



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS
Pós-Graduação *Lato Sensu* em Beneficiamento Mineral



Estudo de beneficiamento do over size do peneiramento de proteção dos separadores Jones da Usina de Brucutu.

Ouro Preto

2010

Bruno Carvalho Batista da Silva

Estudo de beneficiamento do over size do peneiramento de proteção dos separadores Jones da Usina de Brucutu.

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito para obtenção do título de Especialista em Beneficiamento Mineral.

Orientador: Prof. Carlos Alberto Pereira.

Ouro Preto

2010

Agradecimentos

O autor agradece a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram na elaboração deste trabalho e, em particular:

Ao Professor Carlos Alberto, pela contribuição para a elaboração e conclusão deste trabalho.

A Vale, pelo incentivo, contribuições e oportunidade.

A minha família esposa, pais, irmãos e amigos pela compreensão da ausência e estímulo.

Resumo

A busca por redução de custos e aumento da produção levou a estudos de rota de concentração para o fluxo de over size do peneiramento de proteção da separação magnética de alta intensidade da mina de Brucutu.

Para este estudo foi coletado uma amostra com massa de 1t de minério após homogeneizada foram separadas alíquotas e realizados ensaios de bancada em separadores magnéticos tipo L4.

De posse dos resultados foi possível a avaliação da viabilidade de concentração pro separação magnética e a proposição de novos estudos.

Abstract

The search for cost reductions and increased production led to studies of route for the flow averaged concentration over the size of the protective screening of high-intensity magnetic separation of Brucutu mine.

For this study sample was collected with a mass of 1t of ore after homogenized aliquots were separated and performed bench tests on magnetic separators type L4.

With the results it was possible to assess the feasibility of magnetic separation and concentration pro propose new studies.

Sumário

Agradecimentos	2
Resumo	3
Abstract	4
1. Introdução	6
2. Objetivos e relevância	7
3. Revisão bibliográfica	8
3.1 Métodos de concentração atualmente usados no Brasil, Araújo (2003) e Ernandes (2005)	9
3.1.1 Dados históricos	9
3.1.2 Práticas correntes	10
3.2 Minerais portadores de ferro, Dana (1974) e Ernandes (2005)	11
3.2.1 Principais minerais de ganga	13
3.3 Separação magnética (Da luz, Sampaio, 2004)	13
3.3.1 Intensidade de Campo Magnético	19
3.4 Concentração Magnética, Underlbach (1990) Kaiser (2008)	20
3.4.1 Conceitos Básicos	20
3.5 Análise mineralógica	22
3.5.1 Fração -1,0+0,21mm	23
4 Metodologia	27
4.1 Preparação das amostras	27
4.2 Avaliação dos resultados químicos	29
4.3 Testes de concentração magnética em L-4	32
5 Conclusão	34
6 Referencias Bibliográficas:	35

1. Introdução

Este trabalho tem o objetivo de estudar a rota de concentração por separação magnética para o over size do peneiramento de proteção da separação magnética de brucutu,

O circuito de separação magnética da usina de brucutu concentra a fração -1+0,15mm do ROM e é composto por separadores magnéticos de baixa intensidade tipo “WDRE”, que tem a função de concentrar a magnetita e impedir a obstrução dos separadores de alta intensidade tipo “Jones”, o rejeito da separação magnética de média intensidade alimenta o peneiramento de proteção, o over size deste peneiramento alimenta a moagem e posteriormente a flotação, e é para este fluxo que será estudado a rota de concentração, com objetivo de liberação de capacidade da moagem, atual gargalo da usina e da flotação segundo gargalo do processo, além da “liberação” de capacidade através de concentração por meio magnético levará também a redução de consumo de corpos moedores e reagentes na flotação.

Atualmente este fluxo representa 4% do ROM alimentado, e segundo estudo para determinação da influência dos diversos tipos litológicos nas operações do concentrador da mina de Brucutu ABM 2009 ele possui bom grau de liberação para SiO₂. Para este trabalho serão utilizados dados levantados em estudos recentes e dados do projeto inicial de Brucutu.

2. Objetivos e relevância

O objetivo do trabalho é a partir da coleta de amostras representativas do processo realizar testes de bancada a fim de analisar a viabilidade da concentração do fluxo via separação Magnética. Desta forma o trabalho envolve:

- Levantamento de dados e trabalhos já realizados e revisão bibliográfica;
- Coleta de amostras do processo;
- Ensaios em escala de bancada para separação magnética;
- Análise dos resultados e proposições.

Este trabalho contribui para o aumento do grau de conhecimento sobre as possíveis rotas de processamento aplicáveis ao aproveitamento de minérios com estreita faixa granulométrica através de separação magnética.

3. Revisão bibliográfica

A Vale é a maior empresa privada do Brasil. É a maior produtora de minério de ferro do mundo e a segunda maior de níquel. A Vale destaca-se ainda na produção de manganês, cobre, bauxita, caulinita, carvão, cobalto, platina, alumina e alumínio.

A antiga empresa de economia mista, criada no governo Getúlio Vargas, é hoje uma empresa privada, de capital aberto, com sede na cidade do Rio de Janeiro, e ações negociadas na Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) e na Bolsa de Valores de Nova York (NYSE), integrando o Dow Jones Sector Titans Composite Index.

Em 24 de outubro de 2006 a Vale anunciou a incorporação da INCO canadense, a maior mineradora de níquel do mundo, que foi efetivada no decorrer de 2007. Após essa incorporação, o novo conglomerado empresarial CVRD Inco - que mudou oficialmente de nome em novembro de 2007 - tornou-se a 31ª maior empresa do mundo, atingindo um valor de mercado de R\$ 298 bilhões, à frente da IBM. Em 2008 seu valor de mercado foi estimado em 196 bilhões de dólares pela consultoria Econômica, perdendo no Brasil apenas para a Petrobras (287 bilhões) e se tornando a 12º maior empresa do mundo.

O Conselho de Administração da Vale é controlado pela Valepar S.A, que detém 53,3% do capital votante da Vale (33,6% do capital total). Por sua vez a constituição acionária da Valepar é a seguinte: Litel/Litela (fundos de investimentos administrados pela Previ) com 58,1% das ações, Bradespar com 17,4%, Mitsui com 15,0%, BNDESpar com 9,5%, Elétron (Opportunity) com 0,02%. Se considerarmos as ações da Previ - Caixa de Previdência dos Funcionários do Banco do Brasil, de gestão compartilhada, (cuja diretoria é subordinada ao

Conselho Diretor da Previ, composto por três representantes indicados pelo Banco do Brasil e por três representantes eleitos por voto direto pelos participantes do plano - funcionários da ativa do Banco - e assistidos - funcionários aposentados e pensionistas) e do BNDES como de alguma influência do governo federal, esta influencia, por posse ou indicação, cerca de 41% do capital votante (incluindo participações externas à Valepar). Se

incluirmos a participação do Bradesco e dos investidores brasileiros, 65% do capital votante da empresa se encontram no País.

