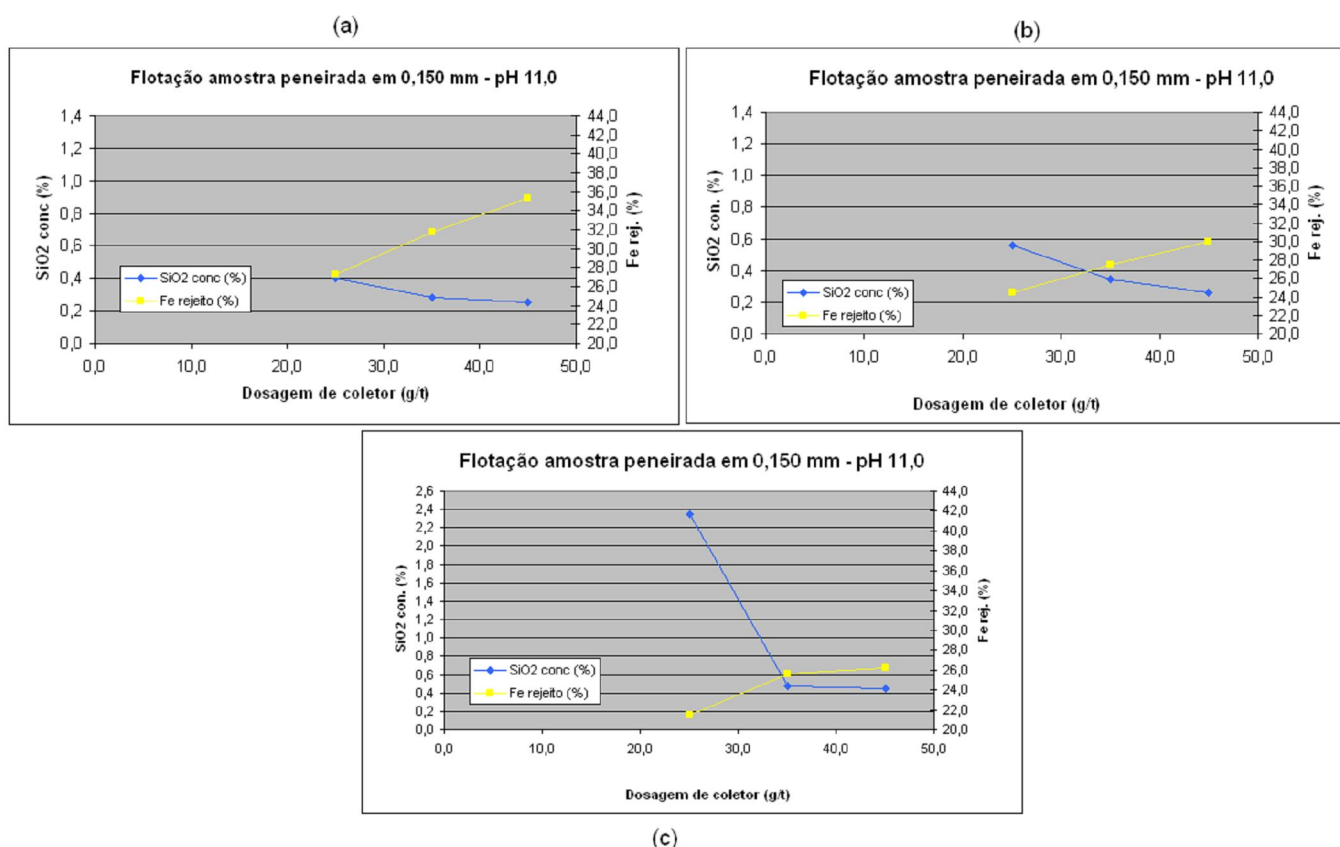


Figura 5.14 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x teor de SiO₂ no concentrado e dosagem de coletor x teor de Fe no rejeito em pH 11,0. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

Observa-se que foram obtidos teores de SiO₂ no concentrado muito próximos em todos os ensaios, exceto aqueles com dosagem de 25 g/t de amina e dosagem 900 g/t de depressor. Verifica-se, também, que teores de Fe no rejeito aumentaram com a dosagem de coletor.

As figuras 5.15, 5.16 e 5.17 mostram a correlação entre Índice de Seletividade (IS), Recuperação Metálica (Rec Fe) e dosagem de coletor.

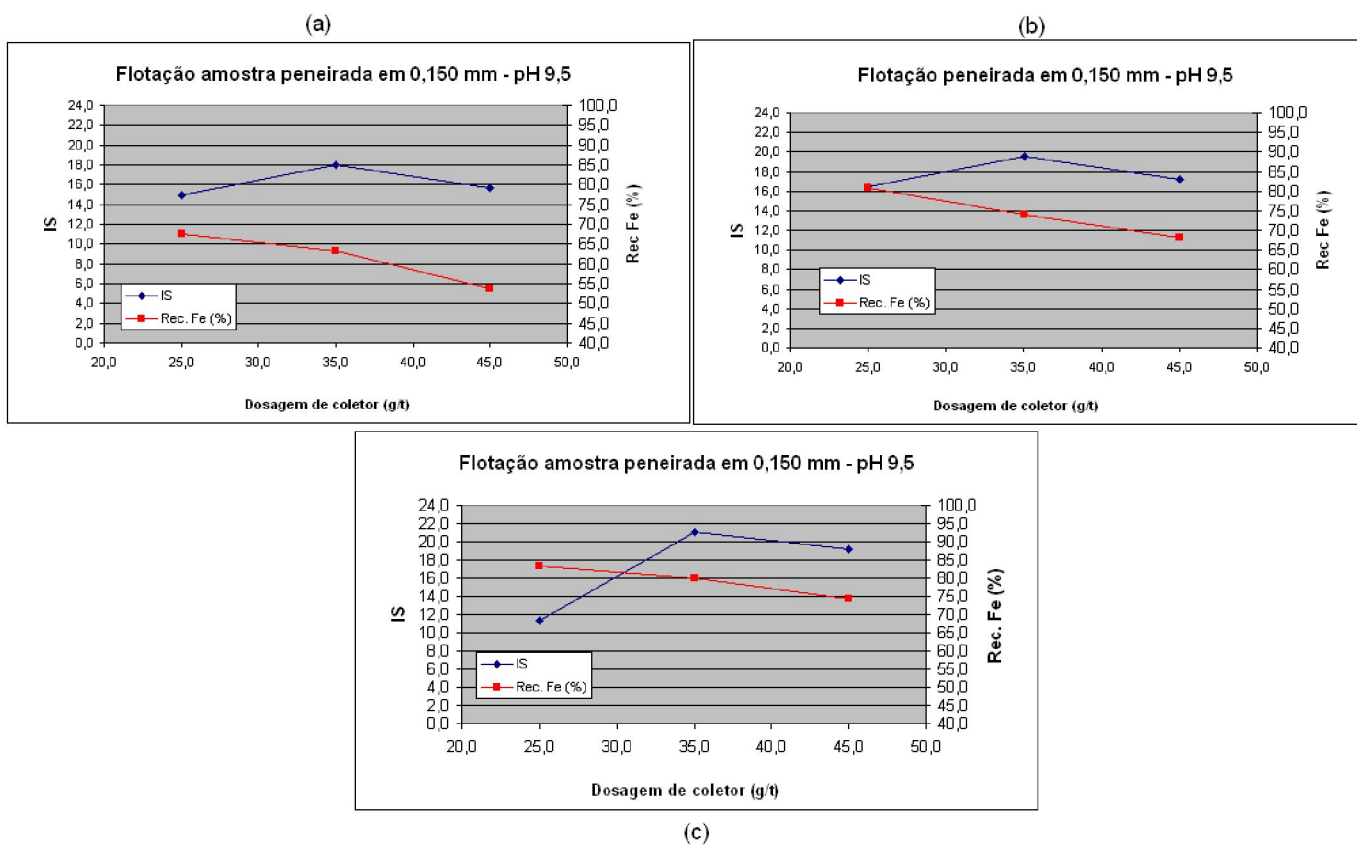


Figura 5.15 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 9,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

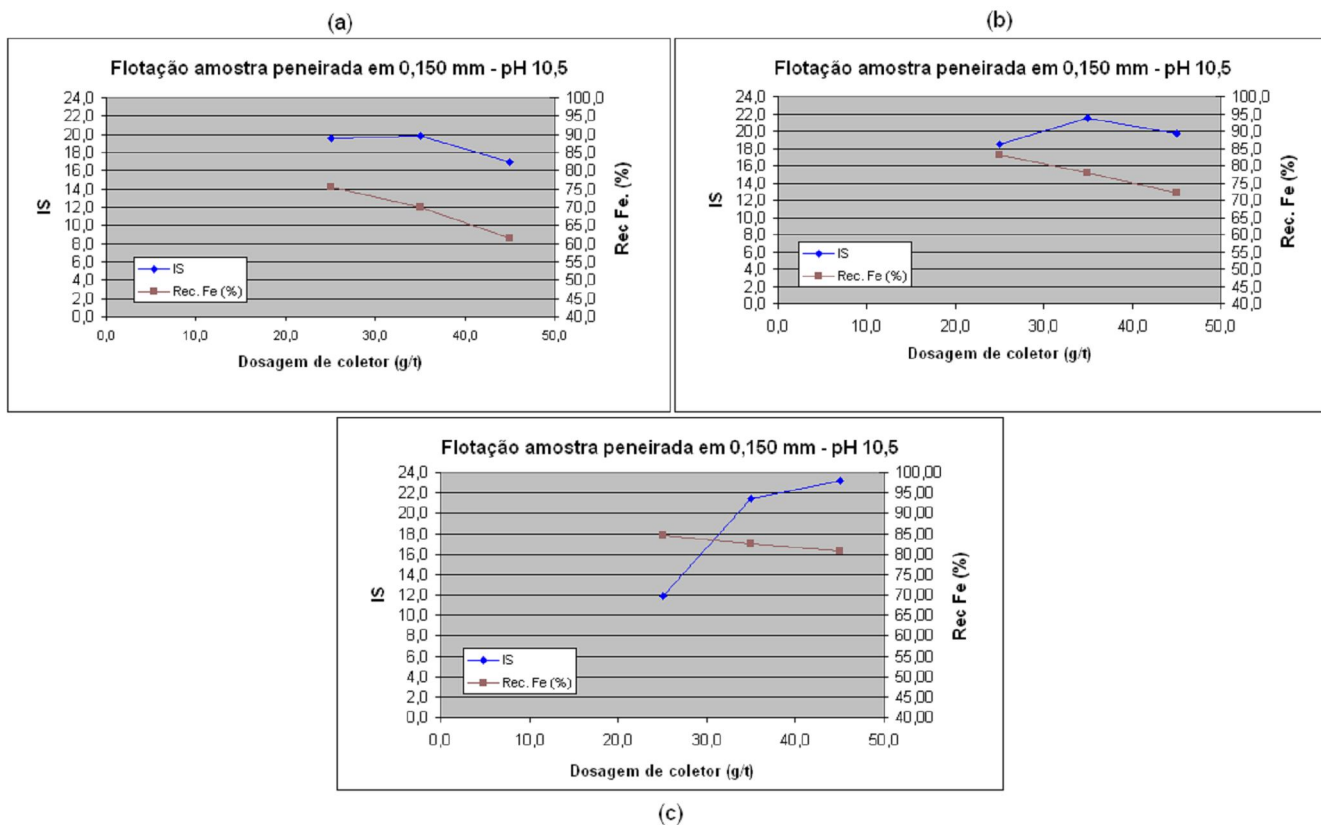


Figura 5.16 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 10,5. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

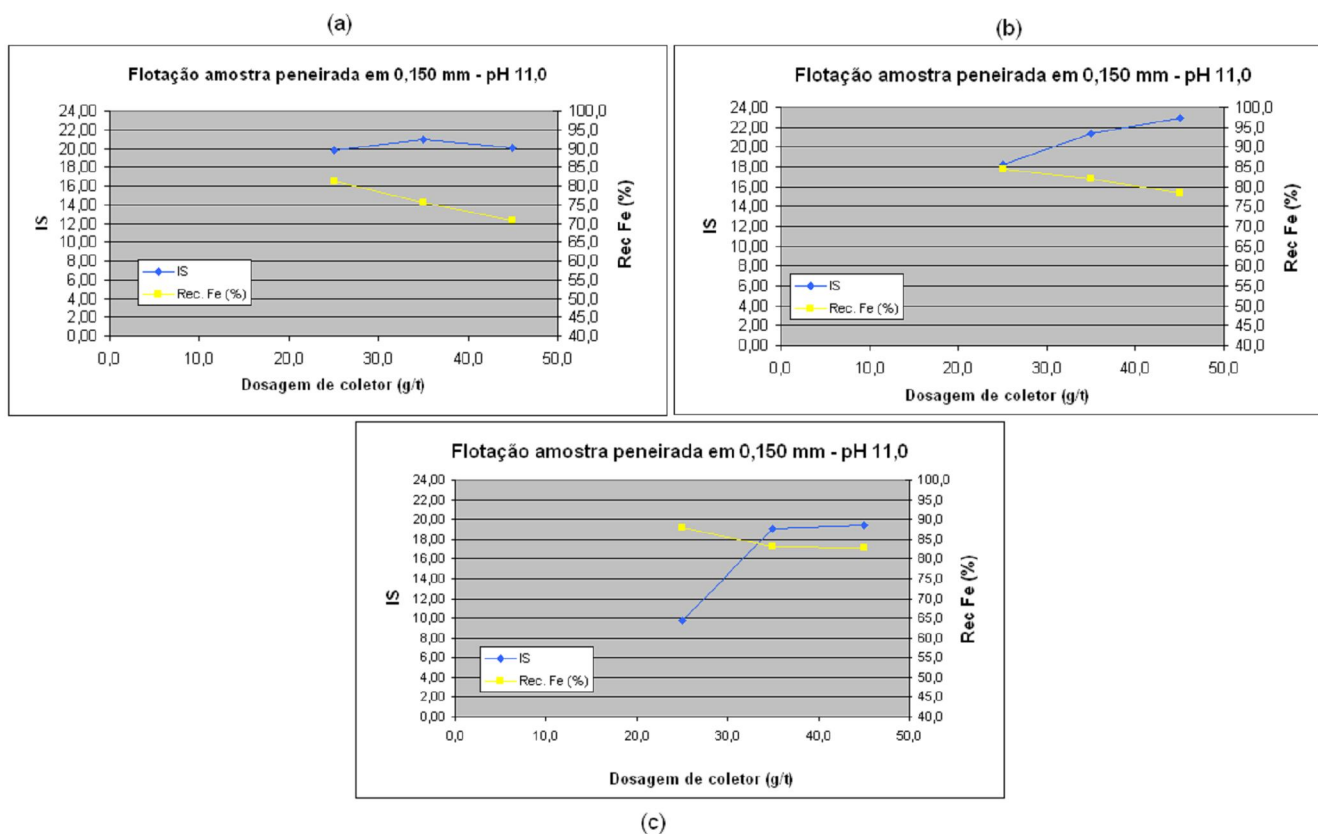


Figura 5.17 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x IS e dosagem de coletor x Rec Fe em pH 11,0. (a) dosagem de depressor de 500 g/t, (b) dosagem de depressor de 700 g/t e (c) dosagem de depressor de 900 g/t.

Os resultados dos índices de seletividade obtidos nos ensaios com a amostra peneirada em 0,150mm ficaram muito próximos, exceto para os ensaios onde o teor de SiO_2 no concentrado foi acima de 1,0%. Os ensaios apresentando concentrados com teores de SiO_2 maiores que 1% foram realizados com a menor dosagem de coletor (25 g/t) confirmando que esta dosagem é insuficiente.

A figura 5.18 apresenta as correlações entre dosagens de coletor e Eficiência de Separação nos três valores de pH avaliados.

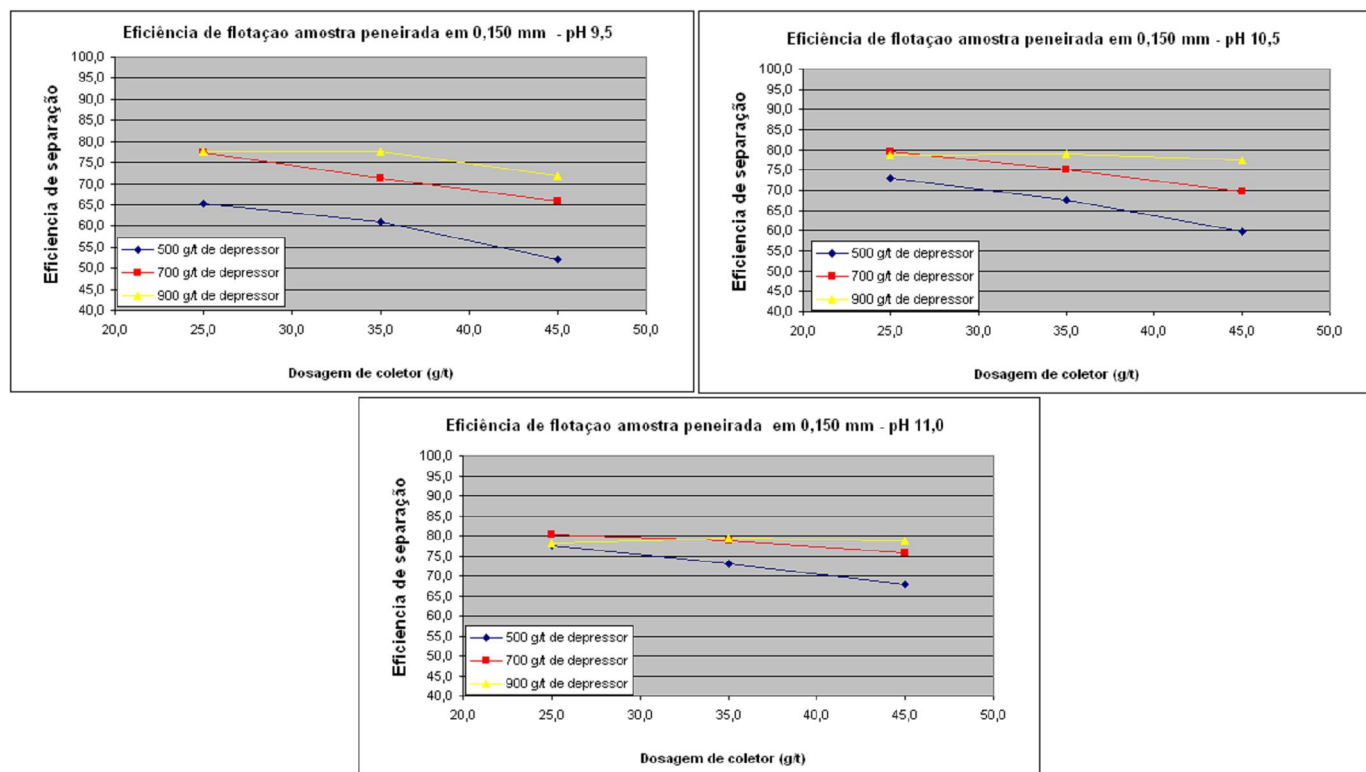


Figura 5.18 - Amostra Peneirada em 0,150mm: Dosagem de coletor x Eficiência Separação.

Assim como nos resultados com amostra global não foi verificada a dosagem de estabilização no conjunto de dados avaliados, todavia para a dosagem de 900 g/t de depressor em pH 10,5 e 11,0 verifica-se que não houve variação nos resultados da eficiência.

5.3 - Comparativo Amostra Global e Amostra Peneirada em 0,150mm

A avaliação da eficiência do *scalping* é apresentada através do comparativo entre os resultados da amostra global e amostra peneirada em 0,150mm nas figuras 5.19, 5.20, 5.21, 5.22 e 5.23.

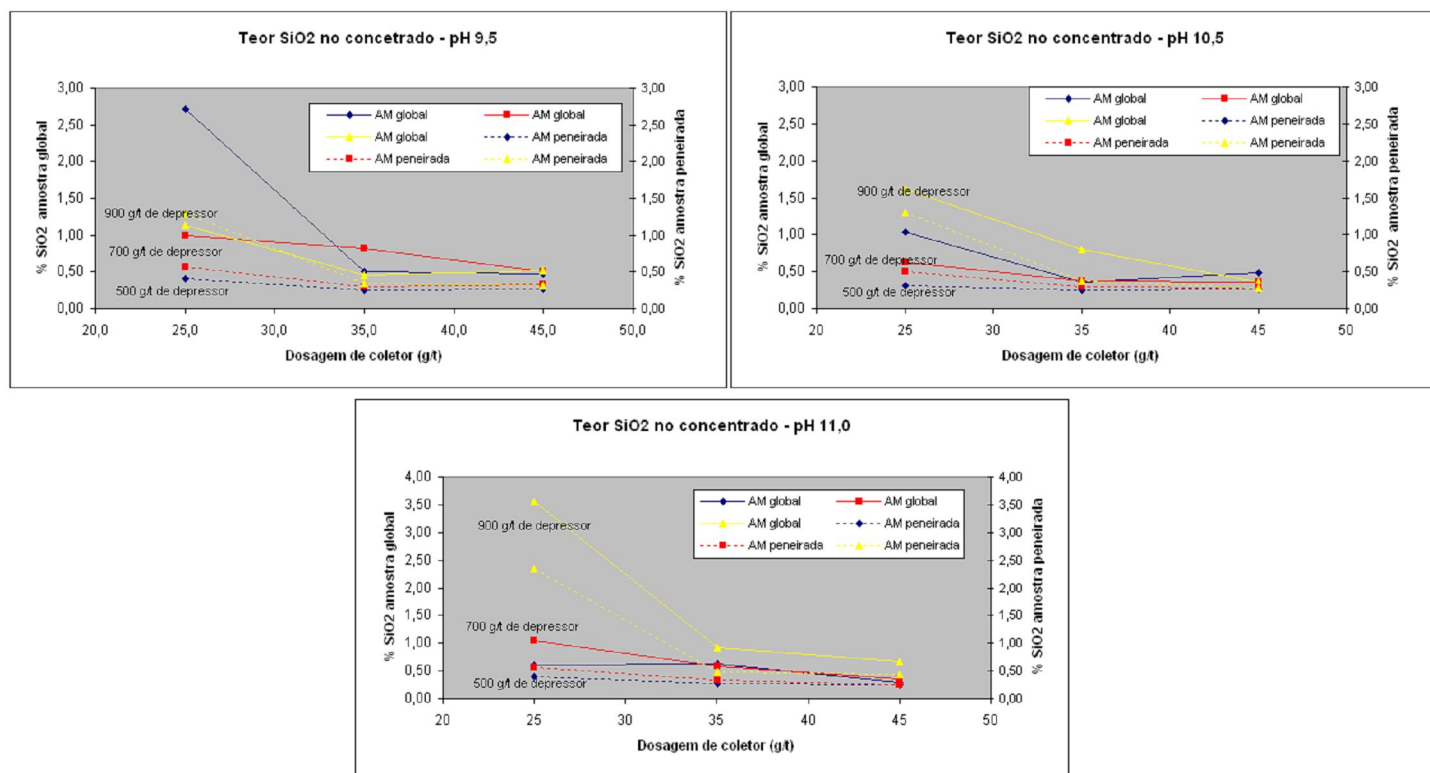


Figura 5.19 - Comparativo entre os teores de SiO₂ dos concentrados entre a amostra global e peneirada em 0,150mm.

Observa-se que os testes realizados com a amostra peneirada em 0,150mm resultaram em concentrados com teores de SiO₂ menores quando comparados com os teores de SiO₂ dos testes realizados com a amostra global mesmo para a dosagem de amina mais baixa. Os resultados obtidos com a amostra peneirada em 0,150mm indicam que dosagens de coletores menores poderiam gerar concentrados com boa qualidade.

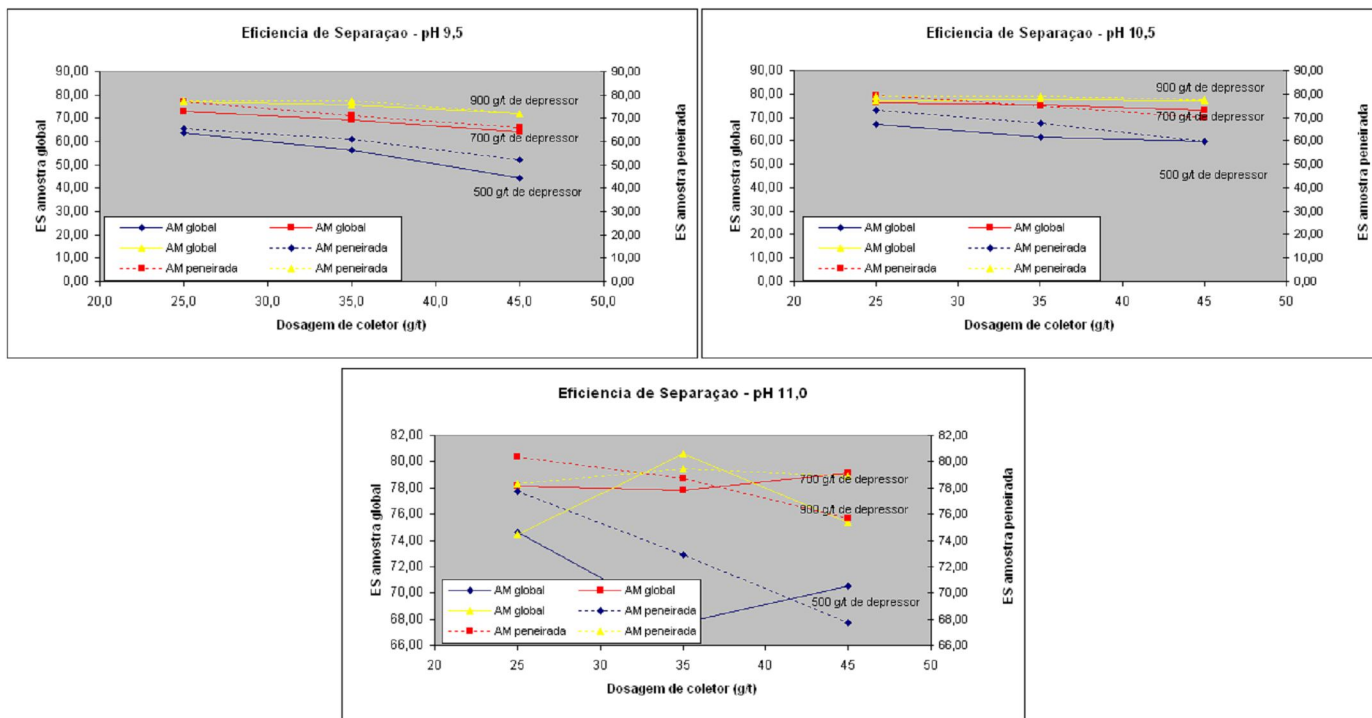


Figura 5.20 - Comparativo da Eficiência de Separação entre a amostra global e peneirada em 0,150mm.

As eficiências de separação para os testes com a amostra peneirada em 0,150mm foram mais altas que aquelas obtidas com a amostra global.

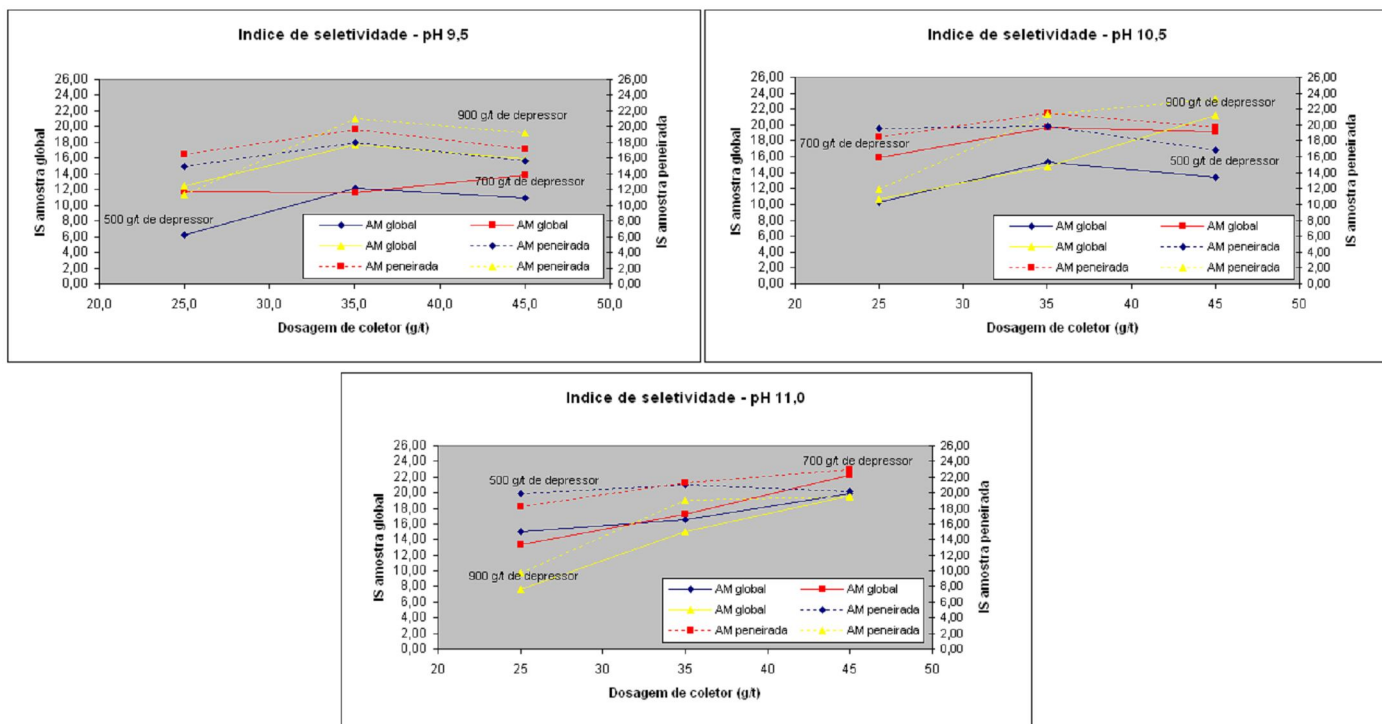


Figura 5.21 - Comparativo do Índice de seletividade entre a amostra global e peneirada em 0,150mm.

Os Índices de Seletividade obtidos nos ensaios com a amostra peneirada em 0,150mm atingiram valores maiores que aquelas obtidas com a amostra global.

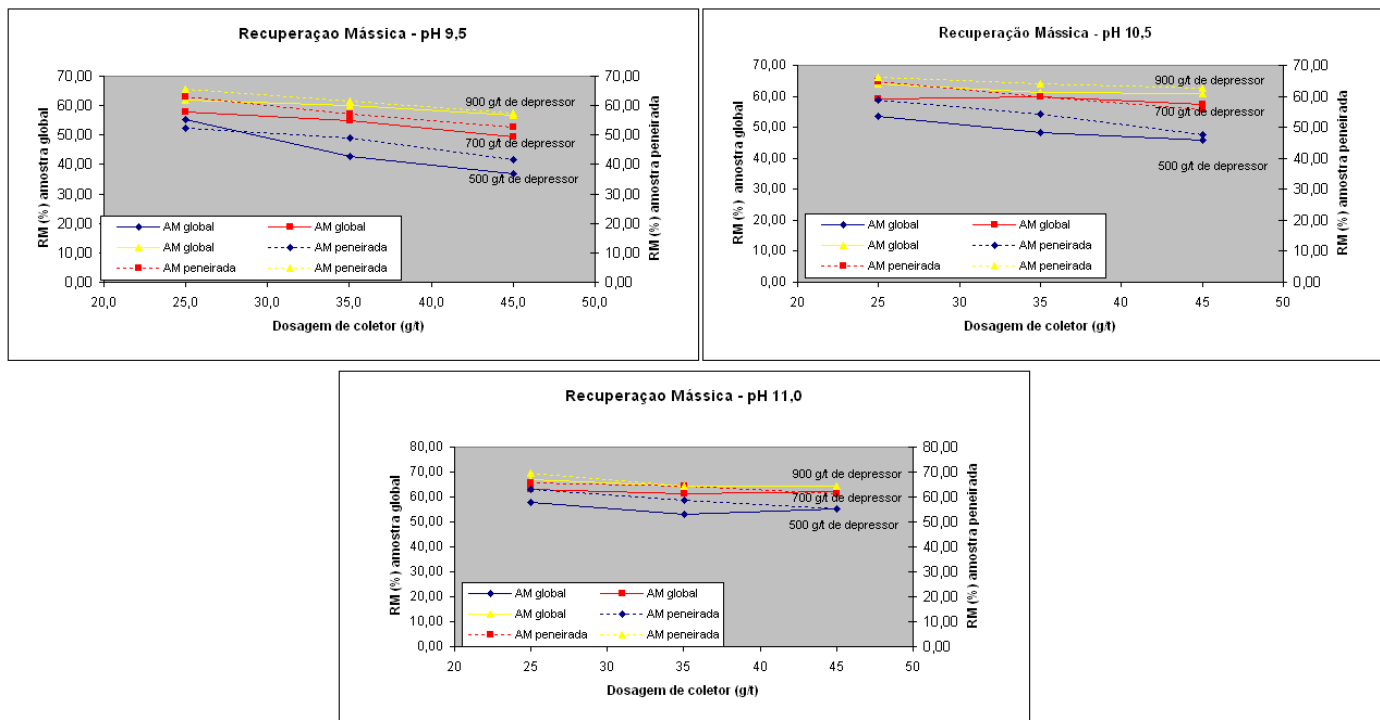


Figura 5.22 - Comparativo entre as recuperações mássicas entre a amostra global e peneirada em 0,150mm.

A amostra peneirada em 0,150mm resultou em recuperações mássicas ligeiramente maiores quando comparadas com a amostra global.

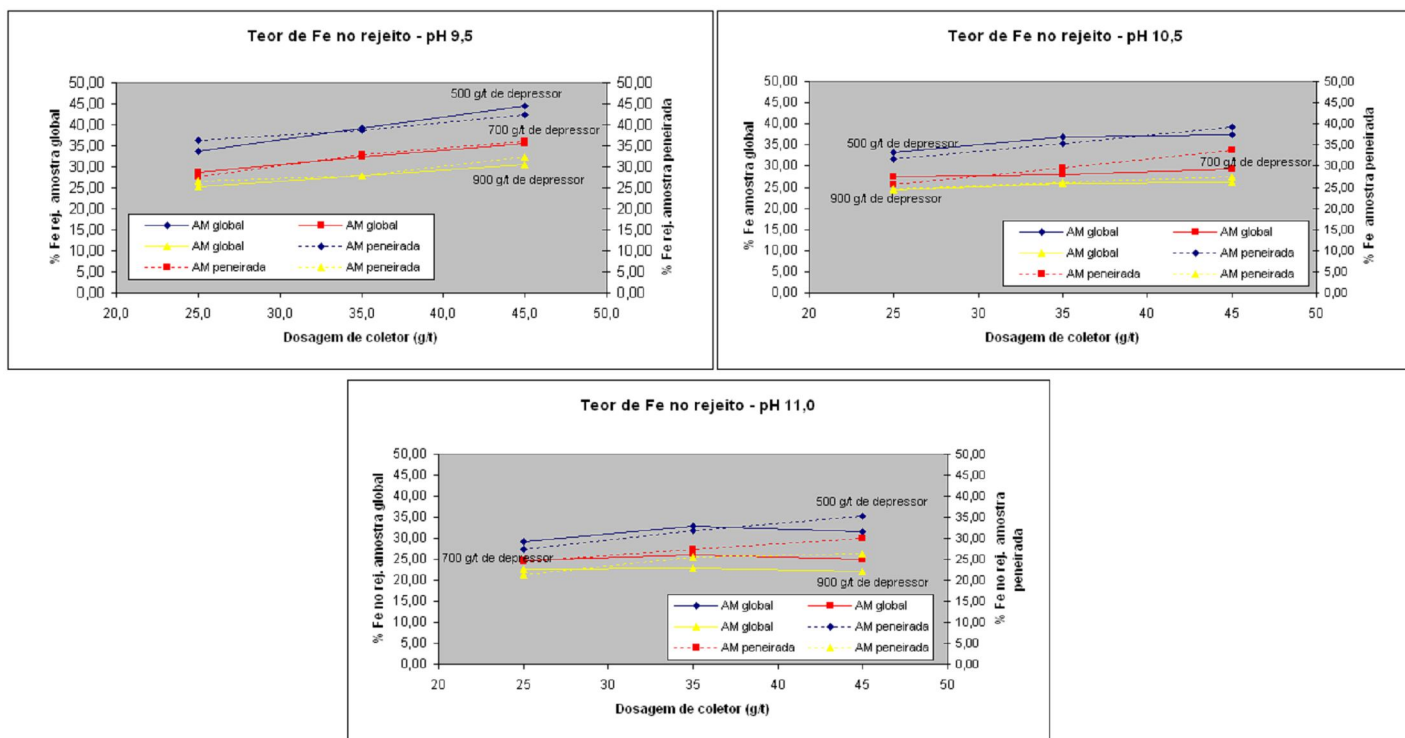


Figura 5.23 - Comparativo dos teores de Fe no rejeito entre a amostra global e peneirada em 0,150mm.