A partir de 29 de novembro de 2007 a marca e o nome de fantasia da empresa passaram a ser apenas Vale, nome pelo qual sempre foi conhecida nas bolsas de valores, mas foi mantida a razão social original Companhia Vale do Rio Doce. Em uma assembléia geral realizada em 22 de maio de 2009 foi aprovada a alteração da razão social da empresa para Vale S. A

3.1 Métodos de concentração atualmente usados no Brasil, Araújo (2003) e Ernandes (2005)

3.1.1 Dados históricos

A produção de minério de ferro no Brasil restringiu-se a hematitas de altos teores até os anos setenta, quando o primeiro grande projeto baseado exclusivamente na concentração de minérios itabiríticos de baixo teor foi colocado em operação pela Samarco na mina de Germano em Mariana, Minas Gerais, em 1977 (mineração, beneficiamento, transporte por mineroduto e pelotização). Antes disso, a Companhia Vale do Rio Doce (atual Vale) com operações nas usinas de Cauê e Conceição, em Itabira, Minas Gerais, já vinha utilizando, de modo pioneiro, separadores magnéticos de alta intensidade (separação magnética de alta intensidade a úmido – WHIMS – DP317) para o beneficiamento de itabiritos junto com hematitas de alto teor ainda disponível naquele complexo de mineração.

As demais unidades que utilizavam concentração de minério de ferro naquela época eram: a mina da Fábrica (antiga Ferteco, atualmente Vale) em Congonhas no Estado de Minas Gerais, através de separação magnética de alta intensidade, e a mina já exaurida de Piçarrão (Companhia Vale do Rio Doce, atual Vale), em Nova Era, Minas Gerais onde jigues e espirais de Humphreys foram utilizados no beneficiamento de itabiritos.

Havia também operações realizadas em minério de ferro que beneficiavam hematitas de altos teores que passavam por operações de fragmentação, peneiramento, classificação e deslamagem, mantendo-se elevados rendimentos mássicos nas usinas. Um excelente exemplo destas usinas é Águas Claras (Minerações Brasileiras reunidas - MBR, atual Vale) que teve início de operação em 1973 e exaustão em julho de 2001. Esta usina que alcançou a produção máxima em 1993 (13 milhões de toneladas por ano) de granulados, sinter feed e pellet feed, era uma das maiores instalações de beneficiamento operando no Quadrilátero Ferrífero.

3.1.2 Práticas correntes

A concentração gravítica, magnética e flotação são métodos empregados em separado, ou, mais comumente, combinados, para a concentração de minérios de ferro no Brasil. Na região do Quadrilátero Ferrífero, as frações de Sinter Feed e Pellet Feed são submetidas a concentração. Em algumas usinas, as de menor porte, a escrubagem também é utilizada para melhorar os teores dos granulados removendo partículas de ganga porosa. Entre os maiores produtores de minério de ferro, apenas em Carajás (Vale, Estado do Pará) uma usina de beneficiamento baseada exclusivamente em um circuito de cominuição, lavagem e classificação granulométrica permanece em operação. Esta usina trata mais de 100 milhões de toneladas por ano de hematita de alto teor produzindo Granulado, Sinter Feed e Pellet Feed. As mais recentes inovações em beneficiamento para produção de Pellet Feed incluem a utilização do Ferrous Wheel (concentrador magnético de alto gradiente de imã permanente - FWMS), implementado em 2000 na Vale - mina da Mutuca, e um separador magnético de terras raras na mina de Córrego do Feijão pertencente a antiga Ferteco, assim como a mina de Jangada. A operação da Vale na área de Jangada, apresenta outra aplicação que contempla a utilização de um separador magnético de terras raras.

É importante ressaltar que a seleção do método de concentração é baseada principalmente na assembléia mineralógica. Para concentração do Pellet Feed da mina da Mutuca,

separadores magnéticos FWMS foram selecionados por causa da necessidade de separar principalmente as partículas de gibsita das de hematita (hematita martítica com alguns traços de magnetita estão frequentemente presentes). O quartzo também está presente neste material, mas em menor proporção (2-6%). O minério alimentado nesta usina é um minério de alto teor produzindo Granulado e Sinter Feed sem a necessidade de métodos de concentração. Mas o Pellet Feed necessita de concentração. Confrontado com gibsita, o mineral de ganga mais importante, a aplicação da flotação catiônica reversa é dificultada uma vez que este mineral também é deprimido pelo amido que deve ser usado para assegurar a seletividade da flotação de quartzo pela amina. Por conseguinte, a seleção de um método de separação magnético se tornou necessária neste caso. Por causa das capacidades envolvidas, a melhor escolha, em termos de dispêndio de capital e custo operacional, era o separador magnético Ferrous Wheel. Esta foi a primeira aplicação deste tipo no Brasil e a terceira no mundo.

3.2 Minerais portadores de ferro, Dana (1974) e Ernandes (2005)

A hematita é o mais importante mineral de ferro, e também o mineral de maior significado, encontrado nos minérios pré-cambrianos. Em termos químicos, a hematita é considerada como Fe_2O_3 puro, com 69,94% de ferro e 30,06% de oxigênio.

A goethita é um dos minerais mais comuns e se forma, sob condições de oxidação, como produto de intemperismo dos minerais portadores de ferro. Forma-se, também, como precipitado direto, inorgânico ou biogênico, sendo amplamente disseminado, como depósito em pântanos e fontes. Em termos químicos, a composição da goethita pode ser expressa da seguinte forma: 62,9% de ferro, 27,0% de oxigênio e 10,1% de água. O manganês também pode ser encontrado em composições superiores a 5,0%. A goethita que ocorre nos minérios de ferro apresenta estrutura variável, que vai desde um material maciço até um material celular de cor amarelo-ocre.

As cavidades dos minérios de ferro são freqüentemente preenchidas com uma fina camada de goethita, que apresenta bandamento coloforme ou mamilar. Essas camadas sugerem deposição coloidal e essa estrutura é conhecida como goethita metacoloidal. A origem coloidal da maior parte da goethita presente nos minérios de ferro é responsável por importantes relacionamentos geoquímicos.

Goethita-terrosa - É o nome que se aplica aos hidróxidos de ferro hidratados, de baixa cristalinidade ou amorfos, representados pela fórmula $\text{FeO.OH.nH}_2\text{O}$.

É formada em grãos altamente intemperizados, sendo produto da alteração de óxidos, sulfetos e silicatos de ferro. A limonita pode ocorrer em formas maciças, como crostas, como preenchimento de cavidades estalactíticas e como capeamento de rochas.

A magnetita é uma espinela (óxido duplo) e é componente essencial de muitas formações ferríferas. Em termos químicos, é usualmente considerada como Fe_3O_4 puro com 72,4% de ferro e 27,6% de oxigênio. No entanto, as magnetitas naturais, em virtude da extrema flexibilidade da estrutura atômica da espinela contêm, usualmente, quantidades menores de elementos como o Mg, Mn, Zn, Al, Ti e outros na sua estrutura. Quase que universalmente, a magnetita tende a apresentar granulação média, comumente muito mais grossa que o quartzo, hematita e silicatos de ferro, com os quais coexiste. A magnetita normalmente ocorre como octaedros, em camadas que se alteram com camadas silicosas nas formações ferríferas. A oxidação a baixa temperatura, freqüentemente relacionada à lixiviação ou movimento do lençol d'água, usualmente converte o cristal de magnetita a grãos de hematita, conservando a morfologia octaédrica da magnetita. Essa forma de hematita é denominada martita, que é, portanto, pseudomorfa da magnetita. A martitização é um processo muito comum de formação de minério e é usualmente associada à disseminação das formações ferríferas bandadas, na produção dos minérios hematíticos.