Os teores de ferro no rejeito dos ensaios com a amostra global e com a amostra peneirada em 0,150mm ficaram muito próximos, visto que para ambas as amostras o ferro está distribuído nas frações mais finas, verificando-se a necessidade de um estágio *scavenger* para sua recuperação.

5.4 – Cinética de flotação

Para os ensaios de cinética de flotação, foram adotadas as duas melhores condições obtidas nos testes “padrão”, ou seja, dosagem de depressor fixada em 900 g/t, pH em 10,5 e variando-se o coletor em 35 g/t e 45 g/t. Os melhores resultados de teores de SiO₂ no concentrado foram obtidos na dosagem de 35 g/t de coletor, mas avaliou-se também o comportamento cinético para a dosagem de 45 g/t.

A escolha de dosagem do depressor de 900 g/t baseou-se nos melhores resultados encontrados nos testes de flotação anteriores, onde foi encontrado o menor teor de ferro no rejeito bem como a maior recuperação mássica.

A escolha do pH 10,5 foi baseada nos melhores resultados encontrados nos testes de flotação anteriores, onde obteve-se menor teor de SiO_2 no concentrado, menor teor de ferro no rejeito, por apresentar melhor desempenho na prática industrial, além do comportamento perante a curva de dissociação da amina.

A cinética do processo de flotação pode ser representada pelo modelo clássico de primeira ordem onde parte da premissa que a variação da concentração de uma determinada espécie mineral na célula de flotação é igual a kC , onde k é a constante cinética e C a concentração da espécie em questão que varia com o tempo.

As figuras 5.24 e 5.25 apresentam os resultados dos teste de cinética de flotação para a amostra global e amostra peneirada em 0,150mm para dosagem de coletor 35 g/t e pH 10,5. Os resultados completos dos ensaios são apresentados no anexo 3.

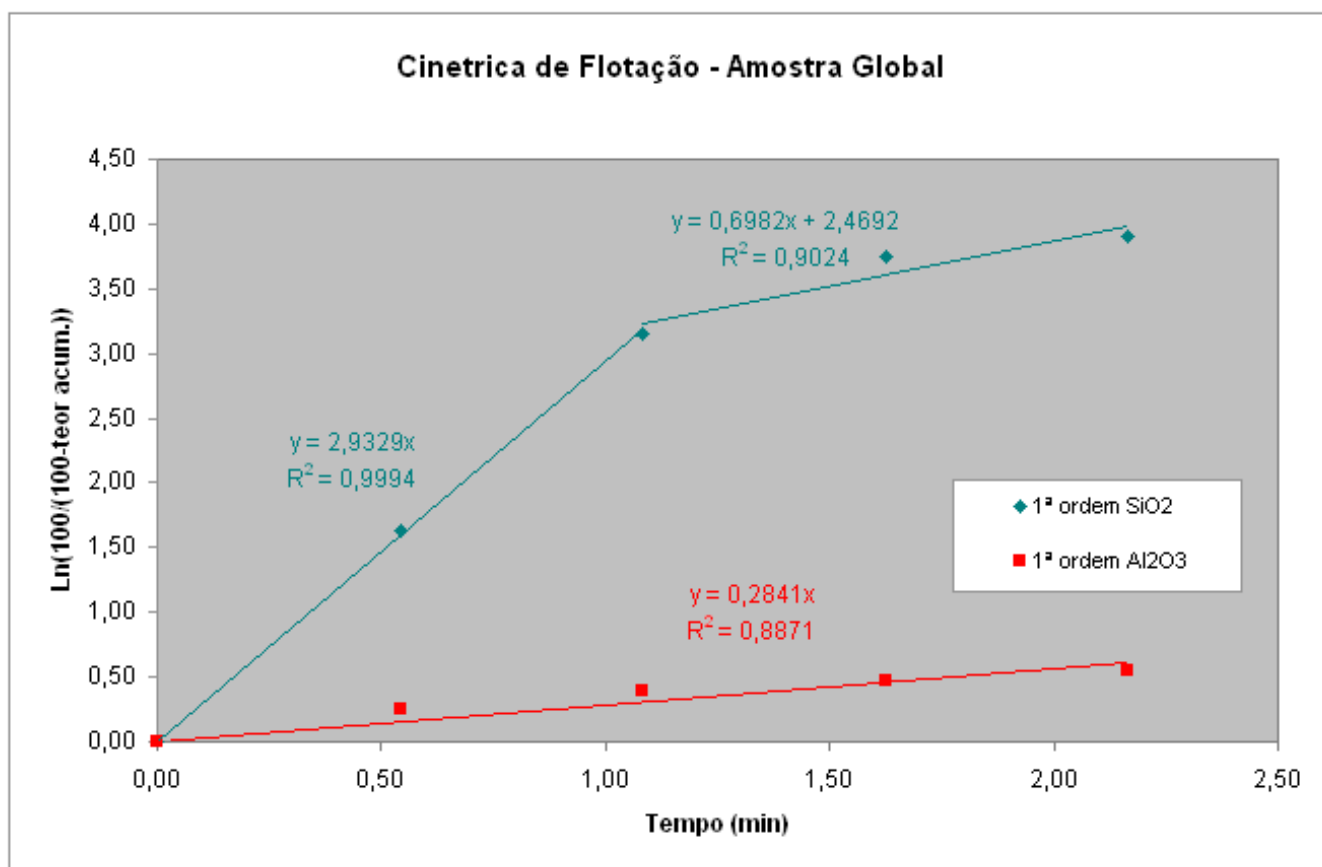


Figura 5.24 – Cinética de flotação da amostra global com dosagem de coletor 35 g/t.

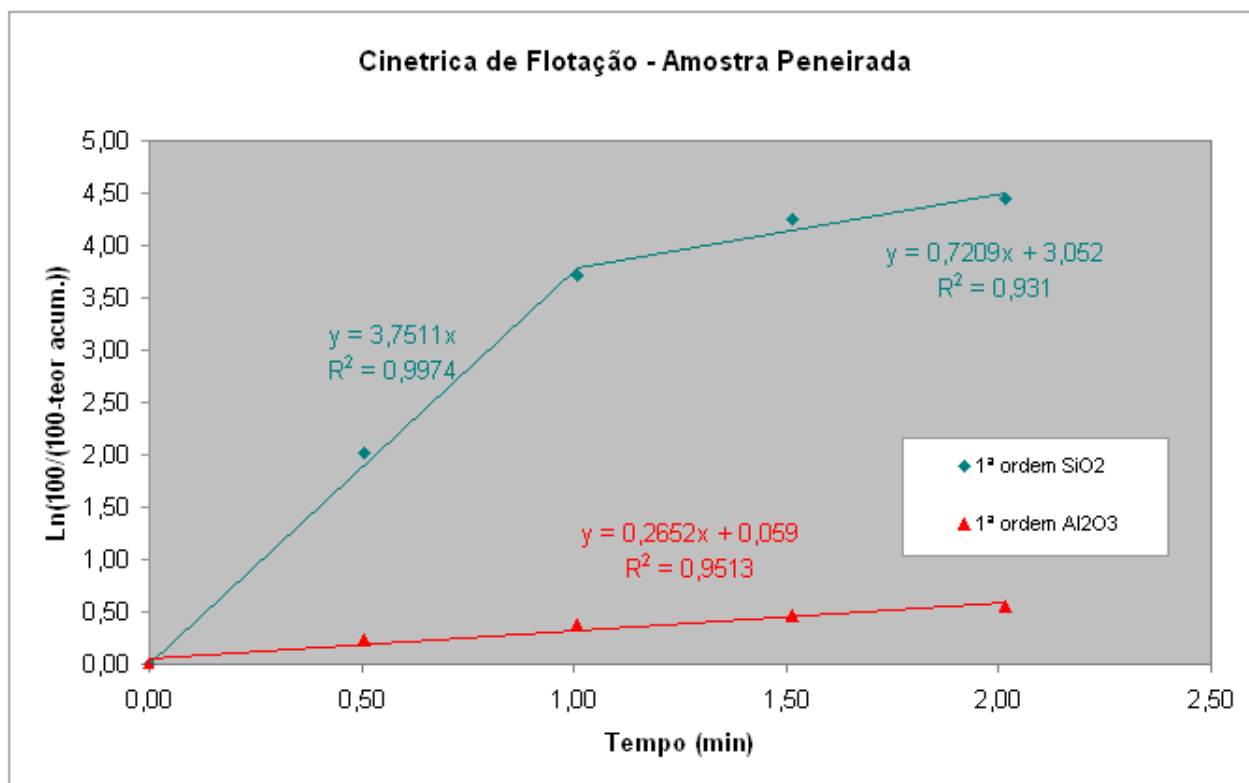


Figura 5.25 – Cinética de flotação da amostra peneirada em 0,150mm com dosagem de coletor 35 g/t.

Pelas figuras 5.24 e 5.25, verifica-se que para a mesma dosagem de 35g/t de coletor e pH de 10,5, a constante de taxa de flotação “K” apresenta valores maiores para as amostras peneiradas em 0,150mm quando comparadas com a amostra global.

As figuras 5.26 e 5.27 apresentam os resultados dos testes de cinética de flotação para a amostra global e amostra peneirada em 0,150mm com dosagem de coletor 45 g/t e pH 10,5. Os resultados completos dos ensaios são apresentados no anexo 4.

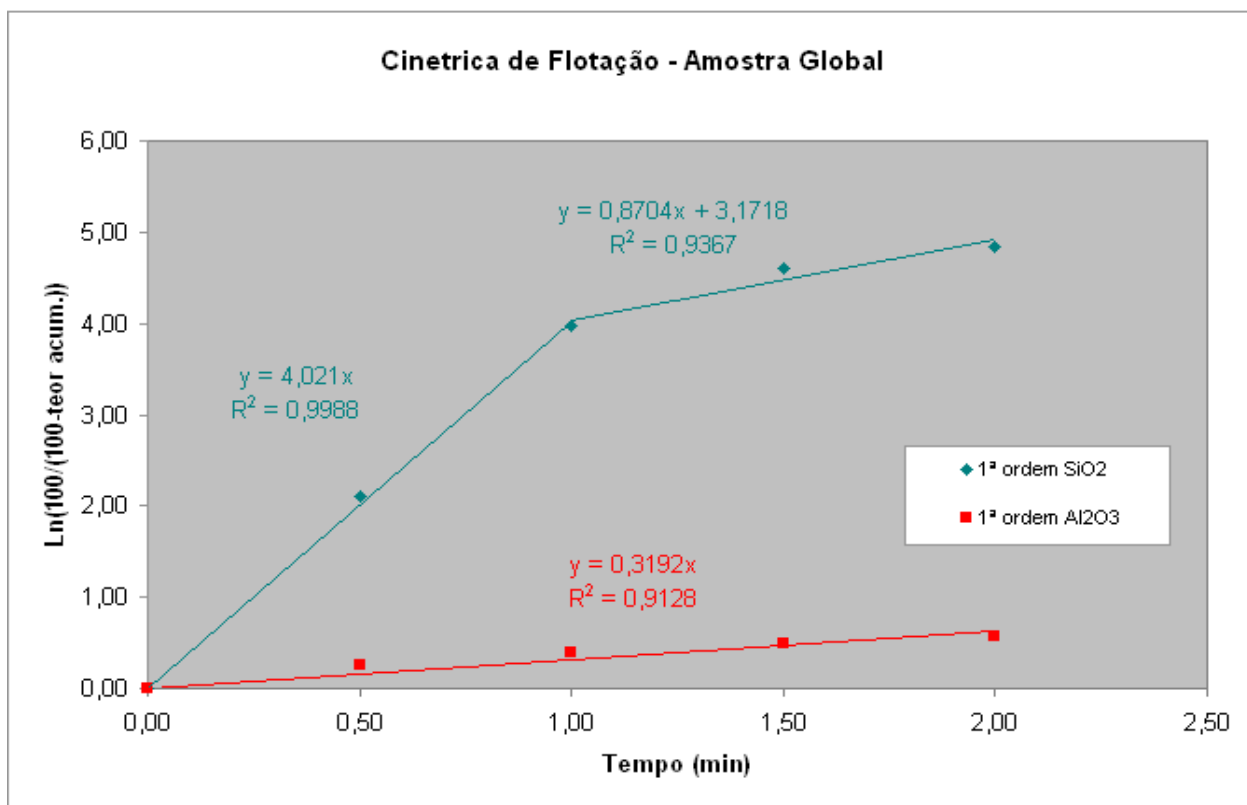


Figura 5.26 – Cinética de flotação da amostra global com dosagem de coletor 45 g/t.

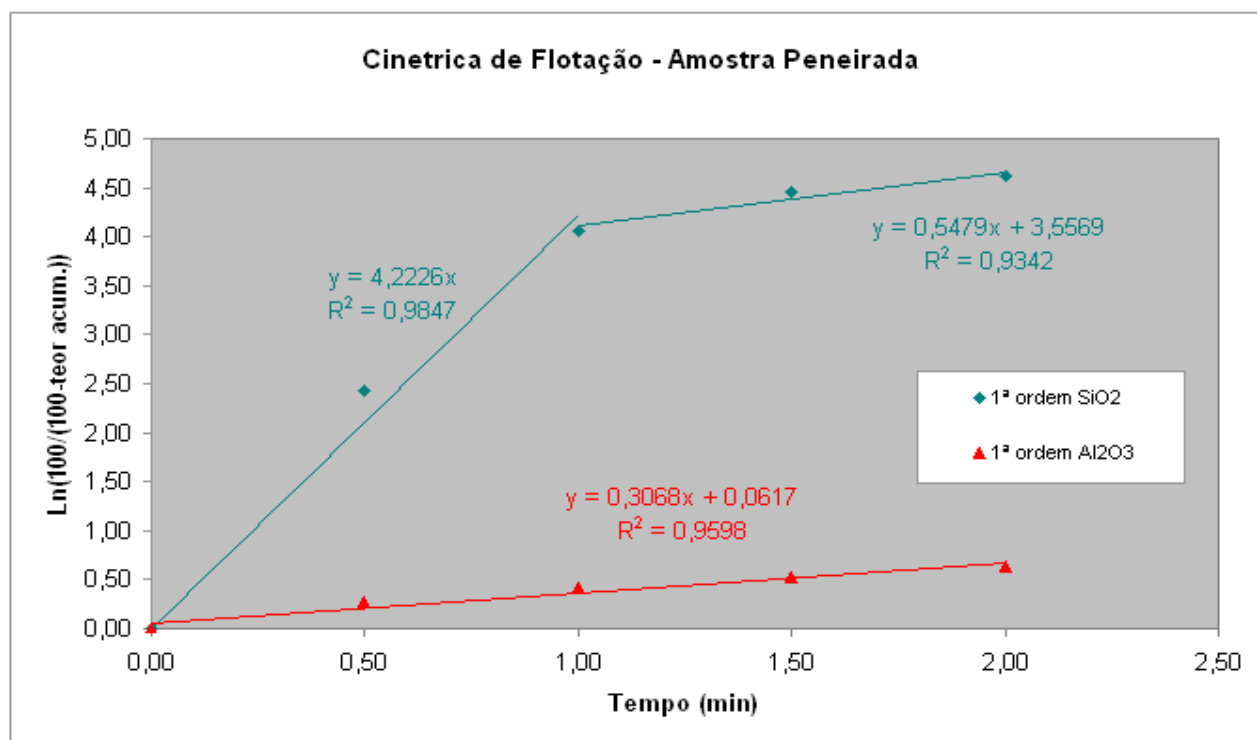


Figura 5.27 – Cinética de flotação da amostra peneirada em 0,150mm com dosagem de coletor 45 g/t.

Pelas figuras 5.26 e 5.27, verifica-se que para a mesma dosagem de 45g/t de coletor e pH 10,5, a constante de taxa de flotação “K” apresenta valor pouco maior para as amostras peneiradas em 0,150mm quando comparadas com a amostra global.

6. CONCLUSÕES

- Os resultados apresentados mostraram evidências claras da eficiência do *scalping* antes da alimentação da flotação retirando a fração grosseira de sílica.
- Verificou-se que cerca de 2,57% de toda a massa alimentada na flotação está na fração acima de 0,150mm, apresentando elevado teor de sílica (cerca de 82,85%). Essa massa causa sobrecarga no sistema de flotação, além do aumento no consumo de reagentes e aumento no tempo de residência no interior da célula de flotação.
- A análise química do *oversize* da amostra peneirada em 0,150mm apresenta baixo teor de Fe, não sendo estudado de uma rota para sua concentração.