3.2.1 Principais minerais de ganga

O quartzo é o principal mineral de ganga presente nos minérios ricos, sendo encontrado em uma grande variedade de ambientes geológicos. Ocorre como um componente importante nas rochas ígneas e metamórficas, sendo extremamente resistente tanto ao ataque químico como físico. A desintegração das rochas ígneas que o contém, produz grãos de quartzo que, ao se acumularem, formam a rocha denominada arenito. Em termos químicos o quartzo é considerado como SiO_2 puro com 46,7% de silício e 53,3% de oxigênio.

A caulinita é um silicato de alumínio hidratado. Ocorre como um produto de intemperização química dos feldspatos, sendo que, nestes casos, processos sedimentares transportam, classificam e redepositam a caulinita em leitos de grande extensão. Ocorre, também, como produto de alteração hidrotermal de silicatos em torno de veios de sulfetos, fontes quentes e “geysers”. Em termos químicos, a caulinita é considerada como sendo $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ com 39,5% de alumina, 46,5% de sílica e 14,0% de água.

A gibbissita é considerada como sendo $\text{Al}(\text{OH})_3$, com 62,8 a 65,3% de Al_2O_3 e 31,8 a 34,12% de perda ao fogo. Insolúvel. Assume a cor azul quando é umedecida com nitrato de cobalto e posteriormente aquecida (alumínio).

3.3 Separação magnética (Da luz, Sampaio, 2004)

A separação magnética é um método consagrado na área de processamento de minérios para concentração e/ou purificação de muitas substâncias minerais. Pode ser empregada, dependendo das diferentes respostas ao campo magnético associadas às espécies mineralógicas individualmente, no beneficiamento de minério.

A propriedade de um material que determina sua resposta a um campo magnético é chamada de susceptibilidade magnética. Com base nessa propriedade os materiais ou minerais são classificados em duas categorias: aqueles que são atraídos pelo campo magnético e os que são repelidos por ele. No primeiro caso têm-se os minerais ferromagnéticos, os quais são atraídos fortemente pelo campo, e os paramagnéticos, que são atraídos fracamente. Aqueles que são repelidos pelo campo denominam-se de diamagnéticos.

A separação magnética pode ser feita tanto a seco como a úmido. O método a seco é usado, em geral, para granulometrias grossas e o a úmido para aquelas mais finas.

Minerais ferromagnéticos compreendem aqueles que são fortemente atraídos pelo ímã comum. O exemplo mais conhecido é a magnetita. Os paramagnéticos são fracamente atraídos e o exemplo clássico é a hematita. Os minerais diamagnéticos possuem susceptibilidade magnética negativa e, portanto, são repelidos quando submetidos a um campo magnético, entre outros destacam-se; quartzo, cerussita, magnesita, calcita, barita, fluorita, esfalerita, etc.

O fenômeno que governa a separação magnética está relacionado à duas questões básicas; o comportamento das partículas de minerais diferentes quando expostas a um mesmo campo magnético e às forças magnéticas que atuam sobre elas. Na situação inicial, tem-se a análise das respostas das diferentes partículas minerais ao campo a elas aplicado. Isso resulta na já conhecida atração ou repulsão das mesmas pelo campo.

A Figura 01 mostra a indução magnética para diferentes espécies mineralógicas, em função da intensidade de campo aplicado. Observa-se que os minerais ferromagnéticos (curva a) apresentam resposta rápida da indução magnética com o campo. Na curva b isso ocorre, porém menos acentuado, são os minerais paramagnéticos. No caso da curva c a situação é inversa, a indução magnética apresenta valor negativo, isso é observado com os minerais diamagnéticos.

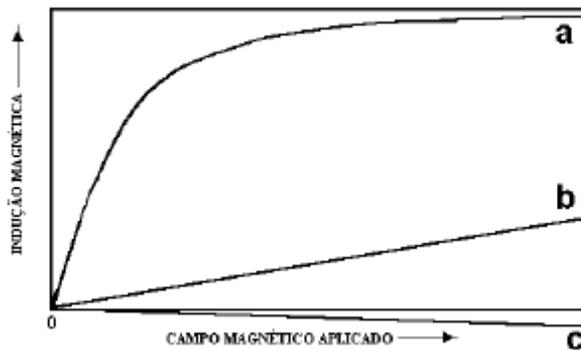


Figura 01: Indução magnética para diferentes espécies mineralógicas (a) ferromagnéticas, (b) paramagnéticas e (c) diamagnéticas.

Em segundo lugar, procura-se analisar como as forças magnéticas que atuam sobre partículas submetidas a um campo. Para efeito didático, é útil imaginar que uma partícula magnetizada comporta-se temporariamente como uma barra magnética, em cujas extremidades estão os pólos norte e sul. Nos materiais ferromagnéticos, o alinhamento dos dipólos é permanente. Nos materiais paramagnéticos tal alinhamento não é permanente, sendo apenas induzido enquanto o campo é aplicado, tornando-se totalmente aleatório na ausência do campo.

Quando um campo magnético uniforme é aplicado a uma partícula, as forças que atuam sobre dois pólos da mesma são iguais e opostas, portanto a resultante dessas forças é nula. Se o campo aplicado nas duas extremidades, difere em intensidade resultará numa força agindo sobre a partícula. Tal fato mostra que o campo aplicado possui variação especial que é função das dimensões do material magnetizado. Essa variação de campo, também chamada de gradiente, resulta numa força atuante sobre o material, provocando a atração ou repulsão do mesmo.

Nos equipamentos modernos tanto o campo quanto o gradiente são os responsáveis de primeira ordem pelo processo de separação. Relembrando que a intensidade de campo refere-se ao número de linhas de fluxo que passa por uma determinada área, enquanto que, o gradiente de campo descreve a convergência ou divergência das linhas de fluxo.

Há uma grande variedade de separadores magnéticos, que podem ser classificados, de acordo com o uso, em dois grandes grupos, separadores a seco e a úmido. Os quais podem ser subdivididos de acordo com as características do campo de indução. Logo, são encontrados os separadores de baixa e alta intensidades, tanto para a operação a seco, quanto a úmido. A forma dos elementos que executam o trabalho de separação no equipamento exerce influência significativa sobre a classificação dos separadores. Assim são denominados separadores de tambor, de rolos induzidos, de correias cruzadas, de carrossel entre outros.

Há duas formas de se produzir um gradiente. A primeira, e, mais simples consiste na construção de um pólo de eletroímã com a área bem menor que a do pólo oposto. A segunda forma consiste na utilização de matrizes entre os pólos do eletroímã. A finalidade dessas matrizes consiste em de aumentar o gradiente produzindo sítios dentro das mesmas com campo de alta intensidade. Vários modelos foram propostos e/ou utilizados, dentre os quais destacam-se: esferas, hastes, placas sulcadas, grades, lã de aço, etc. A matriz deve ser escolhida de tal modo que melhor se ajuste as características do minério, o material usado na fabricação das matrizes deve reter o mínimo de magnetização quando as mesmas são removidas do campo, no caso da matriz reter quantidade significativa de magnetização, torna-se impossível a remoção das partículas magnetizadas.