Fazendo-se um comparativo entre a amostra global e a amostra peneirada em 0,150mm, pode-se concluir que:

- a amostra peneirada em 0,150mm resultou em teores de SiO_2 no concentrado menores em relação aos teores de SiO_2 da amostra global mesmo para a dosagem de amina mais baixa;
- a amostra peneirada em 0,150mm resultou em eficiência de separação mais alta quando comparada com as eficiências de separação com a amostra global;
- a amostra peneirada em 0,150mm resultou em valores maiores de índices de seletividade quando comparados com os índices de seletividade da amostra global;
- a amostra peneirada em 0,150mm resultou em recuperações mássicas maiores quando comparada com a amostra global;
- para a amostra global e a amostra peneirada em 0,150mm, verifica-se que os teores de ferro no rejeito ficaram muito próximos, visto que para ambas as

amostras, o ferro está distribuído nas frações mais finas, sugerindo a necessidade de um estágio *scavenger* para sua recuperação;

- a amostra peneirada em 0,150mm resultou em uma cinética de flotação maior para a condição do teste padrão (depressor 900 g/t, pH 10,5 e coletor 35 g/t) quando comparada com a amostra global;
- a aplicação industrial de retirada da fração grosseira de sílica antes da alimentação da flotação mostra-se com possibilidade de ganhos expressivos, visto que com a redução da massa de sílica resultaria na melhoria do desempenho da flotação.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar o *scalping* de sílica grosseira antes da flotação na presença de outros reagentes e o efeito da granulometria no desempenho desse processo.
- Avaliar o *scalping* de sílica grosseira antes da flotação com a utilização da mistura de depressores em minérios com diferentes características mineralógicas e granulométricas.
- Avaliar o *scalping* de sílica grosseira antes da flotação para frações mais finas, e a possibilidade de recirculação do produto do *scalping* não alimentado na flotação em outra etapa do processo.
- Avaliar o *scalping* de sílica grosseira antes da flotação com a utilização de misturas de coletores em conjunto com misturas de depressores.
- Estudar a variação do pH, que parece ser de grande importância para o melhor conhecimento dessas interações, uma vez que a forma iônica da amina é predominante em valores de pH mais baixos.
- Estudar a viabilidade econômica na implantação do *scalping* de sílica grosseira antes da flotação, verificando a demanda do mercado por finos com qualidade.

8. RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos indicam a viabilidade técnica para a aplicação de processo de retirada da sílica grosseira antes da alimentação da flotação industrial reversa de minério de ferro, pois obtêm-se baixos teores de sílica no concentrado, maior eficiência de separação, maior índice de seletividade, maior recuperação mássica, baixo teor de ferro no rejeito e maior cinética de flotação.

Como impacto positivo disso pode-se destacar a criação de alternativas de processos para melhor performance no tratamento de minério de ferro, resultando na melhoria da etapa de flotação com redução do custo total de reagentes.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOULOS, T. R.; ARAFA, M. A. ; YOURSE, A. A. – 1970 – Influence of manganese dioxide slimes on quartz flotation. Trans. Instn, Mining Metall, p. C223-C227.

BRANDÃO, P. R. G. – 1995 – Curso de Flotação. Realizado internamente na Minerações Brasileiras Reunidas, MBR.

CASTRO, E. B. – 2002 – Influência de finos na flotação de minério de ferro: efeitos da granulometria e da mineralogia. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte - Minas Gerais.

DEGEO/EM/UFOP; Quadrilátero Ferrífero - Centro de Estudos Avançados, 2009 - <http://www.gfe2050.ufop.br> - todos os direitos reservados. Desenvolvimento: Optilog.

FERNANDES, E. Z. – 2003 – Aplicação da Caracterização Tipológica ao Planejamento de Lavra de Minério de Ferro. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte - Minas Gerais.

FUERSTENAU, D. W. – 1979 – The recovery of fine particle by physical separation methods, Beneficiation of Mineral Fines. Michigan, p. 3-59.

FUERSTENAU, D. W. – 1980 – Fine Particles Flotation. Proceedings of International Symposium on Fine Particles Processing, Las Vegas, Nevada.

FUERSTENAU, M. C., Miller, J. D., Khun, M. C. – 1985 – “Chemistry of Flotation”. Society of Mining Engineers. New York: Kingsport Press, p. 16-20.

MineGeo mine site geology and geotechnical mapping software Using 3D Imaging, Cad Cam Solutions Australia Pty. Ltd., 1980.

JAMES, H. L. – 1954 – Sedimentary facies iron formations. *Econ. Geol.*, Lancaster, 49 (3) : 235-293.

JAMESON, G. J – 2007 – New Concepts in Coarse and Ultrafines Flotation. Symposium on Flotation Fundamentals: Physics and Chemistry – University of Newcastle, Australia

KANEKO, K. M., ALVES, S. A., GOMES, M. A. S., POLICARPO, D. L. V., MOREIRA, L. D., QUINTÃO, F. C., LEONEL, C. M. L. – 1996 – Previsibilidade do Desempenho de Minérios de Ferro em Processo de Concentração, Estudo de Caso na S.A Mineração da Trindade, SAMITRI. I Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro: Caracterização, Beneficiamento e Pelotização, Ouro Preto - Minas Gerais.

LEAL FILHO, L. S. – 1995 – Concentração por Flotação. Convênio CVRD/EPUSP, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Curso de Pós Graduação em Engenharia Mineral, São Paulo.

LEJA, J. – Surface Chemistry of Froth Flotation – 1982. New York: Plenum Press. 758p.

MAGRIOTIS, R. S. – 1995 – Efeito do tipo de amina na flotação catiônica reversa de minério itabirítico.

MAPA, P. S. – 2006 – Rota de processo para o underflow da deslamagem de minério de ferro do concentrador da Samarco Mineração. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte – Minas Gerais.

MEDEIROS, R. L. C., WHITAKER, W., MARTINS, J. – 1996 – Influência da Granulometria no Processo de Concentração de Minério de Ferro por Flotação em Coluna. I Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro: Caracterização, Beneficiamento e Pelotização, Ouro Preto - Minas Gerais.

MONTENEGRO, L. C. M. – 2001 – Efeito das condições operacionais sobre a relação teor-recuperação na flotação de minérios de ferro. Tese de Doutorado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte - Minas Gerais.

NORMA BRASILEIRA ABNT - NBR ISO 4701, Primeira edição, 29.10.2004 - Minérios de ferro, Determinação da distribuição granulométrica por peneiramento iron ores. Determination of size distribution by sieving.

OLIVEIRA, P. S. – 2006 – Rotas para Recuperação de Ferro Fino Contido no *Underflow* do Espessador de Lamas da Usina de Conceição. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte - Minas Gerais.

PERES, A. E. C. – 2001 – Flotação, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Belo Horizonte - Minas Gerais.

PERES, A. E. C. , ARAÚJO, A. C. – 2009 – A flotação como operação unitária no tratamento de minérios. In: CHAVES, A. P., Teoria e Prática do Tratamento de Minérios, Volume 4, A flotação no Brasil, Signus Editora, p.1-29.

QUINTÃO, F. C. S., MOREIRA, L. D., POLICARPO, D. L. V., FURTADO, J. R. V. – 1999 – Projeto Flotação de Grossos. II Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro, ABM, Ouro Preto - Minas Gerais.

RABELO, P. J. B. – 1994 – Estudos de caracterização e redução do teor de fósforo do minério de ferro da mina de Alegria, Mariana, MG. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte - Minas Gerais.

SAUBE, J. – 1986 - “Surfactants in Consumer Products: Theory, Technology and Applications.” Berlin: Springer-Verlag. 536p. Apud: Peres, A. E. C., Agarwal, N., Bartalini, N., Beda, D. “Environmental impact of an etheramine utilized as flotation collector.” In: INTERNATIONAL MINE WATER ASSOCIATION CONGRESS, 7th, Grabala, D., Kaczkowska, E., Siwek, P., Wróbel, J. (eds), Poland. Anais... 2000, p. 464-471.

SILVA, R. R. R. – 2004 – Sistemas de Reagentes Surfataentes na Flotação Catiônica Reversa de Minérios de Ferro. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte - Minas Gerais.

SOUZA, E. S. – 2005 – Rota de processo para aproveitamento de rochas itabiríticas estéreis da Mina de Conceição. Dissertação de Mestrado (Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte - Minas Gerais.

TRAHAR, W. J. – 1981 – A rational interpretation of role of particle size in flotation – International journal of mineral processing, 2, p.289-327.

VALE – DIFL 2005 a 2008. Relatório de Produção GPROD – Gerência de Programação e Sistemas de Informação Gerenciais, Sistema Sul, MG.

VALE – DIFL, 2009. Relatório Descritivo Processo ITMD Mina do Pico – Gerência Geral Complexo Mina Itabiritos, Sistema Sul, MG.

VIEIRA, A. M., Peres, A. E. C. – 2007 – The effect of amine type, pH, and size range in the flotation of quartz – Minerals Engineering 20, 1008-1013.

ANEXO 1 – Resultados Testes de flotação Amostra Global

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 01

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,44	24,95	0,15	0,011	0,150	0,018	0,013	0,018	0,25
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	54,27	67,90	2,58	0,12	0,011	0,120	0,010	0,011	0,022	0,23
Rejeito	45,73	34,10	51,50	0,19	0,010	0,185	0,027	0,015	0,014	0,27

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,53	24,98	0,16	0,012	0,15	0,01	0,01	0,02	0,23
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	55,98	67,50	2,85	0,12	0,011	0,117	0,010	0,011	0,022	0,27
Rejeito	44,02	33,50	53,11	0,20	0,013	0,200	0,021	0,015	0,014	0,17

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	53,85	55,29	Re Fe	1,30	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	52,33	54,14	Re SiO ₂	0,10	0,11
Recuperação Metálica (%)	70,26	71,93	Re Al ₂ O ₃	0,67	0,67
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	94,39	93,61	Re P	1,00	1,00
Eficiência de Separação	63,32	63,97	Re Mn	0,75	0,74
Índice de Seletividade	6,30	6,13	Re PPC	0,96	1,13
Coeficiente de Separação	64,65	65,54			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g /t)	500,00	500,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 02

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,23	25,04	0,15	0,013	0,157	0,010	0,028	0,016	0,27
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	57,01	68,70	1,01	0,120	0,012	0,124	0,010	0,039	0,021	0,25
Rejeito	42,99	30,40	56,90	0,190	0,015	0,200	0,010	0,013	0,010	0,29

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	51,55	25,34	0,17	0,011	0,15	0,02	0,02	0,02	0,28
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	58,54	68,80	0,99	0,120	0,012	0,124	0,010	0,020	0,019	0,31
Rejeito	41,46	27,20	59,72	0,230	0,010	0,197	0,028	0,010	0,010	0,24

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	57,18	60,34	Re Fe	1,31	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	55,47	57,59	Re SiO ₂	0,04	0,04
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	74,98	78,13	Re Al ₂ O ₃	0,67	0,67
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	97,70	97,71	Re P	1,09	1,09
Eficiência de Separação	71,13	74,38	Re Mn	0,78	0,78
Índice de Seletividade	11,28	12,35	Re PPC	1,04	1,29
Coefficiente de Separação	72,68	75,84			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagemde coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 03

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,39	24,77	0,15	0,013	0,152	0,010	0,018	0,016	0,26
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	62,11	68,80	1,14	0,120	0,012	0,124	0,010	0,021	0,020	0,23
Rejeito	37,89	25,50	63,50	0,200	0,014	0,198	0,010	0,012	0,010	0,31

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	51,91	25,63	0,15	0,013	0,15	0,01	0,02	0,02	0,27
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	61,53	68,80	1,14	0,120	0,012	0,123	0,010	0,020	0,019	0,25
Rejeito	38,47	24,90	64,80	0,190	0,014	0,199	0,010	0,011	0,010	0,29

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	61,89	62,41	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	60,30	61,11	Re SiO ₂	0,04	0,04
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	81,56	81,55	Re Al ₂ O ₃	0,67	0,67
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	97,14	97,26	Re P	1,09	1,09
Eficiência de Separação	76,98	77,53	Re Mn	0,78	0,77
Índice de Seletividade	12,26	12,53	Re PPC	0,96	1,04
Coeficiente de Separação	78,70	78,81			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 04

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,43	24,57	0,16	0,011	0,153	0,023	0,013	0,018	0,22
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	53,60	68,90	1,09	0,140	0,011	0,161	0,010	0,011	0,021	0,22
Rejeito	46,40	33,40	51,70	0,180	0,011	0,143	0,037	0,015	0,014	0,22

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,12	24,99	0,16	0,011	0,15	0,02	0,01	0,02	0,23
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	53,40	68,90	0,99	0,140	0,011	0,141	0,010	0,012	0,023	0,23
Rejeito	46,60	32,90	52,50	0,190	0,010	0,159	0,022	0,015	0,014	0,22

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	53,24	53,89	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	50,98	51,64	Re SiO ₂	0,04	0,04
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	70,44	70,59	Re Al ₂ O ₃	0,78	0,78
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	97,62	97,88	Re P	1,00	1,00
Eficiência de Separação	66,66	67,36	Re Mn	1,01	0,89
Índice de Seletividade	9,89	10,54	Re PPC	0,92	0,96
Coefficiente de Separação	68,06	68,47			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 05

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,01	25,70	0,14	0,014	0,154	0,010	0,018	0,015	0,26
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	58,65	69,00	0,67	0,120	0,014	0,144	0,010	0,022	0,019	0,27
Rejeito	41,35	27,90	61,20	0,180	0,013	0,169	0,010	0,013	0,010	0,24

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,18	25,83	0,15	0,013	0,15	0,01	0,02	0,02	0,28
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	59,62	69,20	0,58	0,130	0,014	0,148	0,010	0,021	0,019	0,29
Rejeito	40,38	27,06	63,10	0,190	0,012	0,158	0,010	0,014	0,010	0,27

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	59,37	59,90	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	58,32	59,50	Re SiO ₂	0,03	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	77,82	79,06	Re Al ₂ O ₃	0,67	0,72
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,47	98,66	Re P	1,27	1,27
Eficiência de Separação	75,87	76,45	Re Mn	0,91	0,93
Índice de Seletividade	15,03	16,68	Re PPC	1,13	1,21
Coeficiente de Separação	76,29	77,72			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 06

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,52	24,04	0,14	0,014	0,180	0,010	0,024	0,068	0,35
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	63,41	68,48	1,42	0,130	0,015	0,188	0,010	0,031	0,074	0,38
Rejeito	36,59	24,86	63,25	0,170	0,012	0,166	0,010	0,011	0,058	0,30
		0%	7%	20%	28%	13%	76%	10%	196%	47%

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,48	23,97	0,15	0,015	0,16	0,010	0,276	0,018	0,08
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	64,68	68,22	1,81	0,140	0,016	0,169	0,010	0,270	0,022	0,08
Rejeito	35,32	23,66	64,56	0,170	0,013	0,153	0,010	0,287	0,010	0,08
		0%	7%	16%	35%	3%	76%	961%	23%	67%

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	62,91	64,27	Re Fe	1,31	1,30
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	60,41	61,61	Re SiO ₂	0,05	0,07
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	82,68	84,08	Re Al ₂ O ₃	0,72	0,78
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	96,25	95,12	Re P	1,36	1,45
Eficiência de Separação	76,27	77,57	Re Mn	1,18	1,06
Índice de Seletividade	11,08	10,14	Re PPC	1,58	0,33
Coefficiente de Separação	78,94	79,19			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 07

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	51,67	25,46	0,16	0,011	0,142	0,012	0,010	0,024	0,20
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	57,25	68,90	0,64	0,150	0,012	0,168	0,013	0,010	0,028	0,21
Rejeito	42,75	28,60	58,71	0,180	0,010	0,108	0,010	0,010	0,019	0,18

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,72	23,33	0,12	0,011	0,15	0,01	0,01	0,01	0,15
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	58,53	69,10	0,57	0,130	0,011	0,169	0,012	0,010	0,013	0,16
Rejeito	41,47	29,60	55,46	0,100	0,010	0,116	0,013	0,010	0,010	0,13

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	58,81	57,47	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	56,50	53,85	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	76,34	76,72	Re Al ₂ O ₃	0,83	0,72
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,56	98,57	Re P	1,09	1,00
Eficiência de Separação	75,56	73,74	Re Mn	1,06	1,06
Índice de Seletividade	14,87	15,07	Re PPC	0,88	0,67
Coefficiente de Separação	74,90	75,29			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagemde coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g /t)	500,00	500,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 08

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,30	25,64	0,15	0,014	0,154	0,010	0,020	0,016	0,30
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	62,46	68,70	1,02	0,130	0,015	0,163	0,010	0,023	0,019	0,31
Rejeito	37,54	25,00	66,60	0,170	0,012	0,139	0,010	0,014	0,010	0,29

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,64	25,28	0,16	0,011	0,15	0,01	0,01	0,01	0,23
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	63,61	68,80	1,07	0,150	0,010	0,165	0,012	0,010	0,014	0,21
Rejeito	36,39	24,40	67,60	0,170	0,012	0,135	0,010	0,011	0,010	0,26

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	62,47	62,84	Re Fe	1,31	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	62,06	62,68	Re SiO ₂	0,04	0,04
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	82,05	83,13	Re Al ₂ O ₃	0,72	0,83
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	97,52	97,31	Re P	1,36	0,91
Eficiência de Separação	77,56	78,81	Re Mn	1,03	1,04
Índice de Seletividade	13,40	13,35	Re PPC	1,29	0,88
Coeficiente de Separação	79,57	80,44			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem de depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 09

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,38	25,29	0,15	0,014	0,158	0,010	0,017	0,015	0,32
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	66,92	67,10	3,53	0,130	0,014	0,164	0,010	0,020	0,018	0,35
Rejeito	33,08	22,60	69,30	0,180	0,013	0,146	0,010	0,010	0,010	0,27