O desenvolvimento da separação magnética tomou grandes dimensões com o advento das matrizes ferromagnéticas e, como consequência, a fabricação do separador Jones. Devido ao sistema de matrizes e a grande eficiência da separação nas faixas granulométricas finas, o equipamento proporciona vantagens significativas comparado aos demais. A sua aplicação, devido à operação sempre com alta intensidade restringe-se em geral, aos minerais paramagnéticos.

Quando se trata de minerais ferromagnéticos, o método encontra sérias limitações. A remoção das partículas magnéticas captadas pela matriz, é dificultada em virtude da alta susceptibilidade magnética dos minerais, mesmo utilizando pressões de 40 a 50 psi na água de lavagem.

Na Tabela I ilustra - se uma lista de 5 grupos minerais classificados como ferromagnéticos, moderadamente magnéticos, fracamente magnéticos, debilmente magnéticos, não magnéticos e diamagnéticos. Também são indicadas as faixas de intensidade de campo magnético para esses minerais.

Tabela 1: Classificação de minerais segundo a susceptibilidade magnética

Grupo 1 - Ferromagnéticos - Faixa de Campo de 0,05 a 0,5 T		
Ferro		Magnetita
Grupo 2 - Magnéticos - Faixa de Campo de 0,5 a 1 T		
Ilmenita	Pirrotita	Franklenita
Grupo 3 -Fracamente Magnéticos - Faixa de Campo de 1 a 1,8 T		
Hematita	Mica	Calcopirita
Siderita	Molibdenita	Molibdenita
Rodonita	Cerargirita	Talco
Limonita	Huebnerita	Titanita
Braunita	Wolframita	Calcoocita
Corindon	Bornita	Cinábrio
Pirolusita	Apatita	Gesso
Manganita	Tetrahedrita	Zincita
Calamina	Willemita	Ortoclásio
Esfarelita	Cerussita	Epidoto
Siderita	Dolomita	Fluorita
Rodocrosita	Psilomelana	Augita
Granada	Arsenopirita	Hornblenda
Serpentinita		
Grupo 4 - Muito Fracamente Magnéticos - Faixa de Campo acima de 1,8 T		
Pirita	Serpentinita	Cobalita
Smithsonita	Nicolita	Safira
Esfalerita	Diopsídio	Cassiterita
Estibinita	Turmalina	Ortoclásio
Criolita	Cuprita	Dolomita
Enargita	Galena	Spinélio
Berílio	Whiterita	Rubi
Magnesita	Crisocola	Covelita
Azurita	Rutilo	Feldspato
Gesso	Mica	Zircão
Malaquita		
Grupo 5 - Não Magnéticos e Diamagnéticos		
Barita	Corindon	Apatita
Bismuto	Topázio	Aragonita
Calcita	Galena	Grafita
Fluorita	Antimônio	

Fonte Catalogada: Catálogo Eriez Magnetics.

Na Figura 2. ilustra, de forma esquemática, um separador magnético tipo Jones usado em operação de laboratório. Um elevado campo magnético é aplicado nas matrizes situadas na caixa 12. As matrizes são sulcadas a fim de que as forças magnéticas sejam máximas no interior das mesmas. A alimentação é mantida constante por meio da válvula durante um

intervalo de 2 s, enquanto que as não magnéticas atravessam tal região e são descarregadas em um recipiente coletor.

Na segunda fase da operação, as partículas captadas na matriz são lavadas por um fluxo de água com baixa pressão, segundo o percurso 9 e 3. Durante a operação os dois pistões hidráulicos 5 são acionados, um após o outro. O procedimento permite regular a pressão da água de lavagem, que é uma variável a ser controlada, a qual está ligada a outros fatores, como a susceptibilidade magnética dos minerais. O tempo de lavagem na operação é estimado em 1,5 s e são coletadas as partículas paramagnéticas.

Na terceira e última fase da operação, o campo magnético é desligado, iniciando a lavagem do concentrado com o fluxo de água segundo 6 e 3. A faixa de pressão utilizada é de 40 a 50 psi, permitindo a coleta do concentrado magnético.

A Figura 2 ilustra as características essenciais do separador magnético a úmido de alta intensidade para circuito contínuo. O equipamento consta de um anel rotativo, às vezes chamado de carrossel, que atravessa um campo magnético, onde são instaladas as matrizes. A alimentação é feita, de modo que a polpa atravesse uma região com campo de alta intensidade. O material magnético é captado pela matriz, ou pelo menos é retardado o suficiente para ser carregado pelo movimento do anel rotativo a uma região de campo com baixa intensidade, onde as partículas magnéticas remanescentes na matriz são descarregadas por meio de um jato d'água, sendo o material magnético recolhido num determinado ponto da calha coletora. A separação é obtida com seletividade, visto que facilmente se controla as variáveis operacionais como: intensidade de campo elemento de conversão de fluxo, taxa de alimentação, percentagem de sólidos na polpa, velocidade do anel rotativo ou rotor e descarga das partículas magnéticas.

Separador Magnético Tipo Carrossel

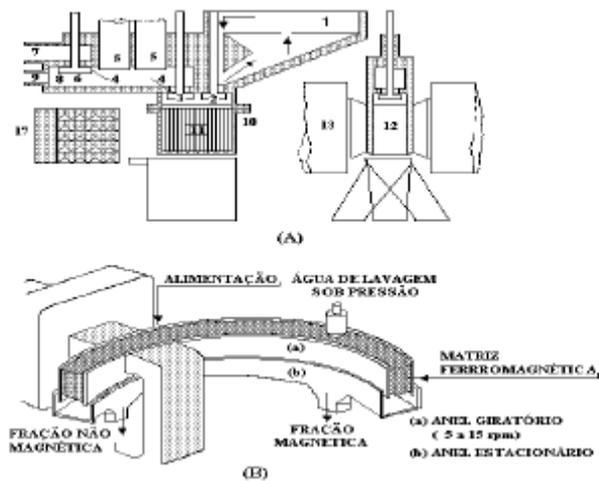


Figura 2: Diagrama representativo dos separadores a úmido de alta intensidade para laboratório (A) e de carrossel (B) para circuito contínuo.

A elaboração detalhada das variáveis operacionais para o processo de separação magnética não é trivial, uma vez que as mesmas estão ligadas ao tipo de separador ou ao próprio método de separação. De um modo geral, não existe um conjunto genérico de variáveis que permita o controle operacional da separação magnética. Por exemplo, as variáveis empregadas no controle da separação magnética a úmido de alta intensidade não são as mesmas que controlam a separação magnética a seco de alta intensidade. Por essas e outras razões, as presentes informações limitam-se a comentar algumas variáveis que afetam a otimização do processo de separação.