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,33	25,80	0,15	0,015	0,16	0,01	0,02	0,02	0,31
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	66,59	67,10	3,58	0,130	0,016	0,165	0,010	0,022	0,020	0,32
Rejeito	33,41	22,90	70,10	0,190	0,013	0,146	0,010	0,026	0,010	0,28

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	66,74	66,52	Re Fe	1,28	1,28
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	65,99	66,45	Re SiO ₂	0,14	0,14
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	85,73	85,38	Re Al ₂ O ₃	0,72	0,72
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	90,66	90,76	Re P	1,27	1,45
Eficiência de Separação	74,45	74,52	Re Mn	1,03	1,04
Índice de Seletividade	7,63	7,57	Re PPC	1,46	1,33
Coefficiente de Separação	76,38	76,14			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem de depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 10

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	51,61	25,42	0,15	0,010	0,142	0,013	0,010	0,016	0,22
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	43,08	69,20	0,48	0,100	0,010	0,110	0,013	0,010	0,023	0,15
Rejeito	56,92	38,30	44,29	0,190	0,010	0,166	0,013	0,010	0,010	0,28

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,49	23,00	0,16	0,010	0,14	0,01	0,01	0,01	0,25
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	42,73	69,10	0,53	0,140	0,010	0,121	0,016	0,010	0,011	0,15
Rejeito	57,27	40,10	39,76	0,180	0,010	0,152	0,012	0,010	0,016	0,32

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	45,31	42,07	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	41,98	35,33	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	57,76	56,25	Re Al ₂ O ₃	0,56	0,78
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,19	99,02	Re P	0,91	0,91
Eficiência de Separação	58,11	54,10	Re Mn	0,69	0,76
Índice de Seletividade	12,91	11,37	Re PPC	0,63	0,63
Coefficiente de Separação	56,95	55,26			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 11

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,25	24,28	0,16	0,010	0,150	0,015	0,010	0,018	0,23
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	54,89	68,90	0,83	0,120	0,010	0,110	0,012	0,010	0,024	0,25
Rejeito	45,11	32,00	52,81	0,210	0,010	0,198	0,019	0,010	0,010	0,20

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,50	23,54	0,17	0,011	0,15	0,01	0,01	0,01	0,24
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	54,67	69,00	0,82	0,130	0,010	0,117	0,012	0,010	0,012	0,25
Rejeito	45,33	32,60	50,94	0,210	0,012	0,194	0,011	0,010	0,010	0,22

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	55,01	54,12	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	51,77	49,96	Re SiO ₂	0,03	0,03
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	72,37	71,86	Re Al ₂ O ₃	0,67	0,72
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,12	98,10	Re P	0,91	0,91
Eficiência de Separação	69,21	68,79	Re Mn	0,69	0,74
Índice de Seletividade	11,70	11,47	Re PPC	1,04	1,04
Coefficiente de Separação	70,50	69,95			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 12

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,69	23,58	0,16	0,010	0,142	0,012	0,010	0,014	0,16
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,20
Concentrado	60,83	69,30	0,45	0,130	0,010	0,112	0,012	0,010	0,016	0,16
Rejeito	39,17	26,90	59,51	0,200	0,010	0,189	0,011	0,010	0,012	0,16

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,72	23,24	0,17	0,010	0,15	0,01	0,01	0,01	0,28
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	59,17	69,30	0,48	0,130	0,010	0,114	0,012	0,010	0,012	0,30
Rejeito	40,83	28,70	56,23	0,220	0,010	0,195	0,010	0,010	0,010	0,25

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	59,91	58,13	Re Fe	1,33	1,33
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	56,91	54,40	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	80,00	77,78	Re Al ₂ O ₃	0,72	0,72
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,84	98,78	Re P	0,91	0,91
Eficiência de Separação	75,90	75,45	Re Mn	0,70	0,72
Índice de Seletividade	18,46	16,82	Re PPC	0,80	1,25
Coefficiente de Separação	78,84	76,55			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 13

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,44	23,34	0,17	0,010	0,148	0,012	0,010	0,014	0,22
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	47,67	69,40	0,33	0,150	0,010	0,145	0,014	0,010	0,019	0,27
Rejeito	52,33	37,00	44,30	0,180	0,010	0,150	0,011	0,010	0,010	0,18

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,50	23,23	0,13	0,010	0,15	0,01	0,01	0,01	0,24
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	48,77	69,20	0,39	0,160	0,010	0,153	0,014	0,010	0,019	0,30
Rejeito	51,23	36,60	44,97	0,100	0,010	0,141	0,013	0,010	0,010	0,19

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	47,22	48,16	Re Fe	1,33	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	41,85	42,78	Re SiO ₂	0,01	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	63,08	64,29	Re Al ₂ O ₃	0,83	0,89
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,33	99,18	Re P	0,91	0,91
Eficiência de Separação	61,00	62,11	Re Mn	0,91	0,96
Índice de Seletividade	15,87	14,77	Re PPC	1,13	1,25
Coefficiente de Separação	62,40	63,47			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g /t)	500,00	500,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 14

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,66	23,51	0,14	0,010	0,149	0,015	0,010	0,013	0,19
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	59,99	69,30	0,35	0,100	0,010	0,150	0,018	0,010	0,014	0,15
Rejeito	40,01	27,70	58,23	0,200	0,010	0,147	0,011	0,010	0,012	0,25

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,74	23,36	0,17	0,010	0,15	0,01	0,01	0,01	0,22
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	59,67	69,20	0,39	0,150	0,010	0,148	0,014	0,010	0,014	0,21
Rejeito	40,33	28,40	57,34	0,200	0,010	0,145	0,010	0,010	0,010	0,23

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor de Fe)	59,13	58,58	Re Fe	1,33	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	55,86	55,21	Re SiO ₂	0,01	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	78,95	78,28	Re Al ₂ O ₃	0,56	0,83
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,11	99,00	Re P	0,91	0,91
Eficiência de Separação	75,06	75,59	Re Mn	0,94	0,93
Índice de Seletividade	20,40	18,93	Re PPC	0,63	0,88
Coefficiente de Separação	78,06	77,29			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 15

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,45	25,44	0,15	0,014	0,152	0,010	0,012	0,016	0,24
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	60,63	69,10	0,78	0,120	0,014	0,143	0,010	0,014	0,020	0,28
Rejeito	39,37	26,80	63,40	0,190	0,014	0,166	0,010	0,010	0,010	0,19

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,26	25,87	0,15	0,014	0,15	0,01	0,01	0,02	0,27
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	62,14	69,00	0,81	0,130	0,014	0,150	0,010	0,015	0,020	0,26
Rejeito	37,86	24,80	67,00	0,190	0,013	0,163	0,010	0,010	0,010	0,28

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	60,28	62,22	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	59,89	62,09	Re SiO ₂	0,03	0,03
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	79,88	82,03	Re Al ₂ O ₃	0,67	0,72
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,14	98,05	Re P	1,27	1,27
Eficiência de Separação	76,21	78,60	Re Mn	0,90	0,94
Índice de Seletividade	14,48	15,17	Re PPC	1,17	1,08
Coefficiente de Separação	78,02	80,09			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 16

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,28	25,57	0,18	0,012	0,147	0,010	0,014	0,016	0,22
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	52,77	69,00	0,62	0,180	0,014	0,164	0,010	0,018	0,021	0,31
Rejeito	47,23	33,60	53,45	0,190	0,010	0,129	0,010	0,010	0,010	0,12

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	99,29	51,53	25,14	0,15	0,012	0,15	0,02	0,02	0,01	0,26
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	53,14	69,10	0,63	0,150	0,013	0,170	0,020	0,027	0,019	0,30
Rejeito	46,15	32,10	53,75	0,160	0,010	0,123	0,010	0,011	0,010	0,22

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	52,82	54,59	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	52,15	52,43	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	69,64	71,25	Re Al ₂ O ₃	1,00	0,83
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,72	99,37	Re P	1,27	1,18
Eficiência de Separação	66,80	68,72	Re Mn	1,03	1,07
Índice de Seletividade	13,31	19,81	Re PPC	1,29	1,25
Coefficiente de Separação	68,36	70,62			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 17

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,40	25,68	0,19	0,012	0,152	0,010	0,016	0,018	0,30
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	61,02	69,20	0,57	0,20	0,014	0,166	0,010	0,019	0,023	0,34
Rejeito	38,98	26,10	65,00	0,18	0,010	0,131	0,010	0,012	0,010	0,25

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,43	25,33	0,18	0,012	0,15	0,01	0,02	0,02	0,26
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	61,26	69,20	0,59	0,18	0,014	0,165	0,010	0,018	0,022	0,32
Rejeito	38,74	25,90	64,45	0,18	0,010	0,130	0,010	0,011	0,010	0,17

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	60,79	60,97	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	60,69	60,37	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	80,58	80,86	Re Al ₂ O ₃	1,11	1,00
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,65	98,57	Re P	1,27	1,27
Eficiência de Separação	77,44	78,14	Re Mn	1,04	1,04
Índice de Seletividade	17,39	17,08	Re PPC	1,42	1,33
Coeficiente de Separação	79,23	79,44			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 18

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,30	25,18	0,18	0,013	0,149	0,011	0,016	0,017	0,27
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	64,00	69,00	0,90	0,18	0,014	0,161	0,010	0,018	0,021	0,30
Rejeito	36,00	22,60	68,35	0,19	0,010	0,127	0,014	0,013	0,010	0,21

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,54	25,68	0,19	0,012	0,16	0,01	0,02	0,02	0,28
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	64,28	68,90	0,96	0,20	0,013	0,178	0,010	0,018	0,022	0,32
Rejeito	35,72	23,10	70,17	0,18	0,010	0,122	0,010	0,011	0,010	0,22

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	64,01	63,76	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	62,94	63,96	Re SiO ₂	0,03	0,04
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	84,44	84,29	Re Al ₂ O ₃	1,00	1,11
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	97,71	97,60	Re P	1,27	1,18
Eficiência de Separação	80,92	80,32	Re Mn	1,01	1,12
Índice de Seletividade	15,23	14,77	Re PPC	1,25	1,33
Coefficiente de Separação	82,15	81,89			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 19

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,55	23,63	0,17	0,011	0,147	0,010	0,016	0,015	0,26
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	36,52	69,10	0,51	0,18	0,012	0,122	0,010	0,021	0,024	0,31
Rejeito	63,48	44,60	36,93	0,16	0,011	0,162	0,010	0,013	0,010	0,23

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,79	23,47	0,17	0,012	0,15	0,01	0,02	0,02	0,26
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	37,20	69,30	0,45	0,18	0,011	0,120	0,010	0,021	0,024	0,26
Rejeito	62,80	44,60	37,10	0,16	0,012	0,164	0,010	0,014	0,010	0,26

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	31,43	31,17	Re Fe	1,32	1,33
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	30,29	30,56	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	47,13	47,93	Re Al ₂ O ₃	1,00	1,00
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,21	99,29	Re P	1,09	1,00
Eficiência de Separação	41,99	46,37	Re Mn	0,77	0,75
Índice de Seletividade	10,59	11,32	Re PPC	1,29	1,08
Coeficiente de Separação	46,34	47,22			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 20

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,09	25,32	0,18	0,012	0,155	0,010	0,015	0,015	0,26
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	48,02	69,30	0,52	0,16	0,010	0,108	0,010	0,018	0,021	0,22
Rejeito	51,98	36,20	48,24	0,20	0,013	0,199	0,010	0,013	0,010	0,29

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,30	25,35	0,16	0,011	0,15	0,01	0,02	0,01	0,27
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	50,59	69,40	0,50	0,13	0,011	0,106	0,010	0,023	0,018	0,25
Rejeito	49,41	34,80	50,79	0,20	0,012	0,188	0,010	0,013	0,010	0,29

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	48,64	50,58	Re Fe	1,33	1,33
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	46,81	49,49	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	63,88	67,13	Re Al ₂ O ₃	0,89	0,72
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,01	99,00	Re P	0,91	1,00
Eficiência de Separação	62,78	65,47	Re Mn	0,68	0,67
Índice de Seletividade	13,33	14,23	Re PPC	0,92	1,04
Coefficiente de Separação	62,89	66,13			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem de depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 21

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,35	25,45	0,18	0,012	0,146	0,010	0,015	0,016	0,32
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	56,97	69,30	0,52	0,16	0,010	0,108	0,010	0,018	0,021	0,29
Rejeito	43,03	29,90	58,45	0,21	0,015	0,196	0,010	0,012	0,010	0,35

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,29	25,67	0,17	0,011	0,15	0,01	0,01	0,02	0,30
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	56,15	69,00	0,53	0,16	0,011	0,109	0,010	0,018	0,021	0,26
Rejeito	43,85	30,90	57,85	0,18	0,010	0,193	0,010	0,010	0,014	0,34

Avaliação dos Resultados

	teste 1	teste 2			Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	56,85	56,17	Re Fe		1,33	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	56,19	55,74	Re SiO ₂		0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	75,42	74,09	Re Al ₂ O ₃		0,89	0,89
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,84	98,84	Re P		0,91	1,00
Eficiência de Separação	73,04	70,98	Re Mn		0,68	0,69
Índice de Seletividade	16,14	15,61	Re PPC		1,21	1,08
Coefficiente de Separação	74,26	72,93				

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagemde coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g /t)	900,00	900,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 22

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,09	25,75	0,19	0,011	0,147	0,014	0,018	0,016	0,33
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	47,21	69,30	0,50	0,18	0,012	0,142	0,010	0,020	0,023	0,34
Rejeito	52,79	36,70	48,34	0,19	0,011	0,151	0,017	0,016	0,010	0,32

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,19	25,82	0,17	0,011	0,15	0,01	0,02	0,01	0,33
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	44,81	69,30	0,47	0,15	0,013	0,145	0,010	0,023	0,019	0,35
Rejeito	55,19	38,30	46,41	0,18	0,010	0,149	0,010	0,012	0,010	0,31

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	47,85	45,16	Re Fe	1,33	1,33
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	46,91	44,65	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	62,81	59,50	Re Al ₂ O ₃	1,00	0,83
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,08	99,18	Re P	1,09	1,18
Eficiência de Separação	61,74	57,79	Re Mn	0,89	0,91
Índice de Seletividade	13,51	13,37	Re PPC	1,42	1,46
Coeficiente de Separação	61,89	58,68			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem de depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 23

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,30	24,55	0,16	0,014	0,155	0,010	0,016	0,016	0,23
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	56,92	69,10	0,37	0,14	0,015	0,152	0,010	0,020	0,020	0,19
Rejeito	43,08	30,10	56,50	0,19	0,013	0,159	0,010	0,011	0,010	0,29

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,21	24,51	0,16	0,014	0,15	0,01	0,02	0,02	0,28
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	58,10	69,10	0,36	0,14	0,015	0,160	0,010	0,020	0,019	0,28
Rejeito	41,90	28,80	58,00	0,18	0,013	0,145	0,010	0,010	0,010	0,28

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	56,92	58,31	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	54,52	55,69	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	75,20	76,89	Re Al ₂ O ₃	0,78	0,78
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,14	99,15	Re P	1,36	1,36
Eficiência de Separação	72,38	74,01	Re Mn	0,96	1,01
Índice de Seletividade	18,72	19,66	Re PPC	0,79	1,17
Coeficiente de Separação	74,35	76,03			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem de depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 24

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,22	24,25	0,16	0,013	0,154	0,010	0,016	0,015	0,28
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	60,41	69,00	0,36	0,14	0,015	0,160	0,010	0,020	0,019	0,28
Rejeito	39,59	26,60	60,70	0,19	0,011	0,145	0,010	0,011	0,010	0,29

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,28	23,93	0,16	0,015	0,15	0,01	0,02	0,02	0,26
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	61,06	69,10	0,35	0,14	0,016	0,164	0,010	0,019	0,019	0,28
Rejeito	38,94	25,90	60,90	0,19	0,013	0,137	0,010	0,010	0,010	0,23

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	60,61	61,11	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	57,67	57,80	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	79,83	80,71	Re Al ₂ O ₃	0,78	0,78
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,10	99,11	Re P	1,36	1,45
Eficiência de Separação	76,87	77,68	Re Mn	1,01	1,03
Índice de Seletividade	20,91	21,55	Re PPC	1,17	1,17
Coefficiente de Separação	78,94	79,82			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 25

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,31	24,16	0,16	0,014	0,154	0,010	0,016	0,016	0,20
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	55,55	69,20	0,28	0,15	0,017	0,189	0,010	0,021	0,021	0,23
Rejeito	44,45	31,20	54,00	0,17	0,010	0,110	0,010	0,010	0,010	0,17

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,27	23,94	0,16	0,013	0,15	0,01	0,02	0,02	0,26
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	54,99	69,10	0,32	0,15	0,016	0,185	0,010	0,020	0,021	0,27
Rejeito	45,01	31,70	52,80	0,17	0,010	0,113	0,010	0,010	0,010	0,24

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	55,53	55,08	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	52,31	51,26	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	73,49	72,70	Re Al ₂ O ₃	0,83	0,83
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,36	99,26	Re P	1,55	1,45
Eficiência de Separação	71,00	69,97	Re Mn	1,19	1,16
Índice de Seletividade	20,68	18,96	Re PPC	0,96	1,13
Coefficiente de Separação	72,84	71,97			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 26

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,24	24,27	0,16	0,014	0,156	0,010	0,016	0,016	0,25
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	61,65	69,00	0,37	0,15	0,016	0,181	0,010	0,020	0,020	0,25
Rejeito	38,35	25,30	62,70	0,18	0,010	0,116	0,010	0,010	0,010	0,25

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,43	25,46	0,16	0,015	0,16	0,01	0,02	0,02	0,22
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	62,34	69,30	0,36	0,15	0,017	0,180	0,010	0,019	0,020	0,22
Rejeito	37,66	24,50	67,00	0,18	0,011	0,114	0,010	0,010	0,010	0,23