3.3.1 Intensidade de Campo Magnético

3.4 A natureza do campo magnético tem marcada influência na separação dos diferentes tipos de minerais. A história da separação magnética revela que sua aplicação em escala contínua, só foi possível quando se produziu um campo magnético convergente, para o qual fluem as partículas com maior susceptibilidade magnética. Por outro lado, o controle da

intensidade de campo permite a separação seletiva das partículas com diferentes valores na susceptibilidade magnética. Com baixa intensidade de campo separam-se minerais com elevadas susceptibilidade e com alta intensidade separam-se aqueles com valores mais baixos desse parâmetro. Em geral, o controle da intensidade de campo é feito com o emprego de eletroímãs, variando a corrente elétrica. Para alguns separadores pode-se variar o campo mediante ajuste prévio da distância entre os pólos. Os equipamentos com ímãs permanentes não apresentam maiores flexibilidades à variação da intensidade de campo comparados àqueles equipados com eletroímãs.

3.5 Concentração Magnética, Underlback (1990) Kaiser (2008)

3.5.1 Conceitos Básicos

Os processos de separação magnética se baseiam fundamentalmente numa força de interação entre o campo magnético e um dipolo magnético.

A partícula, quando submetida a um campo magnético, se torna magnetizada. Essa magnetização induzirá à formação dos pólos magnéticos nos terminais da partícula que ficará orientada ao longo das linhas do campo de magnetização. A partícula se tornará assim um dipolo magnético e a intensidade desse dipolo (momento de dipolo) irá variar dependendo das características de cada partícula.

As forças que atuam em uma determinada partícula, colocada em um campo magnético, numa separação a úmido são:

- Força magnética;
- Força de gravidade;
- Força de arraste hidrodinâmico;
- Força inter-partículas.

Da composição destas forças, e da ação de cada uma delas sobre as partículas de características diferentes, resultarão trajetórias distintas.

A resultante entre a força magnética e as forças competitivas é que irá determinar a viabilidade de uma partícula magnética ser recuperada em um separador magnético. As forças existentes entre as partículas magnéticas e não-magnéticas são determinantes da qualidade da separação.

Dentre as forças interparticulares, destacam-se as forças de fricção, de atração magnética e de atração eletrostática.

As características de uma separação magnética podem ser determinadas qualitativamente, em termos de teor e de recuperação, através de uma análise de efeitos de interação das forças magnéticas interparticulares e de outras forças competitivas atuantes no processo.

As partículas dentro de um campo magnético, inicialmente adquirem o campo magnético induzido. O fluxo magnético que atravessa a partícula é a soma dos fluxos devido ao campo induzido e indutor. Como as substâncias diamagnéticas o campo induzido é oposto ao campo indutor, a densidade de fluxo diminui, assim as linhas de força são dispersadas. Nas substâncias paramagnéticas ocorre o contrário, pois os dois campos se somam e as linhas de força se concentram. O ferromagnetismo consiste numa concentração intensa das linhas de força.

Se o campo é uniforme a partícula não se moverá na direção de um dos pólos, qualquer que seja a sua posição. Ela apenas sofrerá rotação até alinhar seu eixo magnético com a direção do campo se a partícula for paramagnética.

Se o campo é convergente, se há um gradiente de campo, as linhas de força são mais densas junto ao pólo pontiaguda ou desuniforme. Uma partícula paramagnética tende a concentrar as linhas de força e portanto mover-se-á na direção da ponta. Uma partícula diamagnética terá o comportamento nulo.

Portanto para haver movimento das partículas, o equipamento de separação magnética deve prover um campo convergente, ou seja, deve criar um gradiente de intensidade de campo.

Hoje, existem vários equipamentos de separação ou concentração magnética, dependendo da aplicabilidade do mesmo, que varia com as características de susceptibilidade magnética, tamanho da partícula, concentração do mineral paramagnético na alimentação, etc.

3.6 Análise mineralógica.

(Determinação da influência dos diversos tipos litológicos nas operações do concentrador da mina de Brucutu) – (BENEDITO 2009)

Com o objetivo de conhecer as características mineralógicas do fluxo que alimenta a separação magnética e do over size do peneiramento de proteção da mesma utilizaremos como referência a caracterização da fração realizada no trabalho de Determinação da influência dos diversos tipos litológicos nas operações do concentrador da mina de Brucutu – ABM 2009

No primeiro semestre de 2008, o concentrador da mina de Brucutu cuja produção atual é de 24 MTA realizou um estudo com 6 amostras das litologias que compuseram as pilhas que alimentaram a usina durante esse período. Esse estudo mostrou que a quantidade de lama (material menor que 10 micrômetros) é determinante para restringir a participação de determinadas litologias na alimentação da usina. Os resultados desse estudo motivaram a realização de um estudo mineralógico e tecnológico mais amplo e completo com as principais litologias presentes na mina, nas diferentes etapas de beneficiamento do minério, através da determinação das propriedades físicas, químicas e composição mineralógica do minério. Assim, foi realizada a caracterização de 34 amostras de frente de lavra e 1 amostra de furo de sonda, sendo as mesmas coletadas de modo a obter a maior variabilidade tipológica da mina, respeitando a proporção de ocorrência de cada uma.

Os principais objetivos do trabalho foram:

- identificação das características físicas e químicas das tipologias que ocorrem na Mina e o comportamento de cada tipologia frente aos processos de concentração;
- otimização do *blend* das pilhas de homogeneização durante sua formação;
- previsibilidade dos resultados de produtividade e qualidade por tipologia;
- implantação de testes de rotina, a serem aplicados nas amostras de curto prazo realizadas na Mina de Brucutu, tendo por fim a possibilidade de se criar um modelo geomatemático destas variáveis de processo.

3.6.1 Fração -1,0+0,21mm

O gráfico da Figura 3 apresenta o percentual retido simples na fração -1,0+0,21mm das amostras estudadas, onde se observa uma heterogeneidade granulométrica entre as litologias e também dentro das mesmas. Isso impacta na produção de *sinter feed* que poderá ser produzido na usina.

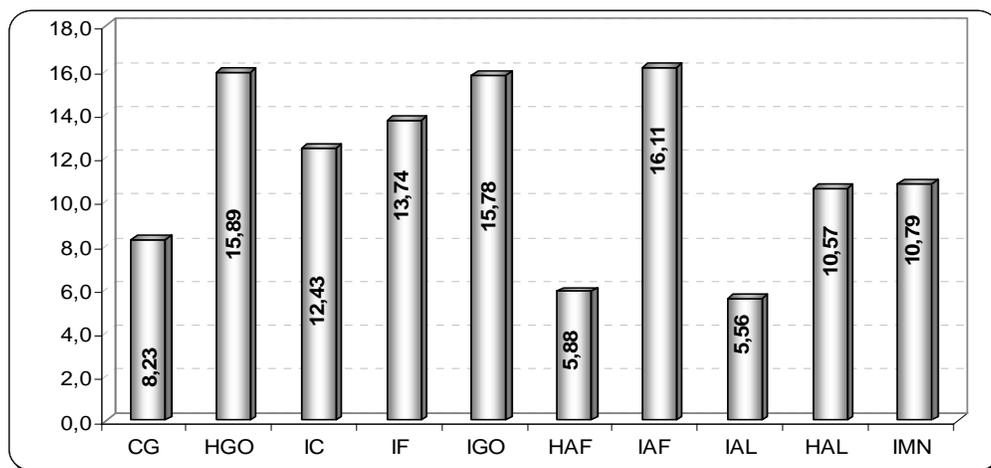


Figura 3: Fração -1,0+0,21mm - % retida Simples.