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	61,78	62,05	Re Fe	1,32	1,33
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	59,04	61,67	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	81,43	82,40	Re Al ₂ O ₃	0,83	0,83
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,06	99,12	Re P	1,45	1,55
Eficiência de Separação	78,29	79,99	Re Mn	1,14	1,13
Índice de Seletividade	21,50	22,94	Re PPC	1,04	0,92
Coefficiente de Separação	80,49	81,52			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 27

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,20	25,71	0,16	0,014	0,156	0,010	0,016	0,016	0,24
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	64,53	68,80	0,65	0,15	0,016	0,175	0,010	0,019	0,020	0,27
Rejeito	35,47	22,00	71,30	0,19	0,010	0,121	0,010	0,010	0,010	0,19

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,23	25,25	0,16	0,015	0,15	0,01	0,02	0,02	0,21
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,18	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	64,59	68,80	0,67	0,15	0,016	0,174	0,010	0,019	0,019	0,22
Rejeito	35,41	22,00	70,10	0,18	0,012	0,118	0,010	0,010	0,010	0,20

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	59,13	58,58	Re Fe	1,32	1,32
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	55,86	55,21	Re SiO ₂	0,03	0,03
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	78,95	78,28	Re Al ₂ O ₃	0,83	0,83
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,11	99,00	Re P	1,45	1,45
Eficiência de Separação	75,06	75,59	Re Mn	1,10	1,09
Índice de Seletividade	20,40	18,93	Re PPC	1,13	0,92
Coeficiente de Separação	78,06	77,29			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem de depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	11,00	11,00

ANEXO 2 – Resultados Testes de flotação Amostra Peneirada em 0,150mm

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 01

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,65	23,36	0,14	0,014	0,157	0,010	0,018	0,015	0,26
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	51,84	69,30	0,43	0,10	0,013	0,118	0,010	0,023	0,020	0,23
Rejeito	48,16	36,80	48,04	0,18	0,015	0,198	0,010	0,013	0,010	0,29

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,49	23,26	0,14	0,012	0,16	0,01	0,02	0,02	0,25
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	52,53	69,30	0,39	0,10	0,012	0,125	0,010	0,023	0,020	0,32
Rejeito	47,47	36,00	48,56	0,18	0,012	0,189	0,010	0,013	0,010	0,17

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	52,00	53,15	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	52,59	52,53	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	66,96	68,05	Re Al ₂ O ₃	0,71	0,71
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,05	99,12	Re P	1,08	1,00
Eficiência de Separação	64,81	65,89	Re Mn	0,74	0,78
Índice de Seletividade	14,50	15,48	Re PPC	1,05	1,45
Coefficiente de Separação	66,01	67,17			

Condições dos testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/l)	500,00	500,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 02

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,54	23,56	0,14	0,011	0,150	0,010	0,014	0,016	0,24
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,140	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	63,02	69,00	0,54	0,110	0,010	0,124	0,010	0,016	0,020	0,24
Rejeito	36,98	27,20	62,80	0,200	0,013	0,195	0,010	0,010	0,010	0,25

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,74	23,41	0,16	0,013	0,15	0,01	0,02	0,02	0,24
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,140	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	62,86	69,00	0,61	0,130	0,012	0,123	0,010	0,019	0,030	0,22
Rejeito	37,14	27,90	62,00	0,210	0,014	0,204	0,010	0,011	0,012	0,28

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	63,40	62,77	Re Fe	1,28	1,28
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	63,93	62,86	Re SiO ₂	0,02	0,03
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	81,21	80,72	Re Al ₂ O ₃	0,79	0,93
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,56	98,36	Re P	0,83	1,00
Eficiência de Separação	77,46	76,93	Re Mn	0,78	0,77
Índice de Seletividade	17,18	15,85	Re PPC	1,09	1,00
Coefficiente de Separação	79,77	79,08			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 03

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	54,02	23,09	0,15	0,012	0,153	0,010	0,013	0,016	0,32
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	66,02	68,60	1,37	0,12	0,011	0,124	0,010	0,015	0,019	0,29
Rejeito	33,98	25,70	65,30	0,22	0,014	0,210	0,010	0,010	0,010	0,37

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	54,29	22,89	0,14	0,013	0,15	0,01	0,02	0,02	0,31
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	65,32	68,61	1,22	0,11	0,012	0,120	0,010	0,020	0,019	0,28
Rejeito	34,68	27,32	63,70	0,21	0,016	0,212	0,010	0,012	0,010	0,38

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	65,27	63,89	Re Fe	1,28	1,28
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	66,17	65,32	Re SiO ₂	0,06	0,05
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	83,84	82,55	Re Al ₂ O ₃	0,86	0,79
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	96,08	96,52	Re P	0,92	1,00
Eficiência de Separação	78,13	76,85	Re Mn	0,78	0,75
Índice de Seletividade	11,28	11,45	Re PPC	1,32	1,27
Coeficiente de Separação	79,92	79,07			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem de depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 04

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,73	23,22	0,15	0,013	0,159	0,010	0,016	0,017	0,25
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	59,72	69,20	0,30	0,13	0,013	0,154	0,010	0,019	0,021	0,26
Rejeito	40,28	30,80	57,20	0,18	0,012	0,167	0,010	0,011	0,010	0,24

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,88	22,69	0,15	0,012	0,16	0,01	0,02	0,01	0,22
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	57,87	69,30	0,33	0,12	0,013	0,154	0,010	0,021	0,011	0,24
Rejeito	42,13	32,70	53,40	0,18	0,011	0,159	0,010	0,011	0,010	0,19

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	59,64	57,38	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	60,11	57,87	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	76,91	74,43	Re Al ₂ O ₃	0,93	0,86
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,23	99,16	Re P	1,08	1,08
Eficiência de Separação	74,05	71,99	Re Mn	0,96	0,96
Índice de Seletividade	20,70	18,52	Re PPC	1,18	1,09
Coefficiente de Separação	76,14	73,59			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 05

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,68	23,33	0,15	0,013	0,160	0,010	0,016	0,017	0,30
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	65,04	69,10	0,50	0,13	0,013	0,161	0,010	0,019	0,021	0,32
Rejeito	34,96	25,00	65,80	0,20	0,012	0,159	0,010	0,010	0,010	0,26

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,78	23,03	0,15	0,013	0,16	0,01	0,02	0,02	0,27
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	64,20	69,10	0,52	0,13	0,014	0,164	0,010	0,022	0,023	0,27
Rejeito	35,80	26,30	63,40	0,19	0,012	0,151	0,010	0,010	0,010	0,26

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	65,08	64,02	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	65,54	64,20	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	83,72	82,49	Re Al ₂ O ₃	0,93	0,93
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,61	98,55	Re P	1,08	1,17
Eficiência de Separação	80,21	79,01	Re Mn	1,01	1,03
Índice de Seletividade	19,07	17,90	Re PPC	1,45	1,23
Coefficiente de Separação	82,33	81,04			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 06

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,83	23,05	0,15	0,013	0,158	0,010	0,015	0,019	0,21
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	66,20	68,60	1,28	0,13	0,014	0,157	0,010	0,018	0,023	0,22
Rejeito	33,80	24,90	65,70	0,20	0,012	0,160	0,010	0,010	0,010	0,20

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,62	23,30	0,15	0,014	0,16	0,01	0,02	0,02	0,25
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	66,40	68,50	1,34	0,13	0,015	0,157	0,010	0,018	0,021	0,29
Rejeito	33,60	24,20	66,70	0,19	0,013	0,158	0,010	0,010	0,010	0,18

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	65,90	66,59	Re Fe	1,28	1,28
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	66,28	66,40	Re SiO ₂	0,06	0,06
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	84,37	84,83	Re Al ₂ O ₃	0,93	0,93
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	96,32	96,18	Re P	1,17	1,25
Eficiência de Separação	78,71	78,83	Re Mn	0,98	0,98
Índice de Seletividade	11,89	11,87	Re PPC	1,00	1,32
Coefficiente de Separação	80,69	81,02			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 07

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,73	23,63	0,16	0,013	0,155	0,010	0,014	0,016	0,26
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	64,13	69,01	0,44	0,15	0,014	0,178	0,010	0,017	0,020	0,31
Rejeito	35,87	26,41	65,10	0,18	0,010	0,113	0,010	0,010	0,010	0,18

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,63	23,10	0,15	0,014	0,16	0,01	0,02	0,02	0,31
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	62,26	69,10	0,37	0,13	0,016	0,180	0,010	0,019	0,023	0,34
Rejeito	37,74	28,10	60,60	0,17	0,012	0,116	0,010	0,010	0,010	0,27

Avaliação dos Resultados

	Teste		Duplicata	
	Teste	Duplicata	Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	64,06	62,44	Re Fe	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	65,11	62,26	Re SiO ₂	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	82,37	80,22	Re Al ₂ O ₃	1,07
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,81	99,00	Re P	1,17
Eficiência de Separação	78,54	76,88	Re Mn	1,11
Índice de Seletividade	19,66	20,07	Re PPC	1,41
Coefficiente de Separação	81,17	79,23		

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 08

Teste

Fluxo	%	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,74	22,94	0,16	0,012	0,153	0,014	0,014	0,016	0,25
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	65,44	69,09	0,52	0,14	0,013	0,171	0,010	0,016	0,019	0,24
Rejeito	34,56	24,68	65,40	0,19	0,010	0,119	0,021	0,010	0,010	0,27

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,69	23,11	0,15	0,014	0,16	0,01	0,02	0,02	0,27
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	65,89	68,90	0,60	0,13	0,015	0,174	0,010	0,018	0,022	0,28
Rejeito	34,11	24,30	66,60	0,18	0,012	0,129	0,010	0,011	0,010	0,25

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	65,35	65,92	Re Fe	1,29	1,28
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	65,35	65,89	Re SiO ₂	0,02	0,03
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	84,13	84,56	Re Al ₂ O ₃	1,00	0,93
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,52	98,29	Re P	1,08	1,25
Eficiência de Separação	80,55	80,20	Re Mn	1,07	1,09
Índice de Seletividade	18,76	17,74	Re PPC	1,09	1,27
Coefficiente de Separação	82,65	82,85			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 09

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,70	23,14	0,16	0,015	0,157	0,010	0,018	0,019	0,23
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	69,90	67,70	2,41	0,14	0,016	0,168	0,010	0,021	0,023	0,27
Rejeito	30,10	21,20	71,30	0,19	0,013	0,131	0,010	0,010	0,010	0,15

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,56	23,18	0,15	0,011	0,15	0,01	0,01	0,02	0,30
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	69,14	67,79	2,29	0,13	0,012	0,155	0,010	0,016	0,019	0,31
Rejeito	30,86	21,66	70,00	0,19	0,010	0,126	0,010	0,010	0,010	0,27

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	69,89	69,46	Re Fe	1,26	1,26
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	70,11	69,14	Re SiO ₂	0,10	0,10
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	88,12	87,52	Re Al ₂ O ₃	1,00	0,93
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	92,72	93,17	Re P	1,33	1,00
Eficiência de Separação	78,33	78,30	Re Mn	1,05	0,97
Índice de Seletividade	9,72	9,78	Re PPC	1,23	1,41
Coeficiente de Separação	80,84	80,69			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	25,00	25,00
Dosagem de depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 10

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,56	22,83	0,15	0,014	0,156	0,010	0,014	0,018	0,22
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	48,87	69,20	0,23	0,11	0,013	0,123	0,010	0,019	0,026	0,23
Rejeito	51,13	38,60	44,44	0,18	0,015	0,187	0,010	0,010	0,011	0,22

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,65	22,61	0,14	0,014	0,16	0,01	0,01	0,02	0,22
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	49,00	69,20	0,26	0,10	0,013	0,119	0,010	0,019	0,023	0,23
Rejeito	51,00	38,70	44,09	0,18	0,014	0,191	0,010	0,011	0,010	0,22

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	49,35	49,18	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	48,50	49,00	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	63,15	63,21	Re Al ₂ O ₃	0,79	0,71
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,51	99,44	Re P	1,08	1,08
Eficiência de Separação	60,83	60,87	Re Mn	0,77	0,74
Índice de Seletividade	18,61	17,41	Re PPC	1,05	1,05
Coefficiente de Separação	62,66	62,65			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 11

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,64	23,04	0,15	0,011	0,147	0,010	0,013	0,015	0,28
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	56,84	69,23	0,29	0,11	0,010	0,105	0,010	0,015	0,019	0,22
Rejeito	43,16	33,10	53,00	0,21	0,013	0,203	0,010	0,010	0,010	0,35

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,63	23,17	0,15	0,010	0,15	0,01	0,01	0,02	0,26
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	57,73	69,16	0,30	0,11	0,010	0,116	0,010	0,015	0,019	0,24
Rejeito	42,27	32,43	54,40	0,21	0,011	0,190	0,010	0,010	0,010	0,29

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	57,02	57,91	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	56,92	57,73	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	73,37	74,44	Re Al ₂ O ₃	0,79	0,79
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,28	99,25	Re P	0,83	0,83
Eficiência de Separação	70,76	71,55	Re Mn	0,66	0,73
Índice de Seletividade	19,55	19,66	Re PPC	1,00	1,09
Coefficiente de Separação	72,65	73,69			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 12

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,74	23,14	0,15	0,011	0,145	0,010	0,012	0,015	0,26
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	61,44	69,42	0,38	0,11	0,010	0,112	0,010	0,014	0,018	0,23
Rejeito	38,56	28,76	59,40	0,21	0,012	0,197	0,010	0,010	0,010	0,32

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,04	23,70	0,16	0,015	0,16	0,01	0,01	0,02	0,24
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	61,89	69,20	0,31	0,12	0,015	0,123	0,010	0,017	0,022	0,22
Rejeito	38,11	26,80	61,70	0,22	0,016	0,217	0,010	0,010	0,010	0,28

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	61,34	63,44	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	61,67	61,89	Re SiO ₂	0,02	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	79,36	80,75	Re Al ₂ O ₃	0,79	0,86
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,99	99,19	Re P	0,83	1,25
Eficiência de Separação	77,25	77,90	Re Mn	0,70	0,77
Índice de Seletividade	19,42	22,67	Re PPC	1,05	1,00
Coeficiente de Separação	78,35	79,94			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 13

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,75	23,22	0,15	0,011	0,147	0,010	0,013	0,015	0,27
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	54,54	69,26	0,24	0,12	0,011	0,146	0,010	0,016	0,019	0,28
Rejeito	45,46	35,13	50,80	0,19	0,010	0,149	0,010	0,010	0,010	0,25

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,58	23,60	0,16	0,011	0,15	0,01	0,01	0,02	0,28
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	53,82	69,24	0,27	0,13	0,011	0,148	0,010	0,017	0,021	0,33
Rejeito	46,18	35,32	50,80	0,20	0,011	0,155	0,010	0,010	0,010	0,22

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	54,41	54,19	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	54,98	53,82	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	70,29	69,56	Re Al ₂ O ₃	0,86	0,93
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,44	99,38	Re P	0,92	0,92
Eficiência de Separação	67,87	67,13	Re Mn	0,91	0,93
Índice de Seletividade	20,43	19,21	Re PPC	1,27	1,50
Coeficiente de Separação	69,73	68,94			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 14

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,19	24,55	0,16	0,011	0,152	0,010	0,014	0,016	0,26
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	59,36	69,21	0,34	0,13	0,011	0,145	0,010	0,016	0,020	0,26
Rejeito	40,64	29,78	59,90	0,21	0,012	0,162	0,010	0,010	0,010	0,27

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,51	23,58	0,17	0,012	0,15	0,01	0,01	0,02	0,28
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	60,58	69,23	0,27	0,14	0,012	0,152	0,010	0,016	0,020	0,31
Rejeito	39,42	29,36	59,40	0,21	0,012	0,152	0,010	0,010	0,010	0,23

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	60,66	61,05	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	61,95	60,58	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	77,24	78,37	Re Al ₂ O ₃	0,93	1,00
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,18	99,31	Re P	0,92	1,00
Eficiência de Separação	74,53	75,62	Re Mn	0,91	0,95
Índice de Seletividade	20,23	22,78	Re PPC	1,18	1,41
Coefficiente de Separação	76,42	77,68			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 15

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,72	23,42	0,17	0,012	0,154	0,010	0,014	0,016	0,25
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	63,95	69,22	0,37	0,14	0,013	0,154	0,010	0,017	0,019	0,26
Rejeito	36,05	26,24	64,30	0,21	0,010	0,155	0,010	0,010	0,010	0,22

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,62	23,38	0,16	0,011	0,16	0,01	0,01	0,02	0,27
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	64,06	69,01	0,37	0,13	0,012	0,162	0,010	0,016	0,021	0,29
Rejeito	35,94	26,18	64,40	0,20	0,010	0,153	0,010	0,010	0,010	0,23

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	63,89	64,25	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	64,60	64,06	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	82,39	82,45	Re Al ₂ O ₃	1,00	0,93
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,99	98,99	Re P	1,08	1,00
Eficiência de Separação	79,41	78,66	Re Mn	0,96	1,01
Índice de Seletividade	21,41	21,42	Re PPC	1,18	1,32
Coefficiente de Separação	81,38	81,44			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 16

Teste

Fluxo	Fluxo (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,76	23,46	0,16	0,012	0,162	0,010	0,014	0,017	0,22
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	57,41	69,36	0,28	0,14	0,013	0,182	0,010	0,017	0,022	0,23
Rejeito	42,59	32,72	54,70	0,19	0,010	0,136	0,010	0,010	0,010	0,21

Duplicata

Fluxo	Fluxo (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,69	23,58	0,17	0,012	0,16	0,01	0,01	0,02	0,24
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	59,57	69,19	0,28	0,15	0,014	0,183	0,010	0,017	0,023	0,30
Rejeito	40,43	30,85	57,90	0,19	0,010	0,133	0,010	0,010	0,010	0,15

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	57,26	59,60	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	58,25	59,57	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	74,08	76,77	Re Al ₂ O ₃	1,00	1,07
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,31	99,29	Re P	1,08	1,17
Eficiência de Separação	71,89	73,88	Re Mn	1,14	1,14
Índice de Seletividade	20,35	21,54	Re PPC	1,05	1,36
Coefficiente de Separação	73,39	76,06			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 17

Teste

Fluxo	(%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,60	23,38	0,16	0,012	0,162	0,010	0,014	0,018	0,25
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	62,59	69,11	0,35	0,14	0,013	0,175	0,010	0,016	0,022	0,25
Rejeito	37,41	27,64	61,90	0,20	0,010	0,139	0,010	0,010	0,010	0,26

Duplicata

Fluxo	(%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	55,04	21,49	0,13	0,014	0,17	0,01	0,01	0,02	0,26
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	66,05	69,29	0,34	0,10	0,015	0,182	0,010	0,017	0,023	0,28
Rejeito	33,95	27,32	62,66	0,20	0,012	0,143	0,010	0,010	0,010	0,21

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	62,84	62,85	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	63,20	66,05	Re SiO ₂	0,02	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	80,71	83,15	Re Al ₂ O ₃	1,00	0,71
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,06	98,96	Re P	1,08	1,25
Eficiência de Separação	77,39	80,10	Re Mn	1,09	1,14
Índice de Seletividade	21,03	21,62	Re PPC	1,14	1,27
Coefficiente de Separação	79,77	82,11			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 18

Teste

Fluxo	Fluxo (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,63	23,28	0,17	0,015	0,164	0,010	0,017	0,018	0,27
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	64,42	69,04	0,50	0,14	0,014	0,175	0,010	0,017	0,022	0,29
Rejeito	35,58	25,73	64,51	0,22	0,016	0,144	0,010	0,016	0,010	0,22

Duplicata

Fluxo	Fluxo (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,66	23,25	0,18	0,013	0,16	0,01	0,01	0,02	0,25
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	64,53	69,12	0,46	0,16	0,014	0,174	0,010	0,017	0,022	0,26
Rejeito	35,47	25,55	64,70	0,21	0,011	0,147	0,010	0,010	0,010	0,22

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	64,58	64,61	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	64,85	64,53	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	82,93	83,11	Re Al ₂ O ₃	1,00	1,14
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,62	98,72	Re P	1,17	1,17
Eficiência de Separação	79,23	79,71	Re Mn	1,09	1,09
Índice de Seletividade	18,61	19,51	Re PPC	1,32	1,18
Coefficiente de Separação	81,55	81,83			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	35,00	35,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 19

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,67	23,67	0,17	0,013	0,167	0,010	0,014	0,017	0,22
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	41,51	69,41	0,27	0,13	0,013	0,130	0,010	0,019	0,025	0,17
Rejeito	58,49	42,49	40,28	0,20	0,013	0,194	0,010	0,010	0,012	0,25

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,63	23,75	0,18	0,013	0,17	0,01	0,01	0,02	0,25
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	41,54	69,34	0,27	0,14	0,012	0,135	0,010	0,018	0,026	0,24
Rejeito	58,46	42,46	40,43	0,20	0,013	0,192	0,010	0,010	0,012	0,25

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	41,64	41,82	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	43,19	41,54	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	53,69	53,72	Re Al ₂ O ₃	0,93	1,00
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,53	99,53	Re P	1,08	1,00
Eficiência de Separação	52,24	52,09	Re Mn	0,81	0,84
Índice de Seletividade	15,61	15,64	Re PPC	0,77	1,09
Coefficiente de Separação	53,22	53,24			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g /t)	500,00	500,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 20

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,56	24,13	0,17	0,013	0,168	0,010	0,014	0,018	0,23
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	52,18	69,30	0,34	0,13	0,012	0,124	0,010	0,017	0,023	0,19
Rejeito	47,82	36,39	50,10	0,22	0,014	0,215	0,010	0,010	0,012	0,27

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,55	23,98	0,19	0,014	0,19	0,01	0,02	0,02	0,22
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	53,41	69,20	0,32	0,16	0,012	0,169	0,010	0,020	0,027	0,21
Rejeito	46,59	35,60	51,10	0,23	0,016	0,214	0,010	0,010	0,012	0,24

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	52,60	53,87	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	54,46	53,41	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	67,51	69,03	Re Al ₂ O ₃	0,93	1,14
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,26	99,29	Re P	1,00	1,00
Eficiência de Separação	65,36	66,50	Re Mn	0,78	1,06
Índice de Seletividade	16,75	17,62	Re PPC	0,86	0,95
Coefficiente de Separação	66,78	68,32			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 21

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,59	23,88	0,16	0,015	0,165	0,010	0,014	0,018	0,24
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	57,06	69,29	0,30	0,13	0,013	0,116	0,010	0,016	0,022	0,18
Rejeito	42,94	32,73	55,20	0,20	0,017	0,229	0,010	0,011	0,013	0,31

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,54	23,07	0,17	0,015	0,20	0,01	0,02	0,02	0,19
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	57,96	69,27	0,34	0,14	0,012	0,119	0,010	0,018	0,024	0,18
Rejeito	42,04	31,86	54,40	0,20	0,018	0,313	0,010	0,017	0,012	0,21

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	57,36	58,38	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	58,65	57,96	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	73,77	74,99	Re Al ₂ O ₃	0,93	1,00
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,28	99,15	Re P	1,08	1,00
Eficiência de Separação	71,37	72,49	Re Mn	0,73	0,74
Índice de Seletividade	19,74	18,65	Re PPC	0,82	0,82
Coeficiente de Separação	73,06	74,13			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem de depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	9,50	9,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 22

Teste

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,56	23,24	0,17	0,014	0,213	0,010	0,017	0,018	0,16
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	47,64	69,20	0,25	0,14	0,011	0,155	0,010	0,018	0,025	0,12
Rejeito	52,36	39,33	44,15	0,20	0,016	0,266	0,010	0,017	0,012	0,19

Duplicata

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,72	22,59	0,16	0,012	0,14	0,01	0,02	0,02	0,25
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	47,78	69,40	0,29	0,13	0,013	0,125	0,010	0,017	0,024	0,20
Rejeito	52,22	39,38	42,99	0,19	0,012	0,157	0,010	0,029	0,010	0,29

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	48,11	47,70	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	48,18	47,78	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	61,55	61,73	Re Al ₂ O ₃	1,00	0,93
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,49	99,39	Re P	0,92	1,08
Eficiência de Separação	59,29	60,02	Re Mn	0,97	0,78
Índice de Seletividade	17,63	16,16	Re PPC	0,55	0,91
Coefficiente de Separação	61,04	61,11			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 23

Teste

Fluxo	Fluxo (%)	Química Global								
		Fe (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	P (%)	Mn (%)	CaO (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	PPC (%)
AL Calculada	100,00	53,58	24,10	0,15	0,014	0,157	0,010	0,018	0,016	0,27
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	55,34	69,30	0,29	0,11	0,014	0,147	0,010	0,021	0,020	0,29
Rejeito	44,66	34,10	53,60	0,19	0,014	0,169	0,010	0,015	0,010	0,25

Duplicata

Fluxo	Fluxo (%)	Química Global								
		Fe (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	P (%)	Mn (%)	CaO (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	PPC (%)
AL Calculada	100,00	53,60	23,97	0,15	0,014	0,16	0,01	0,02	0,02	0,26
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	56,13	69,30	0,28	0,12	0,014	0,160	0,010	0,022	0,020	0,26
Rejeito	43,87	33,50	54,29	0,19	0,014	0,165	0,010	0,011	0,010	0,25

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	55,68	56,42	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	57,40	56,13	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	71,58	72,58	Re Al ₂ O ₃	0,79	0,86
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,33	99,34	Re P	1,17	1,17
Eficiência de Separação	69,29	70,26	Re Mn	0,92	1,00
Índice de Seletividade	19,38	20,03	Re PPC	1,32	1,18
Coeficiente de Separação	70,91	71,93			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem de depressor (g/t)	700,00	700,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 24

Teste

Fluxo	(%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,55	23,53	0,13	0,011	0,135	0,010	0,013	0,015	0,22
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	62,52	69,14	0,29	0,10	0,011	0,134	0,010	0,015	0,018	0,20
Rejeito	37,48	27,55	62,30	0,18	0,011	0,137	0,010	0,010	0,010	0,25

Duplicata

Fluxo	(%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,67	23,49	0,14	0,012	0,14	0,01	0,01	0,02	0,22
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	62,65	69,19	0,29	0,11	0,012	0,137	0,010	0,015	0,018	0,20
Rejeito	37,35	27,63	62,40	0,18	0,011	0,141	0,010	0,010	0,010	0,25

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	62,88	62,73	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	63,38	62,65	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	80,72	80,77	Re Al ₂ O ₃	0,71	0,79
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,23	99,23	Re P	0,92	1,00
Eficiência de Separação	77,53	77,74	Re Mn	0,84	0,86
Índice de Seletividade	23,22	23,21	Re PPC	0,91	0,91
Coefficiente de Separação	79,95	79,99			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	10,50	10,50

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 25

Teste

Fluxo	(%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	54,00	23,19	0,15	0,013	0,145	0,010	0,013	0,015	0,21
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	54,77	69,14	0,23	0,12	0,013	0,151	0,010	0,016	0,020	0,23
Rejeito	45,23	35,66	51,00	0,18	0,012	0,138	0,010	0,010	0,010	0,18

Duplicata

Fluxo	(%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,97	23,18	0,15	0,012	0,15	0,01	0,01	0,02	0,24
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	55,72	69,09	0,27	0,12	0,013	0,155	0,010	0,016	0,020	0,26
Rejeito	44,28	34,94	52,00	0,18	0,011	0,135	0,010	0,010	0,010	0,21

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	53,88	54,93	Re Fe	1,29	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	55,15	55,72	Re SiO ₂	0,01	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	70,13	71,33	Re Al ₂ O ₃	0,86	0,86
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,46	99,35	Re P	1,08	1,08
Eficiência de Separação	67,25	68,24	Re Mn	0,94	0,97
Índice de Seletividade	20,73	19,51	Re PPC	1,05	1,18
Coefficiente de Separação	69,59	70,68			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g/t)	500,00	500,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 26

Teste

Fluxo	Fluxo (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	54,05	23,23	0,15	0,012	0,145	0,010	0,014	0,015	0,23
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	61,17	69,30	0,27	0,12	0,013	0,153	0,010	0,016	0,018	0,23
Rejeito	38,83	30,02	59,40	0,19	0,011	0,132	0,010	0,010	0,010	0,22

Duplicata

Fluxo	Fluxo (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,92	23,14	0,14	0,011	0,14	0,01	0,01	0,01	0,16
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	61,03	69,22	0,25	0,12	0,012	0,149	0,010	0,015	0,018	0,10
Rejeito	38,97	29,95	59,00	0,18	0,010	0,130	0,010	0,010	0,010	0,25

Avaliação dos Resultados

	Teste		Duplicata	
	Teste	Duplicata	Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	60,29	60,48	Re Fe	1,29
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	61,56	61,03	Re SiO ₂	0,01
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	78,43	78,35	Re Al ₂ O ₃	0,86
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,29	99,34	Re P	1,08
Eficiência de Separação	75,83	75,47	Re Mn	0,96
Índice de Seletividade	22,54	23,35	Re PPC	1,05
Coefficiente de Separação	77,72	77,69		

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g /t)	700,00	700,00
pH	11,00	11,00

Ensaio de flotação bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 27

Teste

Fluxo	Fluxo (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	54,15	22,90	0,14	0,012	0,146	0,010	0,015	0,016	0,25
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	64,53	69,08	0,42	0,12	0,013	0,152	0,010	0,017	0,019	0,26
Rejeito	35,47	26,99	63,80	0,19	0,011	0,135	0,010	0,010	0,010	0,22

Duplicata

Fluxo	Fluxo (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,57	23,06	0,14	0,012	0,14	0,01	0,01	0,02	0,19
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,14	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	64,55	68,97	0,47	0,12	0,012	0,154	0,010	0,015	0,019	0,22
Rejeito	35,45	25,52	64,20	0,19	0,011	0,123	0,010	0,010	0,010	0,13

Avaliação dos Resultados

	Teste	Duplicata		Teste	Duplicata
Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	63,46	64,86	Re Fe	1,29	1,28
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	64,37	64,55	Re SiO ₂	0,02	0,02
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	82,32	83,11	Re Al ₂ O ₃	0,86	0,86
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,82	98,68	Re P	1,08	1,00
Eficiência de Separação	78,65	79,14	Re Mn	0,95	0,96
Índice de Seletividade	19,72	19,21	Re PPC	1,18	1,00
Coefficiente de Separação	81,14	81,80			

Condições do testes

	Teste	Duplicata
Dosagem de coletor (g/t)	45,00	45,00
Dosagem depressor (g/t)	900,00	900,00
pH	11,00	11,00

ANEXO 3 – Resultados Testes de Cinética de flotação Amostra Global e amostra peneirada em 0,150mm – Dosagem de 35g/t de coletor

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 120 - Dosagem de 35g/t de coletor

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,55	23,88	0,133	0,014	0,169	0,010	0,038	0,064	0,28
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	60,14	68,74	0,90	0,120	0,014	0,160	0,010	0,054	0,072	0,31
Flotado 1	27,10	21,18	68,43	0,120	0,011	0,135	0,010	0,010	0,051	0,17
Flotado 2	8,39	35,01	48,56	0,190	0,017	0,227	0,010	0,013	0,052	0,34
Flotado 3	2,87	54,95	21,65	0,240	0,023	0,365	0,010	0,023	0,064	0,51
Flotado 4	1,50	63,65	6,45	0,390	0,028	0,451	0,024	0,058	0,074	0,61
Flotado total	39,86	28,12	58,55	0,15	0,01	0,18	0,01	0,01	0,05	0,25

Concentrado 1	72,90	64,21	7,31	0,138	0,015	0,182	0,010	0,048	0,069	0,33
Concentrado 2	64,51	68,01	1,95	0,132	0,015	0,176	0,010	0,053	0,072	0,33
Concentrado 3	61,64	68,62	1,03	0,127	0,014	0,167	0,010	0,054	0,072	0,32

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	59,53
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	56,63
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	78,67
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	97,73
Eficiência de Separação	74,40
Índice de Seletividade	12,61
Coefficiente de Separação	76,40

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,314
Re SiO ₂	0,035
Re Al ₂ O ₃	0,667
Re P	1,273
Re Mn	1,006
Re CaO	0,238

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	32,5
Flotado 2	65,0
Flotado 3	97,5
Flotado 4	130,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
1,50	0,54	0,28	0,54
2,94	1,08	0,45	1,08
3,62	1,63	0,54	1,63
3,79	2,17	0,61	2,17
K _{fast}	2,73	K	0,32
K _{slow}	0,780		

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 121 - Dosagem de 35g/t de coletor

Fluxo	(%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,29	23,84	0,179	0,015	0,165	0,014	0,058	0,068	0,18
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	60,78	68,79	0,68	0,180	0,016	0,165	0,016	0,086	0,073	0,16
Flotado 1	27,75	18,12	71,54	0,130	0,010	0,107	0,010	0,010	0,057	0,10
Flotado 2	7,04	38,05	45,50	0,230	0,016	0,232	0,010	0,017	0,059	0,34
Flotado 3	2,42	59,56	12,78	0,380	0,024	0,392	0,010	0,037	0,071	0,59
Flotado 4	2,01	66,35	3,18	0,390	0,029	0,459	0,015	0,026	0,072	0,72
Flotado total	39,22	26,72	59,74	0,18	0,013	0,165	0,010	0,014	0,059	0,21

Concentrado 1	72,25	65,42	5,52	0,197	0,017	0,187	0,015	0,076	0,072	0,21
Concentrado 2	65,21	68,37	1,21	0,194	0,017	0,182	0,016	0,082	0,073	0,19
Concentrado 3	62,79	68,71	0,76	0,187	0,016	0,174	0,016	0,084	0,073	0,18

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	60,80
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	57,30
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	79,96
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,27
Eficiência de Separação	75,87
Índice de Seletividade	15,04
Coefficiente de Separação	78,23

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,315
Re SiO ₂	0,026
Re Al ₂ O ₃	1,000
Re P	1,455
Re Mn	1,038
Re CaO	0,381

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	32,5
Flotado 2	65,0
Flotado 3	97,5
Flotado 4	130,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
1,79	0,54	0,23	0,54
3,41	1,08	0,35	1,08
3,91	1,63	0,42	1,63
4,05	2,17	0,49	2,17
K _{fast}	3,18	K	0,26
K _{slow}	0,59		

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Média Teste 120 e 121 - Dosagem de 35g/t de coletor

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	52,44	23,84	0,156	0,014	0,167	0,012	0,048	0,066	0,23
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	60,46	68,77	0,79	0,15	0,02	0,16	0,01	0,07	0,07	0,24
Flotado 1	27,43	19,65	69,99	0,13	0,01	0,12	0,01	0,01	0,05	0,14
Flotado 2	7,71	36,53	47,03	0,21	0,02	0,23	0,01	0,02	0,06	0,34
Flotado 3	2,65	57,26	17,22	0,31	0,02	0,38	0,01	0,03	0,07	0,55
Flotado 4	1,75	65,00	4,82	0,39	0,03	0,46	0,02	0,04	0,07	0,67
Flotado total	39,54	27,47	59,09	0,17	0,01	0,17	0,01	0,01	0,06	0,23

Concentrado 1	72,57	64,83	6,40	0,168	0,016	0,185	0,013	0,062	0,071	0,27
Concentrado 2	64,86	68,19	1,57	0,163	0,016	0,179	0,013	0,068	0,072	0,26
Concentrado 3	62,22	68,66	0,90	0,157	0,015	0,171	0,013	0,069	0,073	0,25

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	60,13
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	56,93
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	79,29
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,00
Eficiência de Separação	75,10
Índice de Seletividade	13,68
Coefficiente de Separação	77,28

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,315
Re SiO ₂	0,031
Re Al ₂ O ₃	0,833
Re P	1,364
Re Mn	1,022
Re CaO	0,310