O quartzo misto não ocorre com inclusão de fases ferruginosas na maioria das amostras (o que poderia empobrecer o concentrado) e a liberação do mesmo é alta para a maioria das amostras a Figura 4 apresenta esses valores.

Os campos de 2.400 Gauss e 6.000 Gauss adotados para simular as etapas de concentração magnética de baixa e alta intensidade foram definidos a partir de estudos anteriores. Vale ressaltar que as qualidades obtidas nesses testes são um indicativo da qualidade química não podendo ser utilizado para *scale up* industrial. O gráfico da Figura 5 apresenta o teor de SiO₂ no concentrado final, mostrando que apenas as tipologias Itabirito goethítico e compacto não apresentaram bons resultados devido ao baixo grau de liberação e observou-se em uma das amostras do itabirito compacto a presença de quartzo com inclusões de hematita. O resultado da tipologia itabirito manganesífero indica a necessidade de mais um estágio de concentração magnética para adequar a qualidade de SiO₂ do concentrado final.

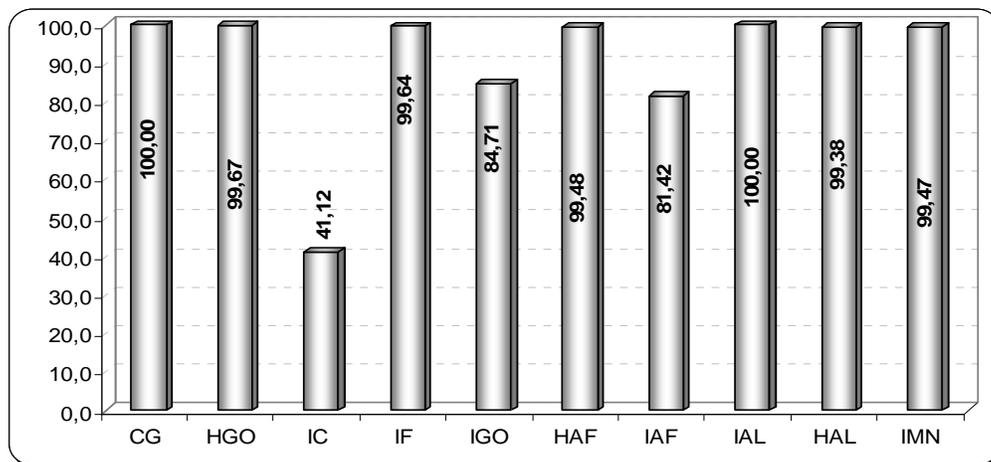


Figura 4: Fração -1,0+0,21mm - Grau de Liberação do Quartzo.

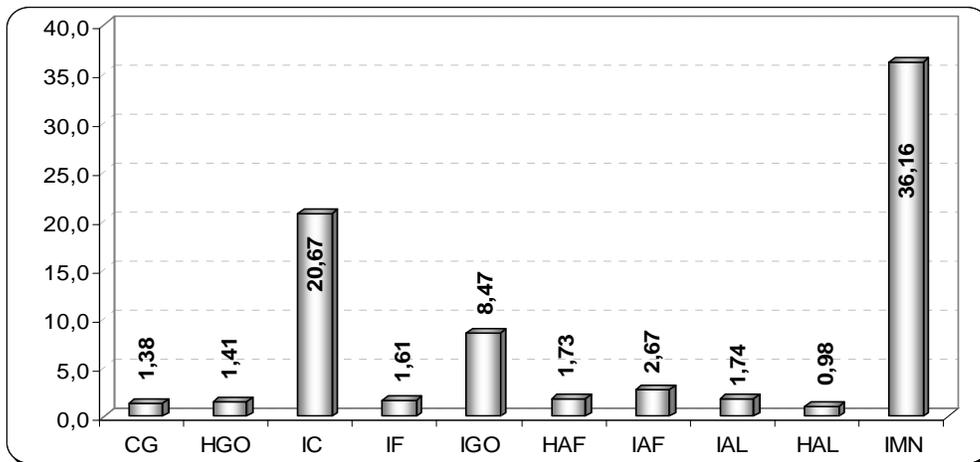


Figura 5: Fração -1,0+0,21mm – SiO₂ concentrado.

Nesta faixa, onde o equipamento utilizado foi o separador magnético L4, os resultados apresentados na figura 6 mostram muito bem a eficácia no campo de 2.400 Gauss, para reter o material magnético pela presença da magnetita e martita, bem como partículas de minerais de ferro associadas às magnetitas na forma residual, a prática industrial mostra que este valor varia de 5% a 30% em volume da população de partículas. Nota-se que na maioria das amostras, a quantidade desses minerais é praticamente nula no rejeito.

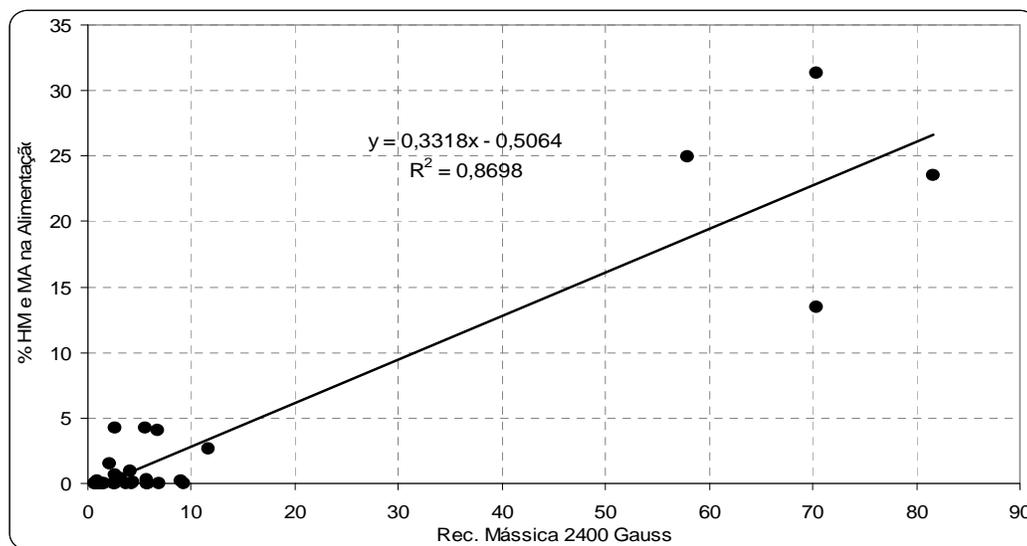


Figura 6: Fração -1,0+0,21mm – %HM e MA na AL X Recuperação Mássica no Campo de 2.400 Gauss.

Outro ponto importante a ser analisado na figura 7 está no fato da massa magnética não estar relacionada a um determinado litotipo, ou seja, dentro de um mesmo litotipo as amostras possuem uma variação representativa em relação a massa magnética retida no campo de 2.400 Gauss.