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	32,5
Flotado 2	65,0
Flotado 3	97,5
Flotado 4	130,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
1,64	0,54	0,25	0,54
3,15	1,08	0,39	1,08
3,75	1,63	0,47	1,63
3,91	2,17	0,54	2,17
K _{fast}	2,93	K	0,28
K _{slow}	0,70		

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 124 - Dosagem de 35g/t de coletor

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,62	22,11	0,166	0,014	0,167	0,014	0,043	0,077	0,25
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,140	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	61,62	68,93	0,43	0,150	0,015	0,160	0,016	0,060	0,089	0,25
Flotado 1	27,35	20,14	69,72	0,140	0,010	0,123	0,010	0,010	0,050	0,17
Flotado 2	6,29	41,30	38,90	0,250	0,017	0,243	0,010	0,010	0,062	0,32
Flotado 3	2,70	62,08	10,17	0,390	0,026	0,384	0,013	0,036	0,098	0,51
Flotado 4	2,04	66,70	2,80	0,440	0,029	0,432	0,019	0,102	0,088	0,54
Flotado total	38,38	29,04	56,92	0,19	0,01	0,18	0,01	0,02	0,06	0,24

Concentrado 1	72,65	66,22	4,19	0,176	0,016	0,183	0,015	0,056	0,087	0,27
Concentrado 2	66,36	68,58	0,90	0,169	0,016	0,177	0,016	0,060	0,089	0,27
Concentrado 3	63,65	68,86	0,51	0,159	0,015	0,169	0,016	0,061	0,089	0,26

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	61,82
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	60,05
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	79,21
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,80
Eficiência de Separação	75,26
Índice de Seletividade	17,73
Coefficiente de Separação	78,02

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,284
Re SiO ₂	0,019
Re Al ₂ O ₃	1,071
Re P	1,250
Re Mn	1,000
Re CaO	1,600

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	30,3
Flotado 2	60,5
Flotado 3	90,8
Flotado 4	121,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
1,98	0,50	0,26	0,50
3,61	1,01	0,39	1,01
4,23	1,51	0,49	1,51
4,42	2,02	0,59	2,02
K _{fast}	3,65	K	0,28
K _{slow}	0,81		

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 125 - Dosagem de 35g/t de coletor

Fluxo	%	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,68	22,15	0,179	0,015	0,164	0,013	0,035	0,082	0,22
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,140	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	61,60	69,07	0,41	0,170	0,015	0,162	0,014	0,045	0,082	0,20
Flotado 1	27,17	19,10	70,93	0,130	0,011	0,108	0,010	0,010	0,084	0,18
Flotado 2	6,35	43,44	37,76	0,280	0,017	0,248	0,010	0,010	0,070	0,33
Flotado 3	2,39	63,04	7,24	0,400	0,026	0,377	0,015	0,037	0,075	0,51
Flotado 4	2,48	67,30	2,05	0,450	0,029	0,414	0,022	0,107	0,092	0,58
Flotado total	38,40	28,98	57,03	0,19	0,01	0,17	0,01	0,02	0,08	0,25

Concentrado 1	72,83	66,58	3,95	0,197	0,016	0,185	0,014	0,044	0,081	0,23
Concentrado 2	66,47	68,79	0,72	0,189	0,016	0,179	0,014	0,047	0,082	0,23
Concentrado 3	64,08	69,00	0,47	0,181	0,016	0,172	0,014	0,047	0,082	0,21

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	61,66
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	60,10
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	79,27
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,86
Eficiência de Separação	75,84
Índice de Seletividade	18,21
Coefficiente de Separação	78,13

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,286
Re SiO ₂	0,018
Re Al ₂ O ₃	1,214
Re P	1,250
Re Mn	1,013
Re CaO	1,400

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	30,3
Flotado 2	60,5
Flotado 3	90,8
Flotado 4	121,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
2,04	0,50	0,22	0,50
3,84	1,01	0,35	1,01
4,29	1,51	0,43	1,51
4,47	2,02	0,53	2,02
K _{fast}	3,86	K	0,25
K _{slow}	0,63		

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Média Teste 124 e 125 - Dosagem de 35g/t de coletor

Fluxo		Química Global								
		Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	Mn	CaO	MgO	TiO ₂	PPC
	(%)	%	%	%	%	%	%	%	%	%
AL Calculada	100,00	53,65	22,13	0,172	0,014	0,165	0,013	0,039	0,079	0,23
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,140	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	61,61	69,00	0,42	0,16	0,02	0,16	0,02	0,05	0,09	0,23
Flotado 1	27,26	19,62	70,33	0,14	0,01	0,12	0,01	0,01	0,07	0,18
Flotado 2	6,32	42,37	38,33	0,27	0,02	0,25	0,01	0,01	0,07	0,33
Flotado 3	2,55	62,56	8,71	0,40	0,03	0,38	0,01	0,04	0,09	0,51
Flotado 4	2,26	67,00	2,43	0,45	0,03	0,42	0,02	0,10	0,09	0,56
Flotado total	38,39	29,00	56,97	0,19	0,01	0,17	0,01	0,02	0,07	0,24

Concentrado 1	72,74	66,40	4,07	0,186	0,016	0,184	0,015	0,050	0,084	0,25
Concentrado 2	66,42	68,68	0,81	0,179	0,016	0,178	0,015	0,054	0,086	0,25
Concentrado 3	63,87	68,93	0,49	0,170	0,015	0,170	0,015	0,054	0,086	0,24

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	61,75
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	60,07
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	79,24
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,83
Eficiência de Separação	75,55
Índice de Seletividade	17,96
Coefficiente de Separação	78,07

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,285
Re SiO ₂	0,018
Re Al ₂ O ₃	1,143
Re P	1,250
Re Mn	1,006
Re CaO	1,500

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	30,3
Flotado 2	60,5
Flotado 3	90,8
Flotado 4	121,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
2,01	0,50	0,24	0,50
3,72	1,01	0,37	1,01
4,26	1,51	0,46	1,51
4,45	2,02	0,56	2,02
K _{fast}	3,75	K	0,27
K _{slow}	0,72		

ANEXO 4 – Resultados Testes de Cinética de flotação Amostra Global e amostra peneirada em 0,150mm – Dosagem de 45g/t de coletor

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 122 - Dosagem de 45g/t de coletor

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	51,56	24,66	0,147	0,014	0,163	0,010	0,023	0,069	0,24
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	58,32	68,79	0,31	0,130	0,015	0,165	0,010	0,027	0,076	0,29
Flotado 1	30,33	18,12	71,54	0,130	0,010	0,107	0,010	0,010	0,057	0,10
Flotado 2	6,80	43,75	37,20	0,240	0,016	0,249	0,010	0,024	0,060	0,33
Flotado 3	2,47	63,48	8,45	0,340	0,024	0,355	0,013	0,053	0,071	0,47
Flotado 4	2,08	67,46	2,25	0,360	0,027	0,415	0,019	0,045	0,073	0,54
Flotado total	41,68	27,46	58,73	0,17	0,01	0,160	0,011	0,017	0,059	0,18

Concentrado 1	69,67	66,12	4,26	0,155	0,016	0,187	0,010	0,028	0,074	0,31
Concentrado 2	62,87	68,54	0,69	0,146	0,016	0,181	0,010	0,029	0,076	0,31
Concentrado 3	60,40	68,74	0,38	0,138	0,015	0,174	0,010	0,028	0,076	0,30

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	60,10
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	56,20
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	77,80
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,27
Eficiência de Separação	74,04
Índice de Seletividade	21,79
Coefficiente de Separação	77,07

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,315
Re SiO ₂	0,012
Re Al ₂ O ₃	0,722
Re P	1,364
Re Mn	1,038
Re CaO	0,238

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	30,0
Flotado 2	60,0
Flotado 3	90,0
Flotado 4	120,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
2,12	0,50	0,31	0,50
4,03	1,00	0,47	1,00
4,69	1,50	0,57	1,50
4,92	2,00	0,67	2,00
K _{fast}	4,07	K	0,38
K _{slow}	0,88		

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Teste 123 - Dosagem de 45g/t de coletor

Fluxo	massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	51,26	25,31	0,165	0,014	0,158	0,015	0,030	0,084	0,19
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	58,82	68,76	0,36	0,170	0,015	0,168	0,012	0,041	0,083	0,20
Flotado 1	29,38	16,13	75,39	0,100	0,010	0,081	0,023	0,010	0,091	0,10
Flotado 2	6,66	40,95	39,97	0,250	0,017	0,235	0,010	0,010	0,063	0,25
Flotado 3	2,53	63,02	9,09	0,390	0,024	0,366	0,011	0,045	0,090	0,50
Flotado 4	2,61	67,15	2,27	0,340	0,026	0,404	0,013	0,045	0,080	0,50
Flotado total	41,18	26,26	60,96	0,16	0,01	0,144	0,020	0,014	0,086	0,17

Concentrado 1	70,62	65,87	4,48	0,192	0,016	0,190	0,012	0,038	0,081	0,23
Concentrado 2	63,96	68,47	0,78	0,186	0,016	0,185	0,012	0,041	0,083	0,22
Concentrado 3	61,43	68,69	0,44	0,177	0,015	0,178	0,012	0,041	0,083	0,21

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	61,27
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	57,85
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	78,91
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,16
Eficiência de Separação	75,08
Índice de Seletividade	21,06
Coefficiente de Separação	78,07

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,315
Re SiO ₂	0,014
Re Al ₂ O ₃	0,944
Re P	1,364
Re Mn	1,057
Re CaO	0,286

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	30,0
Flotado 2	60,0
Flotado 3	90,0
Flotado 4	120,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
2,08	0,50	0,20	0,50
3,92	1,00	0,33	1,00
4,54	1,50	0,41	1,50
4,78	2,00	0,50	2,00
K _{fast}	3,97	K	0,27
K _{slow}	0,86		

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra global)

Média Teste 122 e 123 - Dosagem de 45g/t de coletor

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	51,40	25,00	0,156	0,014	0,160	0,013	0,026	0,077	0,22
AL Analisada	-	52,30	25,90	0,180	0,011	0,159	0,042	0,026	0,023	0,24
Concentrado	58,57	68,78	0,34	0,15	0,02	0,17	0,01	0,03	0,08	0,25
Flotado 1	29,85	17,13	73,47	0,12	0,01	0,09	0,02	0,01	0,07	0,10
Flotado 2	6,73	42,35	38,59	0,25	0,02	0,24	0,01	0,02	0,06	0,29
Flotado 3	2,50	63,25	8,77	0,37	0,02	0,36	0,01	0,05	0,08	0,49
Flotado 4	2,35	67,31	2,26	0,35	0,03	0,41	0,02	0,05	0,08	0,52
Flotado total	41,43	26,85	59,86	0,16	0,01	0,152	0,015	0,015	0,073	0,18

Concentrado 1	70,15	65,99	4,37	0,173	0,016	0,189	0,011	0,033	0,078	0,27
Concentrado 2	63,42	68,50	0,74	0,166	0,016	0,183	0,011	0,035	0,079	0,26
Concentrado 3	60,92	68,72	0,41	0,158	0,015	0,176	0,011	0,034	0,079	0,26

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	60,71
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	57,05
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	78,36
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,22
Eficiência de Separação	74,56
Índice de Seletividade	21,39
Coefficiente de Separação	77,58

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,315
Re SiO ₂	0,013
Re Al ₂ O ₃	0,833
Re P	1,364
Re Mn	1,047
Re CaO	0,262

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	30,0
Flotado 2	60,0
Flotado 3	90,0
Flotado 4	120,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
2,10	0,50	0,25	0,50
3,98	1,00	0,39	1,00
4,61	1,50	0,48	1,50
4,85	2,00	0,57	2,00
K _{fast}	4,02	K	0,319
K _{slow}	0,87		

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 126 - Dosagem de 45g/t de coletor

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,70	22,19	0,157	0,015	0,168	0,013	0,078	0,095	0,20
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,140	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	59,88	69,17	0,34	0,130	0,016	0,168	0,013	0,117	0,097	0,17
Flotado 1	28,40	20,00	69,83	0,130	0,011	0,112	0,010	0,010	0,097	0,13
Flotado 2	6,09	47,04	32,13	0,310	0,018	0,253	0,014	0,010	0,080	0,49
Flotado 3	2,87	64,76	5,41	0,410	0,025	0,343	0,015	0,068	0,073	0,61
Flotado 4	2,77	67,98	1,39	0,410	0,026	0,369	0,023	0,080	0,069	0,63
Flotado total	40,12	30,61	54,79	0,20	0,01	0,17	0,01	0,02	0,09	0,25

Concentrado 1	71,60	67,06	3,29	0,167	0,017	0,190	0,014	0,105	0,094	0,23
Concentrado 2	65,51	68,93	0,61	0,154	0,017	0,184	0,014	0,113	0,095	0,21
Concentrado 3	62,64	69,12	0,39	0,142	0,016	0,177	0,013	0,115	0,096	0,19

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	59,88
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	58,38
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	77,13
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,08
Eficiência de Separação	74,15
Índice de Seletividade	19,08
Coefficiente de Separação	76,21

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,288
Re SiO ₂	0,015
Re Al ₂ O ₃	0,929
Re P	1,333
Re Mn	1,050
Re CaO	1,300

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	30,0
Flotado 2	60,0
Flotado 3	90,0
Flotado 4	120,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
2,24	0,50	0,27	0,50
4,02	1,00	0,44	1,00
4,52	1,50	0,56	1,50
4,69	2,00	0,70	2,00
K _{fast}	4,12	K	0,34
K _{slow}	0,67		

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Teste 127 - Dosagem de 45g/t de coletor

Fluxo	Massa (%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,47	22,13	0,170	0,014	0,163	0,010	0,054	0,078	0,27
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,140	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	59,19	68,78	0,40	0,160	0,015	0,159	0,010	0,076	0,089	0,27
Flotado 1	30,47	21,45	67,43	0,130	0,010	0,116	0,010	0,010	0,055	0,18
Flotado 2	5,28	53,63	23,00	0,290	0,020	0,283	0,010	0,026	0,079	0,52
Flotado 3	2,54	66,37	3,89	0,430	0,025	0,353	0,014	0,056	0,077	0,51
Flotado 4	2,52	67,69	1,27	0,380	0,026	0,373	0,017	0,113	0,088	0,59
Flotado total	40,81	31,26	53,65	0,18	0,01	0,17	0,01	0,02	0,06	0,27

Concentrado 1	69,53	67,50	2,28	0,188	0,016	0,183	0,010	0,073	0,088	0,31
Concentrado 2	64,24	68,64	0,57	0,179	0,016	0,175	0,010	0,077	0,088	0,29
Concentrado 3	61,71	68,74	0,44	0,169	0,015	0,168	0,010	0,078	0,089	0,28

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	59,81
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	57,56
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	76,14
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	98,93
Eficiência de Separação	71,84
Índice de Seletividade	17,18
Coefficiente de Separação	75,07

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,281
Re SiO ₂	0,017
Re Al ₂ O ₃	1,143
Re P	1,250
Re Mn	0,994
Re CaO	1,000

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	30,0
Flotado 2	60,0
Flotado 3	90,0
Flotado 4	120,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
2,64	0,50	0,27	0,50
4,10	1,00	0,39	1,00
4,41	1,50	0,49	1,50
4,54	2,00	0,59	2,00
K _{fast}	4,33	K	0,28
K _{slow}	0,44		

Ensaio Cinética de flotação em bancada

Amostra: Underflow da deslamagem da ITMD da Mina do Pico (amostra peneirada em 0,150mm)

Média Teste 126 e 127 - Dosagem de 45g/t de coletor

Fluxo	(%)	Química Global								
		Fe %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	P %	Mn %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	PPC %
AL Calculada	100,00	53,59	22,15	0,163	0,015	0,165	0,011	0,066	0,086	0,24
AL Analisada	-	53,70	23,00	0,140	0,012	0,160	0,010	0,014	0,016	0,22
Concentrado	59,53	68,98	0,37	0,15	0,02	0,16	0,01	0,10	0,09	0,22
Flotado 1	29,44	20,73	68,63	0,13	0,01	0,11	0,01	0,01	0,08	0,16
Flotado 2	5,69	50,34	27,57	0,30	0,02	0,27	0,01	0,02	0,08	0,51
Flotado 3	2,70	65,57	4,65	0,42	0,03	0,35	0,01	0,06	0,08	0,56
Flotado 4	2,64	67,84	1,33	0,40	0,03	0,37	0,02	0,10	0,08	0,61
Flotado total	40,47	30,95	54,20	0,19	0,01	0,17	0,01	0,02	0,08	0,26

Concentrado 1	70,56	67,30	2,76	0,177	0,017	0,187	0,012	0,089	0,091	0,27
Concentrado 2	64,88	68,79	0,59	0,167	0,016	0,180	0,012	0,095	0,092	0,25
Concentrado 3	62,18	68,93	0,41	0,156	0,016	0,172	0,012	0,097	0,092	0,24

Recuperação Mássica (%) (Teor Fe)	59,82
Recuperação Mássica (%) (Teor de SiO ₂)	57,96
Recuperação Metálica (%) (Teor de Fe)	76,63
Recuperação SiO ₂ para o Rejeito	99,01
Eficiência de Separação	72,98
Índice de Seletividade	18,07
Coefficiente de Separação	75,63

Razão de Enriquecimento	
Re Fe	1,284
Re SiO ₂	0,016
Re Al ₂ O ₃	1,036
Re P	1,292
Re Mn	1,022
Re CaO	1,150

Tempo de coleta (s)	
Flotado 1	30,0
Flotado 2	60,0
Flotado 3	90,0
Flotado 4	120,0

Cinética de flotação			
1ª ordem SiO ₂		1ª ordem Al ₂ O ₃	
0	0	0	0
2,43	0,50	0,27	0,50
4,06	1,00	0,41	1,00
4,46	1,50	0,52	1,50
4,61	2,00	0,64	2,00
K _{fast}	4,22	K	0,31
K _{slow}	0,55		

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)