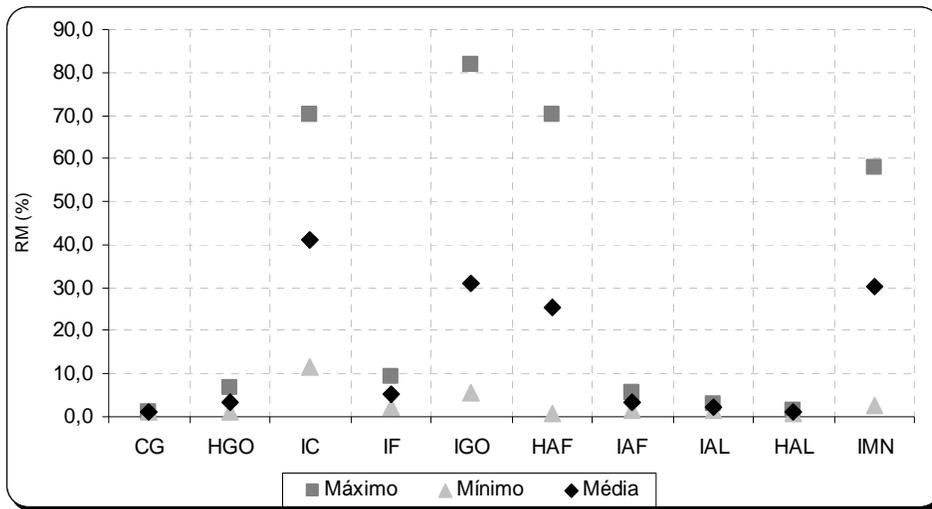


Figura 7: Fração $-1,0+0,21\text{mm}$ – Valores máximo, médio e mínimo de Recuperação em Massa no Campo de 2.400 Gauss.

4 Metodologia

Em função dos resultados obtidos no trabalho *Determinação da influência dos diversos tipos litológicos nas operações do concentrador da mina de Brucutu – ABM 2009* que apresentaram bom grau de liberação para sílica (Figura 4) e bons resultados de concentrado (Figura 5) e recuperação de massa (Figura 6) na fração para a maioria das frentes analisadas optou-se pelo estudo da rota de beneficiamento por separação magnética para o OSPN.

Para os testes de avaliação de concentração do OSPN por separação magnética foi coletada uma amostra com massa de uma tonelada de minério, esta amostra foi feita a partir de uma massa representativa que foi empilhada no pátio de produtos e coletada através de "pasadas aleatórias", após separando-as em cinco porções de aproximadamente 100 (cem) kg cada, garantindo que todas as porções teste estejam homogêneas e gerando uma amostra reserva de 500 kg. O trabalho abrangeu as seguintes etapas: Separação das amostras de minério, ensaios granulométricos, análise química global, análise por faixa (+1,0mm; -1,0 + 0,15mm e -0,15mm) de uma das porções.

Para avaliação dos resultados foi aplicado o teste estatístico de Grubb's no qual verifica se as amostras estão homogêneas. Para realização dos ensaios de granulometria e preparação de amostras, a norma ISO 4701/2004 e a ISO 3082 é o documento tomado como referência.

4.1 Preparação das amostras

Após escolha de um local limpo, a massa de 01 tonelada foi homogeneizada por empilhamento e aberta em formato de matriz 50 x 50 cm (figura 8) com altura de aproximadamente 10 cm. Após aberta a matriz, foi separada com auxílio de um gabarito e coletado a massa aleatoriamente de 03 quadrantes dentro da mesma e colocada dentro de pacotes plásticos até a obtenção da massa de aproximadamente 100 kg.

Preparação das porções testes formadas

Formadas as porções, cada uma delas foi submetida à divisão em divisor rotativo – Carrossel figura 9 -. Retiradas canaletas aleatórias para formação de uma sub amostra.

Após obtenção da sub amostra o material passou por homogeneização por empilhamento de cone, abertura do material e coleta de incrementos aleatórios utilizando uma pá de amostragem 2,8 D.



Figura 8: Matriz de minério e aberturas de incrementos

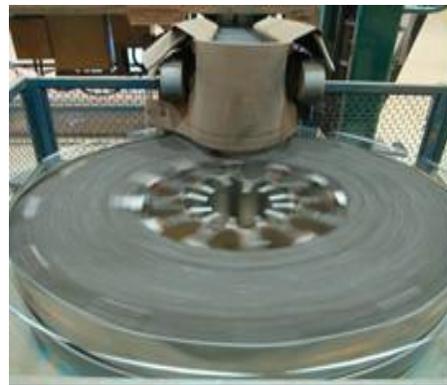


Figura 9:



Figura 10: coleta de amostras

Foi retirada de cada porção, uma alíquota para química global e outra para determinação da distribuição granulométrica.

4.2 Avaliação dos resultados químicos

Para avaliação dos resultados utilizou-se teste estatístico de Grubb's. Este teste avalia o grau de homogeneidade da amostra, identificando se nos dados coletados existem valores suspeitos ou não, ou algum *outlier*. Para cada amostra foi feita análise química em duplicatas. Não foi verificado nenhum valor *outlier*.

Tabela II.: Teste de Grubbs

TESTE DE GRUBBS					
Elemento Fe				Data	
Observação de um valor disperso					
Dados	média	58,180		58,18	
	desvio	0,161		0,161	
	n	20		20	
	VALOR SUSPEITO	Maior Valor ==>	58,53	Menor Valor ==>	57,99
	Gp		2,190		-
	G1		-		1,100
	Valores Críticos - Tabela (Um Valor a 1%)		3,001	não é outlier	3,001
	Valores Críticos - Tabela (Um Valor a 5%)		2,709	não é outlier	2,709
58,080	TESTE MAIOR VALOR	Como os Valores Calculados são menores que os Valores Tabelados, a 1% como a 5%, eles não são considerados NEM DISPERSOS, NEM SUSPEITOS, respectivamente			
58,010	TESTE MENOR VALOR	Como os Valores Calculados são menores que os Valores Tabelados, a 1% como a 5%, eles não são considerados NEM DISPERSOS, NEM SUSPEITOS, respectivamente			
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					
58,340					
58,210					
58,530					
58,040					
57,990					
58,210					
58,200					
58,190					
58,080					
58,010					

Mediante aos resultados obtidos e avaliados, podemos afirmar que todos os incrementos formados de aproximadamente 100 kg figura 12 estão homogêneos.



Figura 12: amostras para os testes de Bancada.

Após a coleta homogeneização e análise das amostras elas foram disponibilizadas para os testes de bancada em separadores magnéticos L4.

Tabela III – Análise granulométrica – OSPN

Malha (mm)	Peso retido		% Acumulada	
	g	%	Acima	Abaixo
6,3	0,4	0,14	0,14	99,86
4,0	2,5	0,90	1,04	98,96
2,0	12,0	4,31	5,36	94,64
1,0	90,9	32,67	38,03	61,97
0,5	83,3	29,94	67,97	32,03
0,25	39,0	14,02	81,99	18,01
0,15	29,0	10,42	92,42	7,58
< 0,15	21,1	7,58	100,00	0,00

A análise granulométrica realizada na amostra original mostra que mais de 5% das partículas da amostra são maiores que 2.0mm e 38% maior que 1 mm. Também apresenta 7.6% abaixo de 0.15mm.

4.3 Testes de concentração magnética em L-4

Essas amostras foram submetidas a ensaios de separação magnética em um separador eletromagnético com campo de ~2400G e ~8400 G (L4-Imbrás) com placas de 2,5, 3,5 e 4,5mm de espaçamento. As variações de campo tiveram como objetivo simular os estágios de média e alta intensidade presentes na planta de beneficiamento de Brucutu e as variações de gap visaram absorver a massa > 1mm presente no fluxo de modo a minizar as obstruções das matrizes.

1ª Condição – simulação WDRE

Amostra: OSPN (Incremento 1) 1ª Condição: Simulação WDRE (campo magnético - 2400 Gauss) Granulometria: 100% < 2,00 mm

Tabela IV: Resultados testes 1º condição.

Teste	Parâmetros	Fluxos	Massa		Análise Química (%)					Recuperação Fe por etapa (%)	Recuperação Global (%)	
			(g)	(%)	Fe	SiO ₂	P	Al ₂ O ₃	Mn		Mássica	Metálica
1	Matriz - 2,5 mm	Alim.Calc.	276,7	100,0	57,91	11,30	0,067	1,34	0,040	26,0	24,4	26,0
	C. magnético - 2.360 Gauss	Conc.	67,5	24,4	61,72	7,51	0,059	1,08	0,039			
	Potência - 0,9 A	Rejeito	209,2	75,6	56,68	12,53	0,070	1,43	0,040			
2	Matriz - 3,5 mm	Alim.Calc.	292,2	100,0	58,80	11,64	0,066	1,33	0,049	13,0	11,8	13,0
	C. magnético - 2.470 Gauss	Conc.	34,5	11,8	64,58	4,35	0,040	0,82	0,033			
	Potência - 1,0 A	Rejeito	257,7	88,2	58,03	12,62	0,070	1,40	0,051			
3	Matriz - 4,5 mm	Alim.Calc.	285,0	100,0	58,27	12,16	0,069	1,35	0,057	10,0	9,3	10,0
	C. magnético - 2.460 Gauss	Conc.	26,4	9,3	62,92	6,49	0,044	0,89	0,027			
	Potência - 1,4 A	Rejeito	258,6	90,7	57,79	12,73	0,072	1,40	0,060			

Esta condição mostra baixos valores de recuperação mássica e metálica, pois a intensidade de campo magnético aplicado (equivalente ao campo industrial de 5.500 a 6.000 Gauss) visava retirar alguma partícula de magnetita que estivesse contida na amostra.

À medida que se abre a matriz, observa-se queda nos valores de recuperação, principalmente do teste 1 para o teste 2, mas não houve queda significativa no teor de sílica do concentrado.

2ª Condição – simulação Jones

Amostra: OSPN (Incremento 1)

2ª Condição: Simulação Jones (campo magnético - 9000 Gauss)

Granulometria: 100% < 2,00 mm

Tabela V: Resultados testes 2º condição.

Teste	Parâmetros	Fluxos	Massa		Análise Química (%)					Recuperação Global (%)	
			(g)	(%)	Fe	SiO ₂	P	Al ₂ O ₃	Mn	Mássica	Metálica
4	Matriz - 2,5 mm	Alim.Calc.	289,1	100,0	58,51	11,23	0,071	1,32	0,055	89,3	93,8
	C. magnético - 8.350 Gauss	Conc.	258,1	89,3	61,49	6,73	0,068	1,21	0,056		
	Potência - 3,0 A	Rejeito	31,0	10,7	33,70	48,64	0,095	2,25	0,044		
5	Matriz - 3,5 mm	Alim.Calc.	290,8	100,0	58,44	11,86	0,071	1,38	0,059	77,6	85,0
	C. magnético - 8.380 Gauss	Conc.	225,7	77,6	63,99	4,45	0,065	1,15	0,062		
	Potência - 3,4 A	Rejeito	65,1	22,4	39,20	37,53	0,091	2,18	0,048		
6	Matriz - 4,5 mm	Alim.Calc.	291,1	100,0	58,49	11,85	0,066	1,29	0,045	35,0	40,2
	C. magnético - 8.450 Gauss	Conc.	102,0	35,0	67,12	1,47	0,043	0,71	0,040		
	Potência - 4,6 A	Rejeito	189,1	65,0	53,84	17,45	0,078	1,60	0,047		
5 A	Matriz - 3,5 mm	Alim.Calc.	294,3	100,0	59,33	10,54	0,068	1,28	0,049	80,7	87,1
	C. magnético - 7.400 Gauss	Conc.	237,4	80,7	64,08	4,50	0,061	1,08	0,050		
	Potência - 3,0 A	Rejeito	56,9	19,3	39,54	35,73	0,096	2,12	0,043		

Esta condição mostra bons valores de recuperação mássica e metálica para os testes 4 e 5 (equivalente ao campo industrial de 10.500 Gauss), porém os teores de ferro no rejeito ainda se apresentam acima de 33%, enquanto os teores de sílica no concentrado estão em torno de 4,5%.

Houve obstrução parcial da matriz de 2,5 mm durante o teste 4. Para o teste 5A onde se manteve a mesma potência do teste 4 (campo magnético menor que o teste 5), nota-se que praticamente não houve alteração dos teores do concentrado e do rejeito.

5 Conclusão.

Nos testes os resultados encontrados não se mostram promissores sob o aspecto de qualidade (altos teores de sílica no concentrado), e de recuperação em massa (altos teores de Fe no rejeito) para as amostras testadas, para ambas as condições simuladas.

Outros aspectos que contribuíram para a não obtenção de resultados favoráveis que devem ser analisados são o tamanho e peso específico da partícula que favorecem para o arraste para o rejeito. O aspecto tipológico da amostra também merece ser avaliado, pois a presença de materiais com alta porosidade tendem a reduzir a eficiência na separação magnética.

Em função resultados obtidos e comparados a atual opção de moagem e flotação deste material a concentração magnética será descartada até que novos estudos sejam realizados.

As opções vislumbradas a partir dos testes são:

- Reclassificação do fluxo na fração 1 mm para direcionamento dos fluxos $> e < 1\text{mm}$ para tratamento em separado de modo a evitar o arraste para rejeito ou concentrado reduzindo os teores do mesmo.
- Atuação no peneiramento de proteção de modo a aumentar a eficiência de corte estreitando a faixa granulométrica do OSPN reduzindo a massa a ser tratada.
- Após a adequação de corte do peneiramento de proteção estudo de concentração por separação magnética ou incorporação deste fluxo a alimentação da jigagem .

6 Referencias Bibliográficas:

DANA, J. D. (1984) *Manual de Mineralogia*, Livros, Técnicos e Científicos Editora S. A., 1ª Edição 9ª tiragem, Rio de Janeiro : Livros Tecnicos e Cientificos, 642 p.

DA LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A. (2004); Tratamento de Minérios, CETEM, 4ª Edição, Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004

SOUZA, E. S. (2005) *Rota de Processo para Aproveitamento de Rochas Itabiríticas Estéreis na Mina de Conceição*, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, MG.

BENEDITO, J. R. (2010) *Influencia dos diversos tipos litológicos nas operações de concentração da instalação de beneficiamento de Brucutu*, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, MG.

Kaiser, W. S. (2009) **“Rotas de processo para concentração de minérios itabiríticos e hematíticos da Mina de Fábrica”**, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, MG.

UNDERLBACH, K. H. (1990) *Magnetic separators mode of operation and applicability for the separation of materials*, KHD Humboldt Wedag.